SEA

Sociedad Española de Astronomía

24 Primavera 2011

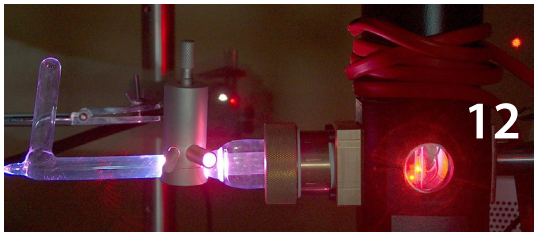
Portada: "NGC 6914, Un dramático estudio de colores y contrastes", APOD del 4 de Abril de 2011. créditos Fundación Descubre, CAHA, OAUV, DSA, Vicent Peris (OAUV), Jack Harvey (SSRO), Juan Conejero (PixInsight)

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

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

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

CONTENIDOS



5 **Editorial**

6 **Adiós al Año Internacional de la Astronomía**
La coordinadora del IYA2009 en España da un repaso a un año cargado de actividades.

10 **Virginia Trimble, Honoris Causa por la UV**
El 26 de febrero de 2010, la Universidad de Valencia concedió esta distinción a una de las grandes damas de la astronomía.

12 **Astrofísica "on the rocks"**
El laboratorio de Alcoi para caracterizar hielos de interés astrofísico, en detalle.

16 **Ecos de Sociedad**

17 **Libros**

18 **Tesis doctorales**

Número 24, verano 2011

El Gran Telescopio CANARIAS (GTC), ubicado en el Observatorio del Roque de los Muchachos.
Autor: Miguel Briganti (SMM/IAC)

Un nuevo formato para el boletín de la SEA

Con el boletín nº 24 iniciamos una nueva andadura en las actividades de comunicación de la Sociedad Española de Astronomía que se une a la nueva página web recientemente estrenada y al sistema SEAMOS que vertebra diferentes procedimientos de comunicación interna. En este boletín, hemos procurado crear un diseño atractivo y, al mismo tiempo, economizar en su producción, evitando el papel y la distribución postal que empezaban a ser un gasto insostenible para nuestra Sociedad. El boletín, con este nuevo formato electrónico, permite una lectura en pantalla, desde cualquier ordenador conectado a Internet, con una extraordinaria calidad. Asimismo, podemos descargarnos el archivo pdf e imprimirlo, si queremos tener y archivar los boletines de la manera clásica. Se mantienen las diferentes secciones (artículos de revisión, tesis, reseñas de libros), poniendo más énfasis en la parte gráfica (fotografías e imágenes) que este nuevo diseño permite.

Queremos agradecer el esfuerzo de Fernando Ballesteros y Vicent Peris del Observatori Astronòmic de la Universitat de València en la elaboración de la maqueta de este boletín y la edición de este número.

Vicent J. Martínez

ADIÓS AL AÑO INTERNACIONAL DE LA ASTRONOMÍA

En 2009 celebramos el Año Internacional de la Astronomía (AIA-IYA2009). Conmemoramos el 400 aniversario de un evento que revolucionó la ciencia: la primera observación del cosmos a través de un telescopio por el gran astrónomo italiano Galileo Galilei. Fue un hecho que supuso un antes y un después en nuestra compresión del Universo y marcó el comienzo de la historia de la astronomía basada en el telescopio.

Hemos dicho adiós a un año en el que miles de personas, hombres y mujeres de 148 países, hemos trabajado con un objetivo común: invitar a gente de todas las edades, origen y creencias a viajar por el Cosmos en una aventura inolvidable.

Montserrat Villar Martín
Investigadora en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC) y coordinadora del Año Internacional de la Astronomía en España.
montse@iaa.es

El 29 de octubre se estrenaba en l'Hemisfèric de la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia el programa de planetario "El cielo en tus manos". Personas invidentes y parcialmente invidentes pudieron tocar con sus manos el cielo estrellado.

La declaración del 2009 como Año Internacional de la Astronomía fue una iniciativa que partió de Italia, país natal de Galileo. En su Asamblea General de 2003 en Sydney (Australia), la Unión Astronómica Internacional (IAU) aprobó por unanimidad la iniciativa. En 2005 se conseguía el respaldo de UNESCO y el 20 de diciembre de 2007 la Asamblea General de las Naciones Unidas hacía efectiva dicha declaración.

En España, el AIA-IYA2009 ha sido fruto de la colaboración de todas las instituciones relacionadas con la Astronomía bajo la coordinación general de la Comisión Nacional de Astronomía (CNA). Entre las instituciones implicadas están el MICINN, el CSIC, que han financiado los gastos relacionados con la coordinación general, la FECyT y la SEA, que ha jugado un papel muy importante en estimular la participación de los astrónomos profesionales.

El AIA-IYA2009 ha sido un éxito en España. Con motivo de esta celebración, a lo largo del 2009 se han organizado en nuestro país más de 3100 actividades de divulgación de la Astronomía y casi todos los meses ha habido al menos entre 200 y 400 actividades en marcha, superando las 300 en marzo, abril, mayo, octubre y noviembre. Sin olvidar los 22 grandes proyectos de ámbito nacional e internacional en los que nos hemos implicado.

Fotograma de la "Pequeña Serenata Astronómica". Sancho y el Quijote viven arriesgadas aventuras en un viaje cósmico, siguiendo los acordes de la música de Mozart.

El AIA-IYA2009 ha aparecido más de 1700 veces en prensa digital española en castellano. Al menos unas 1600 entidades españolas han organizado alguna actividad enmarcada en el AIA-IYA2009 a lo largo del 2009. La naturaleza de estas entidades ha sido muy variada: agrupaciones de astrónomos amateur, museos de ciencia, planetarios, centros de investigación, universidades, observatorios astronómicos, centros escolares, bibliotecas, ayuntamientos, fundaciones, etc.

La movilización sin precedentes a la que ha dado lugar el AIA-IYA2009 y la gran diversidad de iniciativas que ha promovido demuestran la capacidad enorme de la Astronomía para estimular la creatividad y la innovación en la divulgación científica, así como para generar y fortalecer colaboraciones entre gran número de entidades, a menudo de naturaleza muy diversa. Esto se debe a diversos factores, entre ellos, el hecho de que la Astronomía está ligada a numerosas disciplinas científicas (Química, Biología, Geología, etc) y a que está presente en las manifestaciones culturales de todas las épocas y lugares (música, pintura, literatura, etc).

Gracias a ello el AIA-IYA2009 ha llegado no sólo donde esperábamos que lo hiciera (es decir, aquellos organismos relacionados con la divulgación y/o la investigación astronómicas), sino también a lugares y celebraciones sin ninguna relación con la Astronomía, muchos de ellos emblemáticos de la cultura y la historia de nuestro país. Así, han organizado y/o acogido actividades enmarcadas en el AIA-IYA2009 el edificio del Senado, el Museo Guggenheim de Bilbao, el Museo Arqueológico Nacional, los Alcáza-

Inauguración del Año Internacional de la Astronomía.

res de Sevilla, Segovia y Toledo, el Congreso de los Diputados, el Palacio de Carlos V de Granada, yacimientos arqueológicos de Gran Canaria, la Residencia de Estudiantes del CSIC y muchos más.

Celebraciones como el Festival Internacional de Música Presjovem (Córdoba), las "Noches en los Jardines del Alcázar" (Sevilla), la "Noche en Blanco" (Madrid), la Feria del Libro 2009 (Madrid), el Festival Internacional de Música de La Mancha, etc, también se han hecho eco de esta celebración, al incluir en sus programas actividades relacionadas con la Astronomía.

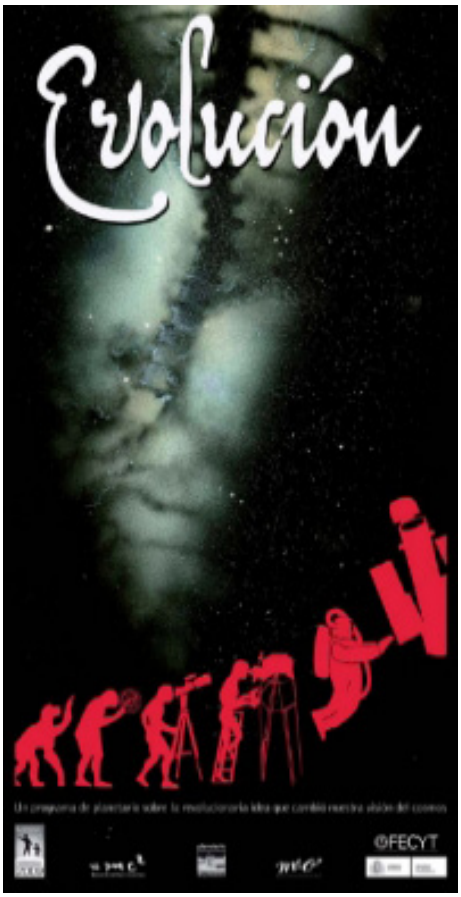
El AIA-IYA2009 ha dejado multitud de recursos para la divulgación, difusión y educación de la Astronomía, muchos de los cuales quedan recopilados y accesibles de manera gratuita en el portal web www.astronomia2009.es: documentales, entrevistas, artículos, material escolar, programas de TV, podcasts de radio, juegos, pósters, descargas para salvapantallas, móviles, etc quedan como legado.

El éxito que el AIA-IYA2009 ha tenido en España no hubiera sido posible sin la implicación de las instituciones y la participación de miles personas que han trabajado en la mayoría de los casos de manera desinteresada. Los museos de ciencias y planetarios han acercado el AIA-IYA2009 a varios millones de personas durante el 2009. Cientos de astrónomos profesionales han llevado a la sociedad los resultados de la investigación astronómica que se hace en el resto del mundo y, de manera especial,

«El AIA-IYA2009 ha llegado también a lugares y celebraciones sin ninguna relación con la astronomía»

Los astrónomos amateur han mostrado el cielo estrellado a cerca de 50 000 personas ocupando calles y plazas con sus telescopios en numerosas localidades españolas en cinco Fiestas de Estrellas.

Los museos de ciencia y planetarios han lanzado dos grandes producciones de planetario con motivo del Año Internacional de la Astronomía: Evolución, que rinde homenaje a Galileo Galilei y Darwin, y Jors, Jars, Jurs y los Galigalitos, destinado a un público infantil.



en España. Profesores de cientos de centros escolares han aprovechado también la conmemoración para organizar actividades muy variadas en el ámbito de la educación relacionadas con la Astronomía. Merecen una mención muy especial los astrónomos amateur por su importante labor divulgativa durante el AIA-IYA2009.

Gracias a ello, durante el 2009 hemos conseguido llevar a la sociedad una rama de la ciencia que ha inspirado al ser humano en culturas de todas las épocas y lugares, desde sus orígenes hace miles de años hasta el día de hoy, en que la revolución tecnológica nos permite vivir una época dorada para la Astronomía.

Reconociendo la importancia y la necesidad de dar continuidad a los principales logros del AIA-IYA2009 y de mantener parte de la estructura, iniciativas y colaboraciones puestas en marcha con motivo de esta conmemoración, la Comisión Nacional de Astronomía decidió en su reunión del 3 de febrero de 2010 crear la Red Española para la Divulgación de la Astronomía, que mantendrá el espíritu y los principales objetivos del Año Internacional de la Astronomía.

VIRGINIA TRIMBLE, HONORIS CAUSA POR LA UV

El 26 de febrero de 2010 tuvo lugar, en el Paraninfo de la Universitat de València, el acto de investidura como doctora Honoris Causa de Virginia Trimble, sin duda una de las personalidades mundiales más respetadas y escuchadas en el campo de la Astrofísica y la Cosmología.

Virginia Trimble durante su visita a la Universidad de Valencia

Vicent J. Martínez
Director del Observatorio Astronómico de la Universidad de Valencia.
Vicent.Martinez@uv.es

Belén López Martí
Investigadora del Centro de Astrobiología.
Belen.Lopez@cab.inta-csic.es

Miembros de la comisión
"Mujer y Astronomía" de la SEA

Doctora en Astronomía por Caltech y Master of Arts en la Universidad de Cambridge, Virginia Trimble ha trabajado como docente e investigadora en muchas prestigiosas instituciones, siendo actualmente profesora del Departamento de Física y Astronomía de la Universidad de California en Irvine. Ha publicado más de 600 trabajos en diferentes campos de la Astrofísica: en Cosmología (materia oscura, origen de los elementos químicos, distribución de las galáxias, cuásares), sobre estrellas (formación, binarias, pulsantes, supernovas, gigantes rojas), sobre instrumentación astronómica y hasta Arqueoastronomía. Destacan especialmente sus estudios de la nebulosa del Cangrejo, los cuales mostraron que el centro de expansión de la nebulosa no coincide exactamente con la posición actual del púlsar central. Ésta fue la primera evidencia directa de que las estrellas de neutrones reciben un impulso inicial de unos cien kilómetros por segundo al nacer.

La doctora Trimble ha sido distinguida con numerosos premios, siendo el más reciente el premio George Van Biesbroek 2010 por su labor continuada al servicio de la Astronomía. Ella misma ha formado parte de comités de premios muy prestigiosos, incluidos

Virginia Trimble (en el centro) con sus padrinos en la investidura: Chantal Ferrer, vicedecana de la Facultad de Ciencias Físicas, y Vicent J. Martínez, catedrático de Astronomía y Astrofísica.

el Premio Gruber de Cosmología y el premio Nobel de Física (en 1996 y 2007). Asimismo ha formado parte de los órganos de dirección de la Unión Astronómica Internacional (de la cual fue vicepresidenta entre 1994 y 2000) y la Sociedad Astronómica Americana (AAS), entre otras. Fue además miembro fundador de la Sociedad Astronómica Europea (EAS). También ha participado en los comités editoriales de muchas revistas científicas de prestigio, como Science, Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics o The Astrophysical Journal, de la cual fue editora científica de 1996 a 1998.

A lo largo de su carrera, Virginia Trimble ha contribuido de manera decisiva a abrir nuevos caminos a los investigadores posteriores, y a favorecer la paridad de géneros en un mundo académico e investigador completamente dominado por los hombres. Fue la segunda mujer a quien se le permitió observar con el telescopio de Monte Palomar y la primera en ser admitida en Caltech por méritos propios (y no como parte de un acuerdo entre la institución y un marido que trabajaba allí). Desde los distintos puestos de responsabilidad que ha ocupado, ha apoyado siempre la incorporación de las mujeres investigadoras en diversos comités, su inclusión como ponentes invitadas en congresos y su postulación como candidatas a premios científicos.

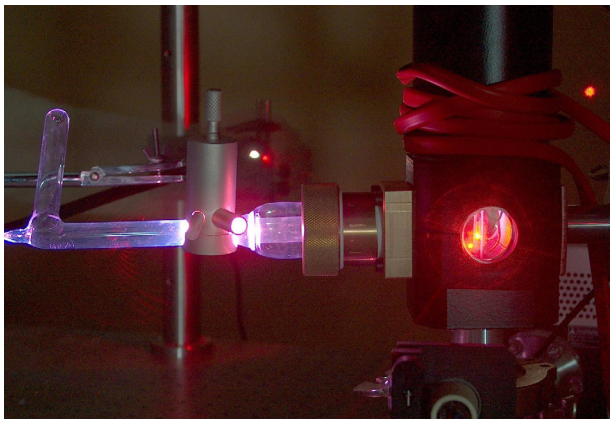
Pero Virginia Trimble destaca ante todo por su visión global de la Astrofísica, siempre actualizada (se mantiene al corriente de todos los descubrimientos más importantes en cualquiera de sus ramas), y por su extraordinaria capacidad de síntesis y prospectiva. Todo ello queda reflejado no sólo en sus numerosos artículos de revisión, sino también en su excelente labor como divulgadora. En su laudatio, el profesor Vicent J. Martínez, que actuaba como padrino de la nueva doctora, alabó su “capacidad poco habitual de extraer los conceptos más profundos de la Astronomía y la Astrofísica y articularlos de una manera fácilmente accesible tanto a los profesionales como al público”.

ASTROFÍSICA "ON THE ROCKS"

Cuando se habla de "Astrofísica Experimental" o de "Laboratorio de Astrofísica" no se suele tener una imagen clara de qué estamos hablando. Puede parecer extraña la existencia de laboratorios de experimentación en Astrofísica, pero ésta es determinante en muchas otras investigaciones debido a su gran potencial. Por ello, existen muchos laboratorios dedicados exclusivamente a astrofísica, astroquímica o astrobiología, que normalmente suelen permanecer en el anonimato de la comunidad científica en general y astrofísica en particular. El objetivo de este artículo es dar a conocer uno de ellos, el "Laboratorio de Astrofísica Experimental de Alcoi" donde se estudian propiedades de hielos de interés astrofísico.

Miguel Ángel Satorre Aznar
Centro de Tecnologías Físicas.
Universidad Politécnica de Valencia.
msatorre@fis.upv.es

José Cantó Doménech
Centro de Tecnologías Físicas.
Universidad Politécnica de Valencia.
jocando@fis.upv.es



Lámpara UV durante la irradiación de una muestra.

¿QUÉ SE PUEDE ESTUDIAR EN EL LABORATORIO DE ASTROFÍSICA?

Para estudiar la composición y la evolución de la materia en el espacio, se suelen seguir distintos procedimientos: la observación directa mediante telescopios terrestres o espaciales (astrofísica observacional); los modelos teóricos (astrofísica teórica); las simulaciones (astrofísica computacional) y, la que trataremos en este artículo, el trabajo de laboratorio (astrofísica experimental), que permite comprender los espectros de las observaciones y proporciona datos de entrada (como veremos más adelante) tanto para los modelos teóricos como para las simulaciones. Así pues, la finalidad del laboratorio en astrofísica es obtener datos que sean aplicables a situaciones astrofísicas reales lo que implica que el resultado ha de ser, para la mayor parte de aplicaciones, independiente del tiempo de realización del experimento, al ser imposible experimentos de cientos, miles, millones de años.

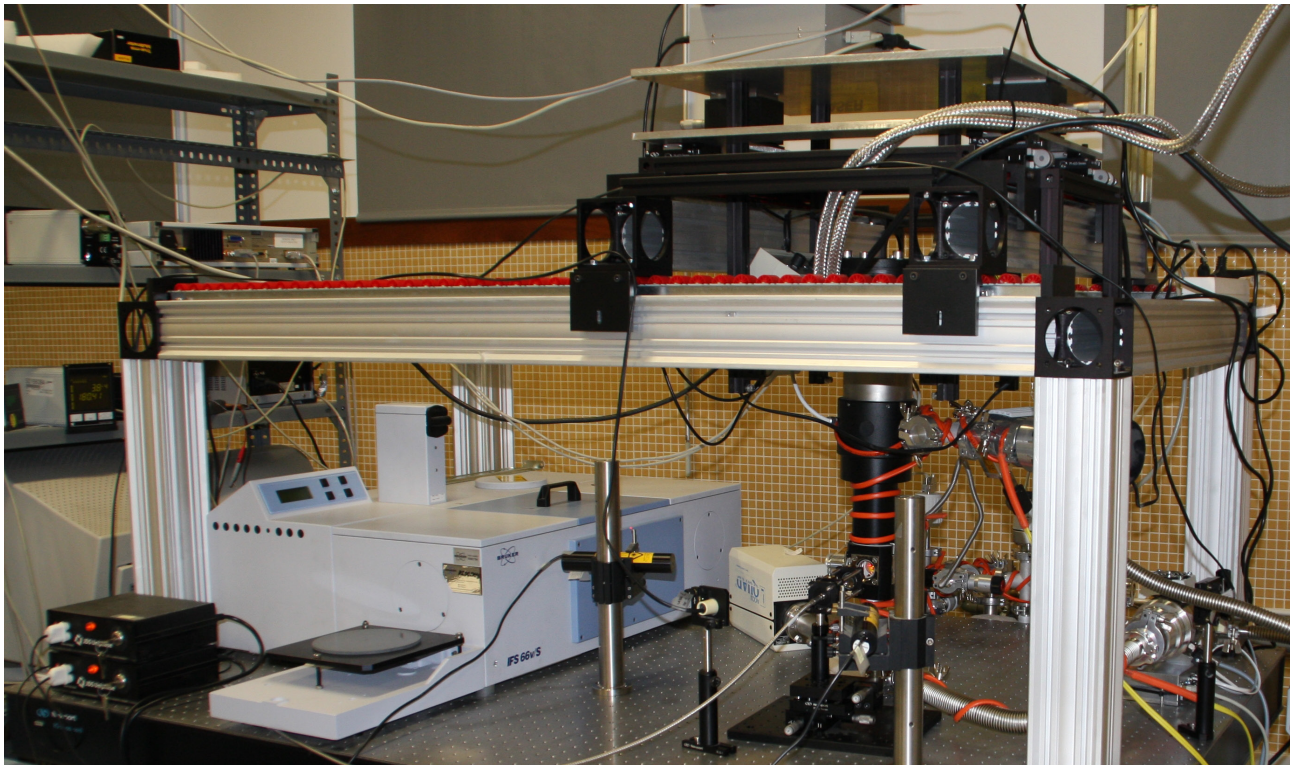
Hielo: fase sólida de una sustancia que en condiciones de 1 atm de presión y 20 ^{o}C de temperatura se encuentra en estado líquido o gaseoso (H_2O, CO, CO_2, CH_4,...).

Sólido: fase sólida de una sustancia que en condiciones de 1 atm de presión y 20 ^{o}C de temperatura se encuentra en estado sólido (silicatos, material carbonoso).

En el caso de los hielos existen muchas propiedades que se ha demostrado que pueden ser obtenidas y aplicadas a un ambiente astrofísico determinado. Puede que el ejemplo más conocido sea la identificación de las bandas de los espectros observados, tanto en estado sólido como en estado gaseoso, en el rango infrarrojo desde el MIR al FIR. Menos conocidas, aunque no menos importantes, son las propiedades físicas de estos hielos (densidad, estructura y su dependencia con la temperatura, constantes ópticas, energías de sublimación, reacciones químicas y sus mecanismos, adsorción, formación de clatratos, interacciones con radiación iónica y/o UV, etc.). Estos datos son de crucial importancia para comprender el comportamiento de la materia en condiciones de temperatura relevantes en astrofísica. La caracterización de estos hielos es muy importante no sólo por su ubicuidad en el Universo (encontramos hielos en escenarios astrofísicos tan dispares como Marte, Europa, los objetos transneptunianos, cometas, el medio interestelar denso, las envolturas circunestelares…), sino además por la posibilidad de que éstos sean clave para explicar el origen y evolución de moléculas de interés astrobiológico.

¿SE PUEDE REPRODUCIR UNA SITUACIÓN REAL DEL ESPACIO EN EL LABORATORIO?

No, principalmente porque no se sabe cuál es. Sin embargo los experimentos, observaciones, modelos... permiten ir conociendo los distintos contextos astrofísicos para ir aproximándonos a la situación real de cada uno. Para ello primero se debe conocer la composición de los materiales más abundantes (detectables por observaciones o misiones espaciales) para, una vez conocidos, estudiar cuál es la posible interacción entre ellos, así como la producción de sustancias nuevas (no detectables actualmente) debido a las reacciones químicas que se producen. Los modelos, por su parte, necesitan datos de partida si éstos son erróneos pueden dar lugar a resultados falsos. Por ejemplo, en cometas, cometer un error en una determinada magnitud (densidad, estado de la materia, inercia térmica, constantes ópticas, temperaturas de sublimación de material, etc.) puede tener como consecuencia que el resultado de aplicar un modelo, ya sea dinámico, de composición química, etc. tras un impacto, sea erróneo. Tomar datos con



Fotografía general del equipo experimental del laboratorio del grupo de Caracterizaciones de Interés Astrofísico (Lecture Notes and Essays in Astrophysics II, p. 271-280).

un amplio margen de error es frecuente, como en el caso de la densidad de hielos que siempre suele utilizarse como 1 g/cm^3 para cualquier molécula y a cualquier temperatura, cuando se demuestra experimentalmente que esto no es cierto ni siquiera para el agua (ver el caso del CO_2 en la gráfica izquierda de la página siguiente). También es habitual que los modelos de evolución química tomen como temperatura de sublimación de los hielos, aquella a la que subliman en estado puro. Sin embargo, el trabajo de laboratorio ha demostrado que ésta puede superar en más de 100 K dicha temperatura si diferentes hielos interaccionan entre sí. Por ejemplo el N_2 puro sublima alrededor de 25 K y a 180 K si está interaccionando con H_2O, o sobre 90 K si lo está en CO_2, en condiciones de presión de nuestro laboratorio, ver gráfica derecha.

¿CUÁL ES EL EQUIPAMIENTO USUAL DE UN LABORATORIO?

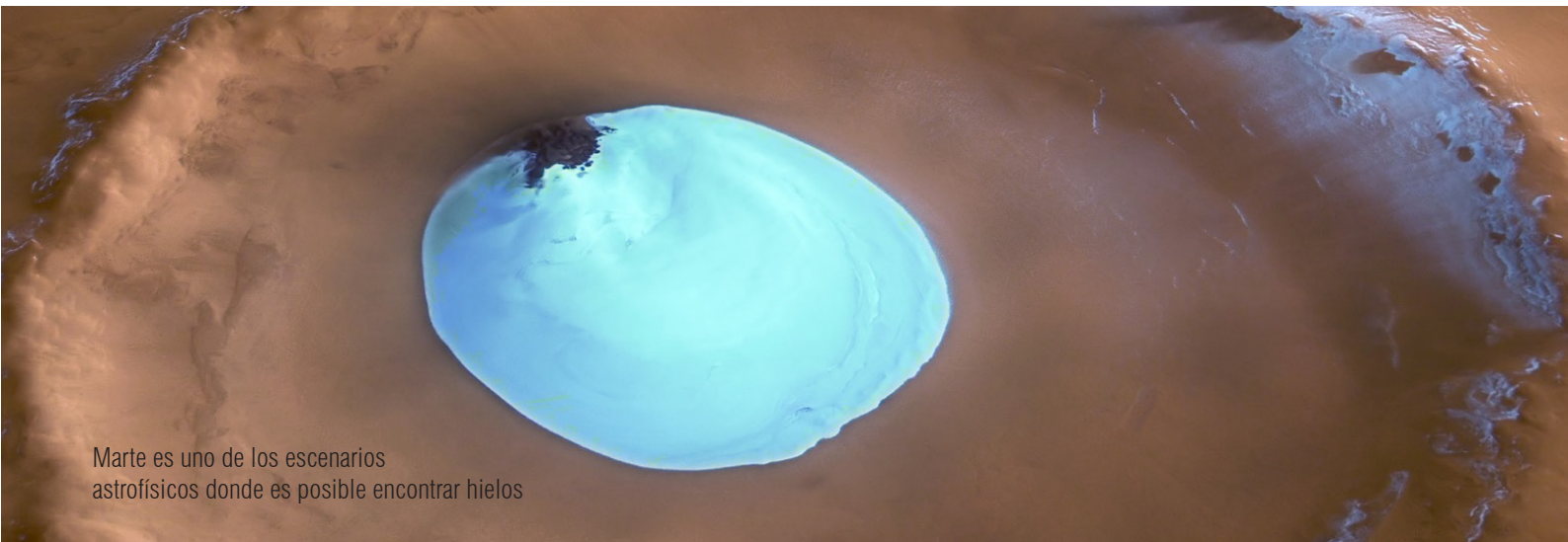
Para poder obtener condiciones de temperatura que sean relevantes en contextos astrofísicos, disponemos de un sistema criogénico. Con él podemos trabajar en un rango de temperaturas que va desde unos 10 K hasta temperaturas del orden de 320 K con errores inferiores al 1 % para T < 100 K y del 0,2 % para valores mayores.

«La finalidad del laboratorio es obtener datos que sean aplicables a situaciones astrofísicas reales»

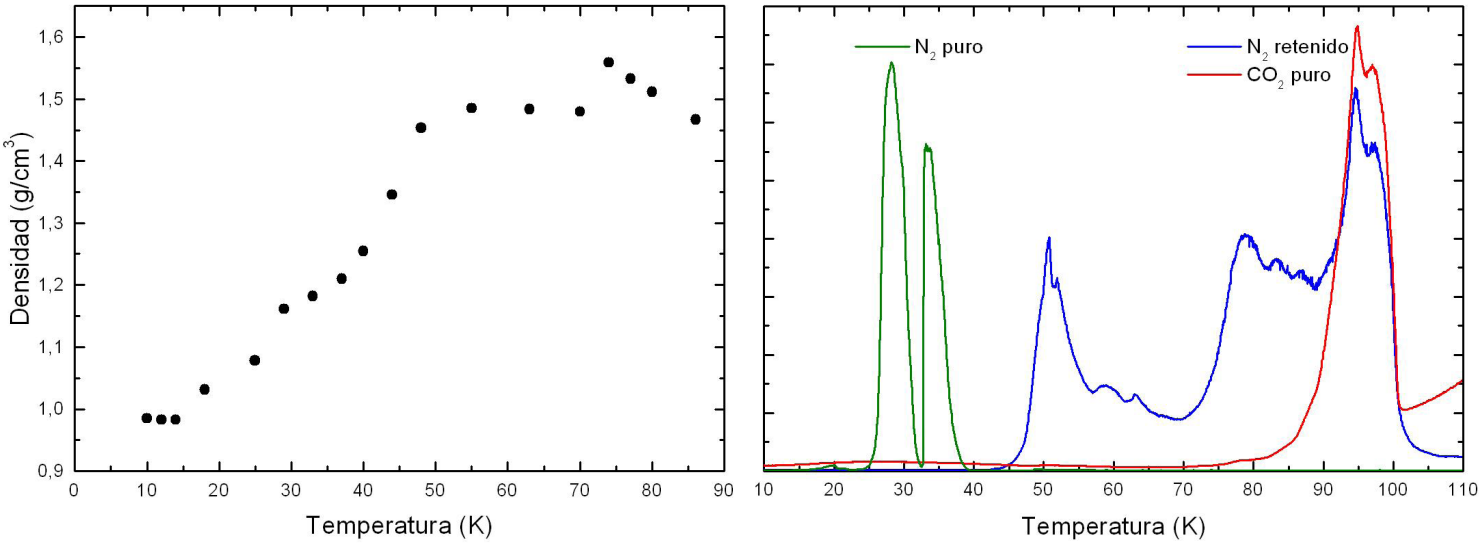
Bolómetro conectado al espectroscopio IR.

Otro parámetro importante para intentar simular algunas atmósferas y para controlar la contaminación es la presión. La mínima presión que se alcanza en un laboratorio de astrofísica experimental es del orden de 10^{-11} mbar (unos mil billones por debajo de la atmosférica), simulando razonablemente bien las condiciones de las nubes moleculares densas. Más comunes son los laboratorios que tienen una presión mínima en la cámara de alrededor de los μbar (atmósferas de Europa o Tritón) o algunas cámaras con presiones de los mbar que simulan atmósferas como la marciana. Respecto al control de "contaminantes" (moléculas que se depositarán sin control sobre el portamuestras), los laboratorios de astrofísica trabajan generalmente, como en nuestro caso, a presiones de 10^{-7} mbar (alto vacío) o 10^{-11} mbar (ultra alto vacío) cuando todavía no ha empezado el experimento, de esta manera se pueden preparar experimentos en los que la influencia de contaminantes sea despreciable.

Dada la importancia de evitar contaminantes, las sustancias a utilizar suelen adquirirse con un nivel de pureza del orden del 99,999 %, y el procedimiento de inserción en la cámara de estudio debe garan-



Marte es uno de los escenarios astrofísicos donde es posible encontrar hielos



Izquierda: Densidad (g/cm^3) del hielo de CO2 en función de la temperatura (K) de formación del hielo (Satorre et al, P&SS 56, 2008). Derecha: Desorción de hielo de N2 puro (línea verde), CO2 puro (línea roja) y N2 retenido en hielo de CO2 (línea azul) (Satorre et al, P&SS 57, 2009).

tizar que éste se mantenga. Naturalmente también es necesario un sistema de control para saber en todo momento la presión, la temperatura en el lugar donde se realiza el depósito (paso directo de estado gas a sólido), un control de la masa depositada y diferentes técnicas para su análisis (espectroscopias, interferometría,…). La mayor parte de los equipos experimentales cuentan además con una fuente de energía. En nuestro caso contamos con una lámpara UV que permite simular situaciones de aportes energéticos en el espacio. En las fotografías que ilustran este artículo mostramos parte del dispositivo experimental de nuestro laboratorio.

MAGNITUDES ESTUDIADAS

Particularizando a nuestro laboratorio, estamos realizando experimentos destinados a conocer, entre otros, los siguientes parámetros físicos:

- La parte real del índice de refracción de hielos en el rango UV-Vis (200-850 nm),
- La densidad de dichos hielos a distintas temperaturas de depósito (0,43 g/cm^3 - CH_4, 1,5 g/cm^3 - CO_2 a T > 50 K),
- La capacidad de retención por parte de moléculas volátiles de temperatura de sublimación relativamente alta (CO_2-90 K, NH_3-120 K), de otras de menor temperatura de sublimación (CO, N_2-25 K, CH_4-40 K).
- La entalpía de sublimación de hielos depositados a bajas temperaturas...

CONCLUSIÓN

Aunque a priori puede parecer extraña la existencia de experimentación en astrofísica, ésta es determinante en muchas otras investigaciones debido a su gran potencial, que complementa los resultados obtenidos mediante otras técnicas más “convencionales”.

ECOS DE SOCIEDAD

Esta es una nueva sección de nuestro Boletín con la que pretendemos mostrar la cara más social de los miembros de nuestra sociedad: entradas y salidas de comités, nombramiento de nuevos directores de centros, cambios de afiliaciones, jubilaciones, premios, etc. Para ello os pedimos vuestra colaboración y que enviéis las noticias que os parezcan relevantes para ser publicadas.

LA SEA EN FB

Es época de nuevas tecnologías para nuestra Sociedad. Además de este primer boletín electrónico, ahora la SEA ya tiene ¡su propia página en Facebook! Podéis haceros seguidores buscando "Sociedad Española de Astronomía". Enviad vuestras sugerencias, noticias, etc. a facebook@sea-astronomia.es

SVO EN TWITTER

Enrique Solano nos informa también de que el Observatorio Virtual Español (SVO) se encuentra accesible a través de Twitter (http://twitter.com/#!/obsvirtesp). Aquí encontraréis todas las noticias relacionadas con el proyecto y con otras iniciativas VO internacionales.

NUEVO GESTOR DEL PLAN NACIONAL DE A&A

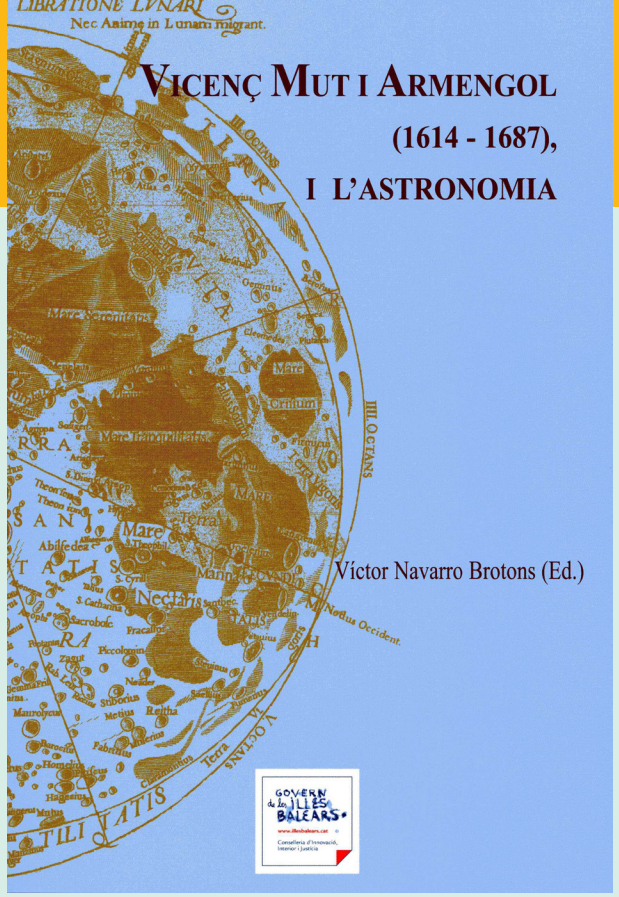
Desde marzo de 2011 contamos con un nuevo gestor del Plan Nacional de A&A, el Dr. Rafael Bachiller, que pasa a sustituir al Dr. Jordi Torra en esta importante tarea. Queremos desde aquí agradecer a Jordi la labor desempeñada, y enviar nuestros mejores deseos a Rafa.

COMITÉ DE USUARIOS DEL GTC

Desde su última reunión, el comité de usuarios del GTC ha pasado a estar presidido por el Dr. Francisco Carrera, en sustitución del Dr. José M. Vílchez. Además, Jorge Casares, Begoña García, Fred Hamann e Ignacio Negueruela han sustituido como miembros a Ricardo Amorín, Antonio Mampaso, Ismael Pérez, Charles Telesco y José M. Vílchez.

MIGUEL ÁNGEL ALOY, PREMIO IDEA 2011

Nuestro compañero Miguel Ángel Aloy, de la Universitat de València, ha sido galardonado con el Premio Idea 2011, otorgado por la Fundación Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia. El premio ha sido concedido por su trabajo en el campo de la astrofísica relativista computacional. ¡Enhorabuena!



VICENÇ MUT I ARMENGOL (1614 - 1687) I L'ASTRONOMIA

Ed. Víctor Navarro Brotons
ISBN: 978-84-92703-46-3
La Ciència a les Illes Balears / 8
Govern de les Illes Balears

Se trata de un libro dedicado a la labor en el campo de la astronomía que desarrolló en el siglo XVII el mallorquín Vicenç Mut i Armengol (1614-1687). Vicenç Mut , bien conocido como autor del vol.II de la Historia del reino de Mallorca(1650), es una de las figuras más destacadas de la historia de la cultura y la actividad científico-técnica balear. Además de sus diversas actividades como cronista, ingeniero militar, sargento mayor y jurado, se dedicó a la astronomía llegando a ser el mejor observador de la España del siglo XVII.

El libro, además de la presentación y dos interesantes prólogos a cargo del Dr. Josep Lluís Ballester Mortes, catedrático de astronomía y astrofísica, y del Dr. Ugo Baldini, Profesor de Historia Moderna, contiene un amplio estudio introductorio acerca de la obra astronómica de Vicente Mut en el contexto de la astronomía europea y española de la época; la versión catalana de las obras de astronomía de Vicente Mut con un amplio volumen de anotaciones; la edición facsímil de las obras de Mut y la correspondencia de Mut con Athanasius Kircher, uno de los científicos de la Orden jesuita más destacados de la época.

En la Introducción, titulada: L' obra astronómica de Vicenç Mut", el Dr. Navarro ofrece una breve síntesis de los principales aspectos de la astronomía de predicción en la época de Vicente Mut, cuyos avances estuvieron en gran medida estrechamente relacionados con la adopción de las innovaciones keplerianas y su fundamentación empírica. A ellos contribuyó de manera destacada la invención de nuevos instrumentos como el telescopio o el micrómetro, y el recurso a nuevas técnicas o a métodos tradicionales enormemente mejorados, como las meridianas instaladas en las iglesias. Con la instalada en San Petronio en Bolonia diseñada por Cassini), Cassini, Riccioli y Grimaldi midieron con gran precisión el diámetro aparente del Sol, proporcionado un apoyo empírico decisivo a la astronomia keplerian a. Precisamente, en la primera obra publicada por Mut , la Epístola sobre el Sol alfonsí restituït este expone el procedimiento que usó para calcular el diámetro aparente del Sol. Sin llegar a la precisión de los italianos, el resultado de Mut fue bastante bueno.

También dedica el Dr. Navarro un apartado al cultivo de la astronomía en España en la primera mitad del siglo XVII; ello permite evaluar adecuadamente la obra de Mut tanto en el contexto europeo como en el Español. A pesar del innegable retroceso de la actividad científica en la España del siglo XVII, esta actividad no desapareció. En las décadas centrales del siglo destacó la labor desarrollada por los científicos jesuitas relacionados con el Colegio Imperial de Madrid. Aunque Mut no era jesuita, mantuvo una estrecha relación con ellos, especialmente con Giambattista Riccioli y Athanasius Kircher, dos de los científicos mas destacados del siglo XVII europeo.

Finalmente, el Dr. Navarro estudia con detalle la obra astronómica de Mut. Su obra más importante es la titulada Observacions dels moviments celestes amb anotacions astronòmiques i diferències entre els meridians deduïdes dels eclipses. En esta obra reunió Mut los resultados de más de veinte años de observaciones de los cielos, aunque muchas de ellas ya habían sido difundidas por Riccioli en sus obras (Riccioli las conocía por la correspondencia que mantenía con Mut). Mut realizó numerosas observaciones de eclipses (15 de Luna y 7 de Sol), estrellas y planetas (de sus movimientos y de sus diámetros aparentes), ofreciéndolas "a quien desee someter a examen las tablas de los movimientos celestes". Asimismo, con el propósito de contribuir a la revisión de las longitudes geográficas, una de las grandes empresas de la época.

La tercera obra de Mut está dedicada a los cometas de 1664-65. Mut, además de sumarse a las teorías modernas acerca de la naturaleza celeste de los cometas, sugirió una trayectoria en parte parabólica para los mismos, aunque desde una perspectiva geocéntrica. El Dr. Navarro concluye subrayando lo dicho arriba: que Mut fue el mejor observador de la España del siglo XVII y destaca su colaboración con Riccioli en el proyecto de éste de renovar la astronomía sobre una firma base empírica, con nuevos métodos, técnicas e instrumentos Mut fue el primer astrónomo español conocido que usó el micrómetro e hizo algunas contribuciones notables sobre las distancias interestelares o los diámetros planetarios. Además, con su obra y su influencia en otros autores, particularmente el importante matemático valenciano jesuita Josep de Saragossà (que fue profesor de los Reales estudios del Colegio Imperial de Madrid) contribuyó de forma notable a la renovación científica mallorquina y española.

Vientos, Turbulencia y Ondas en las Nubes de Venus

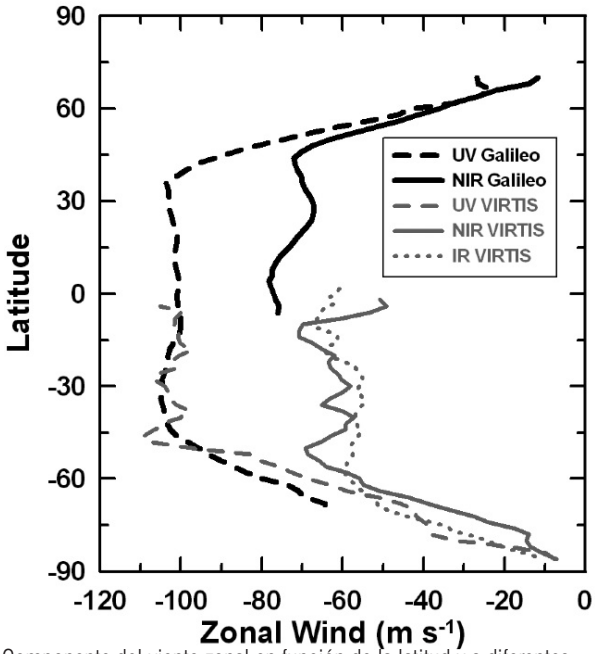
Autor: Javier Peralta Calvillo (peralta@iaa.es)
Tesis doctoral dirigida por: Agustín Sánchez Lavega y Ricardo Hueso Alonso
Centro: Universidad del País Vasco
Fecha de lectura: 20 de marzo de 2008

Debido a la lenta rotación propia de Venus, su dinámica atmosférica dista bastante del régimen cuasi-geostrófico dominante en la Tierra, Júpiter o Saturno, por lo que dicho planeta constituye un laboratorio único en meteorología. Venus está dominado en casi toda su atmósfera por fuertes vientos zonales de componente este que alcanzan velocidades 60 veces superiores a las de la superficie. Dicho fenómeno es conocido como "superrotación", y hasta la fecha no ha podido ser convenientemente explicado a pesar de las numerosas misiones dedicadas a este planeta (más de 30). En esta tesis nos centramos en estudiar tres temas relevantes para la dinámica atmosférica de Venus: los vientos, la turbulencia y las ondas de gravedad. Para ello hice uso de las imágenes obtenidas en 1990 por la cámara SSI (Belton et al., Space. Sci. Rev., 1992) a bordo de la nave Galileo, y por el espectrómetro de imágenes VIRTIS-M (Drossart et al., Plan. Spac. Sci., 2007) de Venus Express. Seleccionamos tres longitudes de onda para visualizar diferentes regiones de la capa de nubes: el rango UV (418 nm con SSI; 380 nm con VIRTIS-M) para observar la cima de las nubes a ~66 km, el IR cercano (986 nm con SSI; 980 nm con VIRTIS-M) para la base de la cima de las nubes a ~61 km, y el IR (1.74 μm con VIRTIS-M) para las nubes inferiores a ~47 km.

La caracterización de los vientos en Venus es crucial para determinar de forma adecuada el régimen dinámico que gobierna a nivel de las nubes. La velocidad del viento durante ambas misiones se obtuvo mediante el seguimiento de trazadores nubosos, obteniéndose por vez primera una perspectiva tridimensional y simultánea de los vientos en Venus (ver Figura) (Peralta et al., Icarus, 190, 2007; Sánchez-Lavega et al., Geo. Res. Let. 2008). Para la componente horizontal se confirma un comportamiento común a todas las alturas, con una magnitud constante en bajas latitudes y decrecimiento hacia los polos en altas latitudes. Por otro lado, en la cima de las nubes, la componente meridional (hacia los polos en ambos hemisferios) refuerza la hipótesis de la existencia de una circulación de Hadley, y la magnitud del viento zonal revela el efecto de la marea térmica solar.

El estudio de la turbulencia al nivel de las nubes proporciona información sobre el papel que juegan los fenómenos turbillonarios en la circulación general. Dado que los errores de medida son superiores al de la componente turbulenta de la velocidad, no fue posible realizar un estudio de la turbulencia en términos de la energía cinética turbulenta, por lo que se decidió aplicar un método de estudio alternativo basado en la distribución de brillo de las nubes caracterizada por su espectro de potencias (Peralta et al. , Icarus, 188, 2007), técnica empleada en misiones anteriores (Travis, J. Atmos. Sc., 1978; Rossow et al., J. Geo. Res., 1980) y en nuestro caso con imágenes UV de Galileo. De los resultados cabe destacar que la cima de las nubes a bajas latitudes muestra un espectro de potencias de brillo con una pendiente de ~ -5/3, similar a la predicha por la teoría clásica de la turbulencia de Kolmogorov para el caso tridimensional (Kolmogorov, Math. and Phys. Sci., 1890), mientras que para altas latitudes tenemos una pendiente de ~ -3 para escalas espaciales grandes y ~ -5/3 para las pequeñas, análogo al espectro de potencias de energía cinética obtenido para la atmósfera terrestre (Nastrom et al., Nature, 1984). Este comportamiento de los espectros parece, a su vez, corresponderse con el comportamiento del viento zonal a bajas y altas latitudes previamente descrito.

El tercer tema de la tesis versa sobre las ondas de gravedad, importantes para la caracterización de la atmósfera porque pueden transportar momento líneal y porque su presencia indica estabilidad atmosférica vertical. Las imágenes obtenidas por Venus Express han permitido el estudio de las ondas de mesoescala a diferentes alturas de la atmósfera de Venus, detectándose por vez primera en las nubes inferiores (Peralta et al., J. Geo. Res., 2008). La caracterización de su morfología y dinámica nos llevó a clasificarlas como ondas de gravedad, probablemente inducidas por convección y sin relación aparente con fuentes de elevación geográfica o calentamiento solar. Como resultado de compararlas con un modelo lineal sencillo de ondas de gravedad (Holton, An introduction to Dynamic Meteorology, 1992), obtuvimos para las ondas de las nubes inferiores longitudes de onda vertical similares a las medidas en otras misiones (Hinson & Jenkins, Icarus, 1995).



Componente del viento zonal en función de la latitud y a diferentes niveles verticales de la capa de nubes en Venus. Las líneas a trazos, continua y punteada hacen referencia a los vientos a ~ 66 km (imágenes UV), ~ 61 km (IR cercano) y ~ 47 km (IR) respectivamente.

Estudio y análisis de los espectros de alta resolución en lejano Infrarrojo de la región de formación estelar Orion KL

Autor: Mercedes Ramos-Lerate
Tesis doctoral dirigida por: Michael J. Barlow y Bruce Swinyard
Centro: University College London UCL, Physics and Astronomy Department en colaboración con el Rutherford Appleton Laboratory
Fecha de lectura: Febrero de 2009

En las décadas recientes, la astrofísica molecular ha marcado una revolución en nuestra capacidad para observar los procesos físicos y químicos del medio interestelar. El rango infrarrojo re-emite gran parte de la energía producida por estrellas jóvenes expulsada en forma de radiación ultravioleta. Consecuentemente, el rango espectral de medio a lejano infrarrojo (aprox. de 20 a 200 micras) es de crítica importancia para acercarnos al conocimiento de sus propiedades. Esta región espectral contiene gran número de las denominadas "cooling lines", incluyendo las transiciones prohibidas de átomos como O, C+, así como de móleculas tales como H_2O u OH. El cúmulo de Orion Kleinmann-Low (KL) fue observado con el "Long Wavelength Spectrometer" de "ISO" cubriendo el rango espectral entre 44 y 188 μm con su instrumento de mayor resolución Fabry-Perot ($\lambda/\Delta\lambda$ aprox. 6800-9700).

Esta tesis describe un estudio detallado del barrido espectral de alta resolución resultante de la reducción y análisis de todos los espectros obtenidos con ISO de la región Orion KL. El análisis de los espectros revela mas de 150 líneas. La mayor parte de las detecciones son H_2O, CO, OH y líneas de estructura fina [OIII], [OI], [NIII], [NII] y [CII]. Como primera aproximación se usaron diagramas rotacionales para obtener valores de abundancias y temperaturas. Un análisis mas complejo fue luego aplicado a las especies más abundantes (CO y H2O) mediante la técnica de acoplar modelos químicos del medio interestelar a modelos de transferencia radiativa no locales (λ-iteration).

Los resultados muestran que las observaciones de las líneas de CO correspondientes a las transiciones entre $18<J<25$ se reproducen por un modelo de núcleo caliente (Hot Core) con una densidad del gas de $10^7 cm^{-3}$ y temperaturas de aproximadamente 200K. Por otra parte, el modelo que mejor reproduce las observaciones de H2O de líneas provenientes de excitaciones energéticas por encima de los 560K corresponde a un gas en expansión con gradientes de temperatura moderada entre los 300-100K. Las líneas producidas a partir de niveles de excitación menores se reproducen por un gas en expansión a aproximadamente 30km/s de densidad $3x10^{-5} cm^{-3}$ a temperaturas entre 70-90K. Una de las aplicaciones mas interesantes de la tesis es la posibilidad de usar la misma metodología de acoplar modelos químicos a la transferencia radiativa para la interpretación de los espectros infrarrojos de misiones tales como Herschel.

Determinación de la distancia a la Galaxia de Andrómeda mediante estrellas variables

Autor: Francesc Vilardell Sallés
(francesc.vilardell@ua.es)
Tesis doctoral dirigida por: Carme Jordi Nebot e Ignasi Ribas Canudas
Centro: Universidad de Barcelona
Fecha de lectura: 9 de marzo de 2009

Actualmente, la escala cosmológica de distancias se basa, casi por completo, en la distancia a las Nubes de Magallanes. La Galaxia de Andrómeda (M 31), por otro lado, puede representar un excelente calibrador de la escala cosmológica de distancias, ya que su composición y su tipo morfológico son más parecidos al de las galaxias comúnmente utilizadas en la determinación de distancias. En el transcurso de esta tesis se realizó la primera determinación directa de la distancia a M 31 mediante binarias eclipsantes (EBs). Las EBs proporcionan determinaciones directas de la distancia porque las propiedades físicas de sus componentes se pueden medir sin ningún tipo de calibración previa.

Las determinaciones de distancia a partir de EBs requieren, como mínimo, dos tipos de observaciones: series fotométricas y espectroscopia. Para la fotometría, obtuvimos curvas de luz de gran calidad (rms $\sim$ 0.01mag en Johnson B y V) con el telescopio Isaac Newton (en La Palma) en un campo de 34' x 34' en M31 (Figura 1). Este estudio proporcionó fotometría para 236 238 estrellas del campo y curvas de luz para casi 4 000 estrellas variables, con más de 400 EBs y 400 Cefeidas. Las 24 EBs más brillantes ($V < 20.5$ mag) y con eclipses más profundos ($\Delta V > 0.2$ mag) se seleccionaron como candidatas idóneas para determinar la distancia. Cinco de estas EBs (situadas en una región de 5' x 5', ver figura) se observaron con el espectrógrafo multiobjeto (GMOS) en el telescopio Gemini-North. Los espectros obtenidos con GMOS se utilizaron para determinar velocidades radiales para las cuatro EBs más brillantes.

El análisis de los datos obtenidos, proporcionó una determinación directa de masas y radios para estrellas de M 31 con una precisión mejor del 10% y del 5%, respectivamente. La precisión en la determinación de las propiedades de las componentes es remarcable, teniendo en cuenta la magnitud de las estrellas ($V > 19$ mag), y representa la primera determinación directa de estas propiedades para estrellas de M 31. La precisión en los parámetros derivados permitió una comparación directa con modelos estelares, derivando así el estadio evolutivo de cada sistema. Además, uno de los sistemas estudiados resultó ser el sistema más masivo con movimiento apsidal nunca detectado, permitiendo el análisis de la distribución de materia en el interior de las estrellas con masas superiores a 40 $M_{\odot}$. Finalmente, para dos de las EBs estudiadas, los espectros obtenidos son de calidad suficiente como para realizar una determinación de la temperatura de las componentes y de una distancia directa a M 31. El módulo de distancia obtenido de $(m\text{-}M)_0 = 24.36 \pm 0.08$ mag (744 $\pm$ 33 kpc) no depende de ninguna calibración previa e incluye la mayor parte de posibles sistemáticas, lo cual puede hacer de esta galaxia uno de los principales calibradores de distancias extra-galácticas.

Paralelamente al análisis de binarias, realizamos un exhaustivo estudio de las Cefeidas en M 31. Los resultados obtenidos demostraron que el efecto de la confusión de varias fuentes (blending) es tan importante como la corrección de metalicidad para la determinación de distancias con Cefeidas en el Grupo Local y proporcionaron una distancia adicional a M 31 de $(m\text{-}M)_0 = 24.32 \pm 0.12$ mag, completamente compatible con la distancia de las EBs.

Finalmente, se descubrió una gran fulguración estelar durante la adquisición del catálogo fotométrico. El estudio realizado reveló que la fuente era una estrella dM, presentando una de las fulguraciones más energéticas nunca observadas.

La memoria completa de esta tesis se encuentra disponible en: http://www.tdx.cat/TDX-0526109-091957

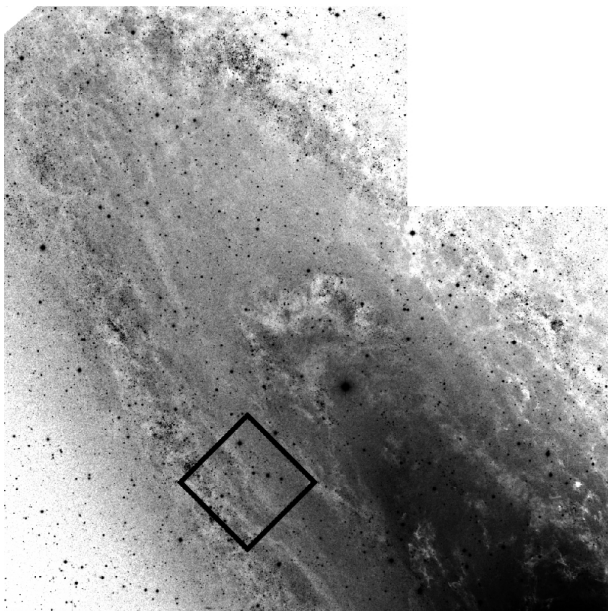


Imagen (en filtro V) de la zona estudiada en M 31, obtenida con el Isaac Newton Telescope (INT) en La Palma. El cuadrado negro indica la zona observada con GMOS.

Composición química y estado evolutivo de las estrellas de carbono de tipo espectral R

Autor: Olga Zamora Sánchez (zamora@ugr.es)
Tesis doctoral dirigida por: Carlos Antonio Abia Ladrón de Guevara y María Inmaculada Domínguez Aguilera
Centro: Universidad de Granada
Fecha de lectura: 27 de marzo de 2009

En este trabajo se ha realizado un estudio detallado sobre una muestra de 23 estrellas de carbono de tipo espectral R (tempranas y tardías) seleccionada del catálogo Hipparcos, con la paralaje trigonométrica reprocesada según Knapp et al. (2001). Se ha analizado su distribución galáctica, cinemática, fotometríaa y composición química, esta última derivada a partir de espectros en el óptico a alta resolución espectral (R $\sim$ 20000-40000). Para realizar el análisis químico, se ha utilizado el método de síntesis espectral ETL en una dimensión. La cinemática y localización en la Galaxia de las estrellas R-tardías o frías es representativa de una población correspondiente al disco delgado galáctico mientras que, por el contrario, las estrellas R-tempranas o calientes se corresponden con una población del disco grueso.

En el análisis químico, se han derivado las razones C/O, $^{12}C/^{13}C$, metalicidad, litio y abundancias de elementos-s (incluyendo Tc) y, en algunas estrellas, la abundancia absoluta de C, N y O, independientemente. A partir del patrón de abundancias derivado y el conjunto de las propiedades observacionales estudiadas, concluimos que i) las estrellas R-frías son idénticas a las estrellas de carbono normales o de tipo N, ii) un número importante de estrellas R calientes son, en realidad, estrellas de otros tipos espectrales (e.g. K, CH) mal clasificadas, iii) para las estrellas R-calientes verdaderas, nuestro análisis químico confirma los resultados obtenidos por Dominy (1984), i.e., poseen metalicidad próxima a la del Sol, enriquecimiento en N, razones C/O mayores que la unidad, razones isotópicas $^{12}C/^{13}C <$ 10 y no poseen sobre-abundancias de elementos-s. A pesar de que la muestra es relativamente pequeña, estos resultados pueden indicar que la fracción real de estrellas de tipo espectral R entre todas las estrellas de carbono gigantes puede ser inferior a lo supuesto hasta ahora y, por tanto, no constituirían un estado evolutivo frecuente entre las estrellas de baja masa.

Para las estrellas R-calientes, se han discutido y realizado simulaciones numéricas de los escenarios evolutivos más favorables para su formación: contaminación original en C, posible transferencia de masa en un sistema binario y, por último, coalescencia de un sistema binario compuesto por estrellas con núcleos de He. Tanto las simulaciones realizadas en una dimensión de este último escenario como en tres dimensiones, utilizando un código SPH, muestran que las condiciones físicas en las que tiene lugar el flash del He no favorecen que sea posible la mezcla de carbono con la envoltura de la estrella. Los demás escenarios propuestos también son rechazados, por lo que el origen de las estrellas R-tempranas continua siendo un misterio y un auténtico desafío para los modelos de evolución estelar y nucleosíntesis.

Complementariamente, se ha estudiado la composición química de 3 estrellas de carbono galácticas de tipo espectral SC. Se ha encontrado un buen acuerdo con el análisis previo realizado, en este tipo de estrellas, por Abia & Wallerstein (1998) excepto en la metalicidad promedio, que es $\sim$ 0.4 dex menor en el presente análisis. Para las estrellas de la muestra con algún enriquecimiento en elementos-s (i.e. estrellas R-tardías y de tipo espectral CH) somos capaces de reproducir el patrón de abundancias observado mediante modelos de estrellas en la fase AGB de baja masa ($M < 3\ M_{\odot}$, Cristallo et al. 2009). Sin embargo, los enriquecimientos de elementos-s promedio respecto al Fe derivados en las estrellas de tipo SC son$\sim$ 2 veces superiores que los derivados típicamente en estrellas de tipo espectral N, lo que pone en duda la localización de las estrellas SC en la secuencia espectral teórica en la fase AGB: $M \rightarrow MS \rightarrow S \rightarrow SC \rightarrow C(N)$. Sugerimos que las estrellas SC pueden ser estrellas de masa intermedia $M > 3\ M_{\odot}$ al final de la fase AGB que se convierten en estrellas ricas en C por un corto periodo de tiempo. Es necesario un estudio sobre un muestra más extensa de estrellas de tipo SC y la disponibilidad de cálculos detallados de nucleosíntesis en estrellas de masa intermedia para confirmar esta hipótesis.

Propiedades superficiales de los planetas enanos del cinturón transneptuniano

Autor: Noemí Pinilla Alonso
(noe.pa@hotmail.com)
Tesis doctoral dirigida por: Javier Licandro Goldaracena y Humberto Campins
Centro: Instituto de Astrofísica de Canarias; Universidad de La Laguna
Fecha de lectura: 3 de abril de 2009

Los objetos transneptunianos (TNOs) son objetos helados que se mueven alrededor del Sol en órbitas más allá de la de Neptuno. Estos cuerpos, con diámetros que van desde varios metros hasta los 2000 kilómetros, pasan la mayor parte de su vida a distancias del Sol alrededor de las 40 UA, donde las temperaturas se mantienen bajas. Los materiales que los forman, gran parte de ellos hielos condensados de la nebulosa presolar, conservan información muy valiosa acerca de las condiciones primigenias en el Sistema Solar.

Los estudios físicos acerca de los TNOs, realizados en los últimos 15 años, revelan la existencia en épocas muy tempranas del Sistema Solar de una gran población de planetesimales, mucho más densa que en la actualidad, en la que las colisiones eran frecuentes. Hablan también de interacciones con los planetas externos y de dispersiones hacia las zonas internas y externas del Sistema Solar. Por otro lado, sus características físicas actuales hablan de procesos de acrección, de irradiación, de colisiones, de retención de volátiles y de fenómenos criovolcánicos.

Esta tesis abarca el estudio de la superficie de los TNOs mayores, los "planetas enanos" helados, a partir del análisis de datos espectroscópicos en el rango visible e infrarrojo. Los "planetas enanos" son básicamente objetos transneptunianos de tamaño suficientemente grande como para alcanzar el equilibrio hidrostático por autogravedad, pero no lo suficiente para despejar su órbita de otros cuerpos menores. Su tamaño, de más de mil kilómetros de diámetro, los sitúa en la cola superior de la distribución de masas (y tamaños) de los TNOs.

Hasta el momento son cuatro los TNOs que se han identificado como planetas enanos helados, Plutón, (136199) 2003 UB_{313} (Eris), (163472) 2005 FY_9 (Makemake) y (136108) 2003 EL_{61} (Haumea). Tanto los programas extensivos de observación del cinturón transneptuniano (TNb), como los cálculos de la función de distribución de tamaños, sugieren que no existen muchos más, tal vez unos 10 planetas enanos.

Los artículos que integran esta tesis (ver lista al final) suponen el primer estudio en detalle de las superficies de los planetas enanos helados reconocidos hasta el momento por la UAI. Este estudio no sólo nos proporciona las primeras conclusiones sobre su composición sino que además sienta las bases de los trabajos a desarrollar en el futuro tanto para ampliar el conocimiento acerca de los planetas enanos ya conocidos como para caracterizar los planetas enanos por descubrir .
Las principales aportaciones de esta tesis al conocimiento de las superficies de los planetas enanos helados se resumen en los siguientes puntos:

- Los planetas enanos helados forman un grupo diferenciado dentro del TNb, tanto por su gran tamaño como por su composición superficial.

- Todos los planetas enanos helados muestran gran cantidad de hielo sobre su superficie aunque la composición de cada uno de ellos es diferente en algún sentido, lo que nos lleva a pensar que ninguno de estos objetos puede ser entendido completamente sin tener en cuenta su formación y evolución dinámica.

- Dos de ellos (Makemake y Eris), muestran mucha semejanza con el otro planeta enano helado conocido, Plutón, con lo cual este objeto deja de ser un cuerpo único en el Sistema Solar (ver figura 1). Así, como Plutón, estos cuerpos son fuertes candidatos a poseer atmósfera gaseosa al menos en los puntos de sus órbitas más cercanos al Sol y a que los volátiles presentes en su superficie experimenten procesos estacionales de sublimación y condensación.

Estas afirmaciones se sustentan en los siguientes evidencias:

1. Sus espectros están dominados por la presencia de bandas de metano, tanto en el visible como en el infrarrojo cercano.

2. La profundidad de estas bandas es mayor en estos nuevos objetos que en Plutón y en particular las de Makemake son las más profundas del TNb. Esto puede indicar o bien que la abundancia de metano en la supeficie de estos cuerpos es mayor que en la de Plutón, o bien que la capa de metano depositada es más gruesa (también es posible una combinación de ambos efectos).

3. El estudio de los centros de las bandas de metano en el espectro visible de Eris, permite una detección indirecta de hielo de nitrógeno en su superficie y proporciona asímismo evidencias de un gradiente composicional con la profundidad, lo que sería indicativo de existencia de procesos estacionales de sublimación y condensación de los hielos superficiales.

El cuarto planeta enano helado sin embargo, Haumea, no tiene comparación, en cuanto a su composición, dentro de la población de TNOs, a excepción de un grupo de objetos en el TNb ligados dinámicamente a él (ver figura 2). Este grupo, que ha sido propuesto por otros trabajos como la primera familia colisional del cinturón, es objeto de un detallado estudio en esta tesis, el primero que cuantifica sus principales características superficiales. Las principales conclusiones de este estudio son las siguientes:

1. El espectro de Haumea muestra grandes similitudes con el espectro del hielo de agua puro. La composición que se deduce en esta tesis para la superficie de Haumea indica que esta está compuesta , al menos, por un 92% de agua. En particular descartamos la presencia de más de un 8% de orgánicos evolucionados.

2. La ausencia de hidratos de amoniaco nos permite descartar que el criovolcanismo sea el proceso que mantiene la superficie cubierta de hielo de agua.

3. La presencia de una mezcla de agua amorfa y cristalina en una proporción aproximada de 1:1 (ver figura 3), nos lleva a descartar que estemos ante una superficie joven y nos permite datar la edad de esta superficie en al menos 108 años.

4. La ausencia de orgánicos complejos en una superficie vieja como la de Haumea, es un hecho analizado en esta tesis. A partir de las observaciones no es posible distinguir si esto es un hecho relacionado con la composición original del cuerpo o si puede deberse a un hecho puntual (como una fuerte colisión), por lo tanto, ambos escenarios han de ser considerados como posibles.

Los artículos que comprenden esta tesis son:

- Visible spectroscopy of 2003 UB_{313}: evidence for N2 ice on the surface of the largest TNO? Licandro, J.; Grundy, W. M.; Pinilla-Alonso, N.; Leisy, P., 2006, Letter A&A, 458, L5-L8

- Trans-neptunian object (55636) 2002 TX_{300}, a fresh icy surface in the outer solar system. Licandro, J., di Fabrizio, L., Pinilla-Alonso, N., J. de León y E. Oliva., 2006, A&A, 457, 329-333

- The water ice rich surface of (145453) 2005 RR_{43}: a case for a carbon-depleted population of TNOs? Pinilla-Alonso, N., Brunetto, R., Licandro,J. & Gil-Hutton,R., 2007, A&A, 468, L25-L28

- The surface of (136108) Haumea (2003 EL_{61}), the largest carbon-depleted object in the trans-Neptunian belt. Pinilla-Alonso, N.; Brunetto, R.; Licandro, J.; Gil-Hutton, R.; Roush, T. L.; Strazzulla, G., 2009, A&A, 496,547

- Visible spectroscopy in the neighborhood of 2003EL_{61}. Pinilla-Alonso, N.; Licandro, J.; Lorenzi, V. 2008, A&A 489, 455-458

Artículo incluido como apéndice:

- The methane ice rich surface of large TNO 2005 FY_9: a Pluto-twin in the trans-neptunian belt? Licandro, J.; Pinilla-Alonso, N.; Pedani, M.; Oliva, E.; Tozzi, G. P.; Grundy, W. M., 2006, Letter A&A, 445, L35-L38

Nota: el espectro de Plutón que aparece en la figura 1, procede del artículo Grundy & Fink, 1996, Icarus, 124, 329. El espectro de 1995 SM55y de 2003 OP_{32} de la figura 2, proceden de Brown et al. 2007, Nature, 446, 294. El espectro de 1996 TO_{66} que aparece en la figura 2 procede de Brown et al 1999, ApJ,519,L101 y Noll et al 2000, AJ,119,970.

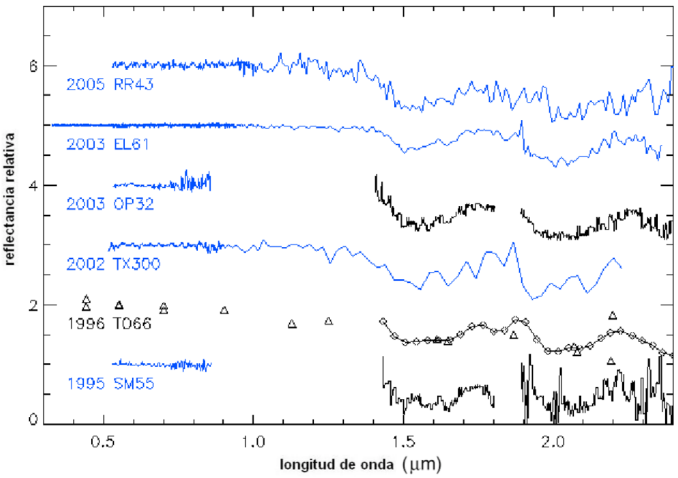


Fig. 2. Espectros de algunos de los miembros de la familia de Haumea (2003 EL_{61}). Obsérvese las fuertes bandas de agua presentes a 1.52 y 2.02 μm. La pequeña banda visible en los espectros de mayor señal en 1.65 μm es característica del agua cristalina. Todos los espectros en azul han sido obtenidos en el transcurso de esta tesis. Ver nota al final acerca del origen de los espectros restantes.

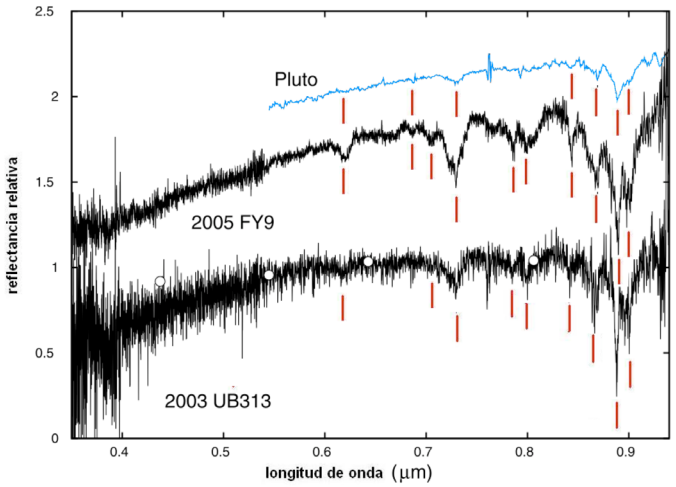


Fig. 1. Espectros en el visible de los planetas enanos, Plutón, Makemake (2005 FY9) y Eris (2003 UB313). Las líneas verticales muestran algunas de las abundantes bandas de hielo de metano presentes en los espectros. Apreciar la diferente profundidad de estas bandas en los tres objetos (ver texto para más detalles).

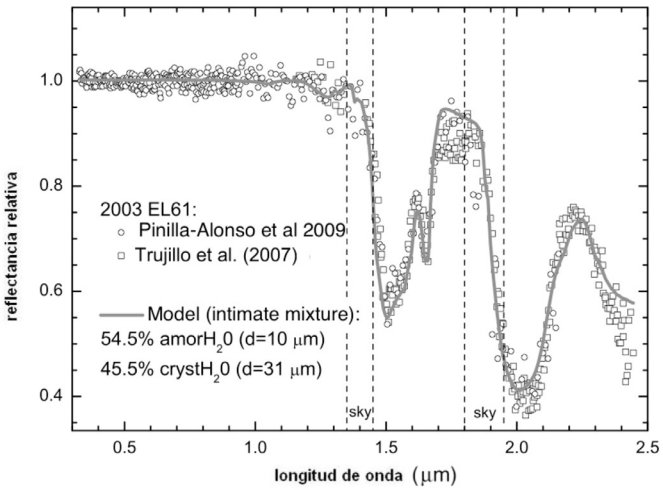


Fig. 3. Superposición del espectro de Haumea y del mejor modelo que se ha obtenido para este objeto. Este modelo revela que la superficie de Haumea está compuesta por una mezcla de agua cristalina y amorfa en una relación aproximada de 1:1. El límite máximo para el contenido de otros compuestos en la supeficie de este cuerpo es de un 8%.

Aproximación histórica al desarrollo de la Astronomía en España

Autor: Iván Fernández Pérez
(ivan.fernandez@usc.es)
Tesis doctoral dirigida por:
José Angel Docobo Durántez
Centro: Universidade de Santiago de Compostela
Fecha de lectura: 20 de abril de 2009

La Historia de la Astronomía en España ha sido tradicionalmente un campo poco estudiado. En esta tesis doctoral se hace alusión a la evolución científica que tuvo lugar en España en el campo de la Astronomía, gracias a la labor de distintos personajes que abrieron nuevas líneas de investigación y que transmitieron sus conocimientos, así como a la instalación de importante infraestructura científica, sin olvidar tampoco ciertas decisiones y hechos que, al margen de la Ciencia, influyeron notablemente en el desarrollo de la Astronomía en España. Esta Memoria supone una aportación necesaria que cubre un hueco en la Historia de la Ciencia en España, cuyas contribuciones originales más relevantes resumimos a continuación.

Hemos dividido la evolución de la Astronomía en España en cuatro grandes etapas: 1) hasta mediados del siglo XVIII; 2) de mediados del XVIII a principios del XX; 3) de principios del XX hasta 1970 y 4) desde 1970 hasta la actualidad.

Con respecto al período que transcurre entre el siglo VIII hasta los comienzos del XX (en el que se incluyen las dos primeras etapas de nuestro estudio) hemos recopilado lo más destacado en Astronomía de los trabajos clásicos de la Historia de la Ciencia en España y los hemos puesto al día recogiendo algunas de las novedades que se han publicado de estudios más recientes en la materia. Como complemento, aportamos datos novedosos sobre los catedráticos de asignaturas relacionadas con la Astronomía una vez implantadas las Facultades de Ciencias a mediados del siglo XIX.

En lo que se refiere al período que transcurre entre principios del siglo XX hasta 1970, la principal contribución original es la referida a la presencia de la Astronomía en la enseñanza universitaria (especialmente en los años posteriores a la guerra civil), para ello hemos contactado con discípulos de algunos de estos docentes y hemos realizado numerosas búsquedas en la Gaceta de Madrid, en el Boletín Oficial del Estado y en los archivos universitarios de las principales universidades españolas.

Sin embargo, es en el desarrollo de la Astronomía en España a partir de la década de los setenta del siglo XX donde realizamos una descripción de los sucesos más relevantes que han llevado a España a ocupar los primeros puestos en el ranking de la investigación astronómica (creación de nuevos centros de observación e investigación, formación de astrónomos, modernización de instalaciones existentes, mayor número de plazas en las universidades…) acompañado todo ello de un análisis crítico. Para ello hemos consultado distintas publicaciones, hemos visitado la mayoría de los centros más importantes de enseñanza e investigación en Astronomía y hemos realizado entrevistas y comunicaciones privadas con astrónomos de renombre. Además hemos recopilado también datos de distintas páginas web de centros de investigación, universidades y de diversos organismos y asociaciones.

Tratamos también algunas de las cuestiones de actualidad y de futuro que suscitan el interés de la Astronomía española, como la puesta en marcha de importantes inversiones como el radiotelescopio de Yebes, el Gran Telescopio de Canarias (GTC) y el futuro telescopio europeo extremadamente grande (E-ELT).

Por último, en una encuesta enviada a la comunidad astronómica española hemos actualizado algunos datos de otras consultas anteriores realizadas a este colectivo y se han obtenido algunos resultados de interés inéditos sobre distintas cuestiones del pasado, presente y futuro de la Astronomía en España.

Finalmente, esta tesis aporta una serie de listados recopilatorios sobre centros de investigación y universidades, libros de docencia de Astronomía, revistas editadas en España, asociaciones de astrónomos amateurs, etc.

Actividad nuclear y medio interestelar en una muestra de galaxias aisladas

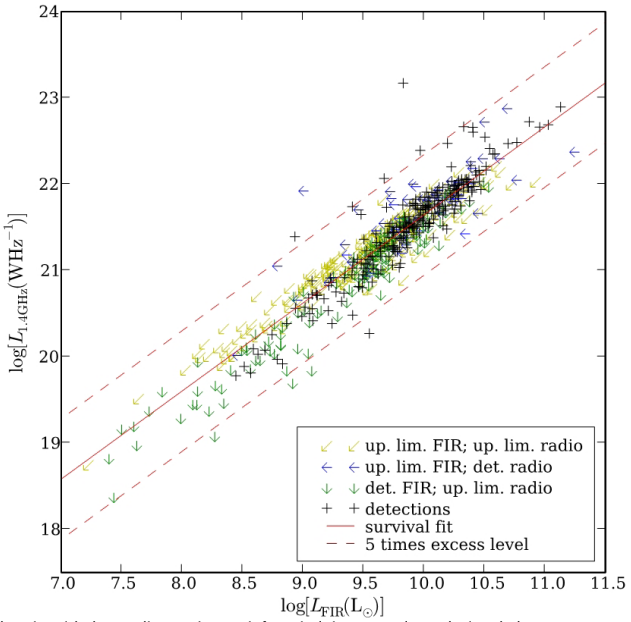
Autor: José Sabater Montes (jsm@iaa.es)
Tesis doctoral dirigida por:
Stephane Leon Tanne y Lourdes Verdes-Montenegro Atalaya
Centro: Instituto de Astrofísica de Andalucía (CSIC); Universidad de Granada
Fecha de lectura: 4 de junio de 2009

La evolución de las galaxias depende del entorno. En particular la actividad nuclear, producida por la acreción de materia en el agujero negro supermasivo central, podría verse afectada por dicho entorno. Se piensa que la interacción entre galaxias disminuye el momento angular del gas, provocando su caída hacia el agujero negro central, alimentándolo de este modo. Según esta hipótesis se esperaría un aumento de la actividad nuclear en las galaxias en interacción, sin embargo se encuentran resultados contradictorios en la bibliografía. En unos estudios se encuentra que la tasa de actividad nuclear aumenta con la interacción mientras que en otros es independiente de ésta. Gran parte de las diferencias entre los distintos estudios podrían deberse tanto al uso de distintos criterios para la selección de las muestras como a la ausencia de una muestra de referencia. El proyecto AMIGA (Análisis del Medio Interestelar en Galaxias Aisladas; http://amiga.iaa.es/) ofrece una muestra estadísticamente significativa de galaxias aisladas libres de interacción durante un tiempo significativo de su vida. Esta muestra constituye una base para estudiar el efecto de las interacciones sobre la actividad nuclear, el medio interestelar y la formación estelar. El primero de estos aspectos constituye el objeto de estudio de la presente tesis.

Para llevar a cabo el estudio de la actividad nuclear en la muestra AMIGA de galaxias aisladas, hemos usado distintos métodos. Por una parte hemos estudiado la correlación entre la emisión en infrarrojo lejano y en radiocontinuo de las galaxias de la muestra. Pues un exceso de radiocontinuo en esta correlación indica la presencia de un núcleo activo emitiendo a longitudes de onda de radio. Este estudio fue perfeccionado con el uso de imágenes de radiocontinuo en alta resolución del VLA para determinar los casos en que la emisión proviene de una fuente de fondo (véase Figura 1). También hemos usado el color entre la emisión en infrarrojo medio y lejano, que nos indica la presencia de un candidato a núcleo activo. Asimismo hemos determinado el origen dominante de la ionización del núcleo usando los espectros en visible del Sloan Digital Sky Survey (SDSS). Por último hemos realizado una búsqueda en la bibliografía existente del tipo de actividad nuclear que pudieran presentar las galaxias de nuestra muestra.

Se pueden destacar los siguientes resultados. No encontramos galaxias aisladas que muestren un valor superior a un factor 5 de exceso de radio con respecto a la correlación radio continuo-infrarrojo lejano. Usando el límite más permisivo de un factor 3, encontramos tan solo un 2% de galaxias con actividad nuclear tipo radio, las tasas más bajas encontradas con respecto a cualquier otra muestra. Comparando con muestras de galaxias situadas en entornos más densos se observa un aumento de la tasa de actividad en longitudes de onda de radio conforme aumenta el número de galaxias en interacción o la cercanía al centro de un cúmulo. Se ha descartado que este cambio en la tasa de actividad provenga de la relación entorno-morfología o entorno-luminosidad. Adicionalmente se ha cuantificado la precisión del método de selección de candidatos a galaxias activas usando el color infrarrojo obteniendo una tasa de acierto del 72.2% para este método. El número de núcleos activos de galaxias seleccionados en base a los datos del Sloan Digital Sky Survey alcanza una tasa del 21.7% y no parece mostrar una dependencia tan alta con el entorno en comparación con las galaxias activas tipo radio. El número de galaxias activas que muestran líneas de emisión anchas (Seyfert 1) con respecto al total de galaxias activas es del 10.2%. Se ha creado un catálogo de candidatos a núcleos activos de galaxias en la muestra de galaxias aisladas. Este catálogo servirá para futuros estudios de los efectos del entorno sobre la actividad nuclear.

Del trabajo realizado en esta tesis doctoral podemos concluir que el entorno es fundamental para producir el fenómeno de la actividad nuclear de tipo radio, observándose un aumento de la actividad conforme aumenta la interacción (galaxias en interacción, pertenencia a un cúmulo, cercanía al centro del cúmulo) para todos los tipos morfológicos y todos los intervalos de luminosidades. La muestra AMIGA de galaxias aisladas se confirma como la muestra de galaxias, incluidas las de tipo temprano, más libre de efectos de la interacción, con una tasa de actividad nuclear de tipo radio casi nula.



Luminosidad en radio continuo e infrarrojo lejano para las galaxias de la muestra completa de galaxias aisladas (N = 710). La correlación, calculada usando técnicas de análisis de supervivencia, se muestra como una línea sólida y los niveles de 5 veces exceso de radio o infrarrojo como sendas líneas discontinuas. Las galaxias por encima de la línea discontinua superior presentarían exceso de radio. Un análisis posterior con datos de alta resolución del VLA mostró que la emisión de radio de esas galaxias provenía de fuentes de fondo, con lo que la tasa de galaxias con exceso de radio por encima de un factor 5 es del 0%.

Calibración espectrofotométrica del GTC

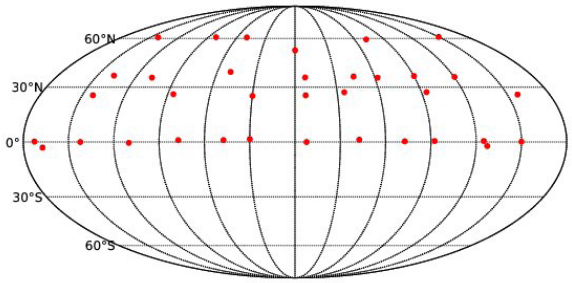
Autor: María Alejandra Di Césare (adicesare@yahoo.com)
Tesis doctoral dirigida por: José Miguel Rodríguez Espinosa y Peter L. Hammersley
Centro: Universidad de La Laguna
Fecha de lectura: 3 de julio de 2009

La calibración fotométrica es actualmente uno de los mayores retos técnicos de la astronomía, ya que necesita de muy alta precisión en un muy amplio rango dinámico. La construcción de telescopios espaciales o de telescopios terrestres de gran diámetro ha hecho necesario concebir nuevas técnicas para calibrar de manera óptima. La comunidad científica del Gran Telescopio de Canarias, GTC (telescopio de la clase de 10 metros, situado en el observatorio de La Palma) ha sido consciente de esta necesidad y por ello ha llevado a cabo este programa que garantizará una calibración adecuada de sus instrumentos, una vez que el telescopio entre en operación. Durante el desarrollo de este programa de calibración se ha podido identificar una serie de limitaciones en los catálogos de estrellas estándares que se usan en la actualidad, así cómo en los métodos empleados para generarlos:

- La mayoría de las fuentes de calibración que existen hoy en día son demasiado brillantes para ser utilizadas con GTC. Por ejemplo, una fuente de magnitud 13 saturaría los instrumentos en aproximadamente 1 segundo si se utiliza cualquiera de los filtros de banda ancha, tanto en el visible como en el infrarrojo cercano.
- El instrumento OSIRIS (Optical System for Imaging and low-Intermediate-Resolution) posee filtros sintonizables (Blais-Outllete et al. 2004, Bland-Hawthorn 2003) que permiten observar en cualquier longitud de onda en el rango que va desde las 0.3 μm hasta 1 μm. El método de calibración fotométrica comúnmente utilizado consiste en recopilar una serie de medidas de estrellas estándares con el mismo conjunto de filtros que serán empleados en el programa de observación de los objetos de interés. Sin embargo, en la práctica, implementar dicho método en GTC se vuelve imposible. Además, para un telescopio de esta categoría será importante que el plan de calibración fotométrica se lleve a cabo de manera tal que la precisión de los resultados sea comparable a la de los telescopios espaciales.
- Las fuentes de calibración deben estar distribuidas por todo el cielo. De este modo los telescopios de gran diámetro, que por lo general emplean demasiado tiempo en realizar el apuntado, minimizan este tiempo no útil al tener a su disposición un número suficientemente grande de fuentes en su cielo visible.

Estos problemas resultan similares a los que se habían planteado en el desarrollo de la calibración fotométrica del satélite infrarrojo ISO (Hammersley et al. 1998). Es por eso que en este trabajo se han implementado algunas técnicas similares a las desarrolladas en la calibración de este telescopio espacial y se ha propuesto extenderlas al rango visible del espectro:

- El punto principal es lograr la precisión fotométrica requerida y por ello es necesario definir de modo preciso el punto cero de nuestro sistema fotométrico. En este caso, hemos utilizado Vega (HR 7001) como estrella estándar primaria y suponemos que tiene magnitud fotométrica igual a cero en todos los filtros. El espectro absoluto de Vega que se ha utilizado en este trabajo (Cohen et al. 1992), se basa a su vez en un modelo de Kurucz que ha sido utilizado también como calibrador primario en muchas misiones espaciales (ISO, MSX, IRAC/Spitzer, etc). La gran ventaja de que todos estos instrumentos utilicen la misma estrella primaria (y el mismo modelo de Vega) es que los flujos de los objetos observados se pueden comparar directamente sin importar el instrumento con el que se midieron. Se asume el espectro absoluto de Vega como una definición que no introduce ningún error.
- Se ha utilizado información de cada instrumento de GTC para determinar el rango de magnitudes óptimo para calibrarlos. Por ejemplo, los perfiles de transmisión de los filtros en la región lineal de los detectores.
- Con el propósito de alcanzar un gran número de datos, se ha seleccionado una amplia lista de campos candidatos a estándares, aproximadamente 180. Dichos campos se han observado en diferentes períodos con el fin de identificar estrellas variables (para descartarlas) y obtener magnitudes fotométricas con alta precisión. Las observaciones se han llevado a cabo en los observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos a lo largo de 230 noches. Se ha recopilado la información fotométrica en el visible con los filtros BVRI y en el infrarrojo cercano con los filtros JHK (juego de filtros Mauna Kea), utilizando la cámaras CCD del IAC80 y la cámara NICMOS del TCS. También se han realizado observaciones en modo espectroscopía de algunas de las estrellas seleccionadas usando los brazos rojo y azul de ISIS en el telescopio WHT.
- Combinando las técnicas de fotometría y espectroscopía se ha determinado la distribución espectral de energía (SED) de los objetos. La combinación de estas SEDs con la transmisión conocida de los instrumentos ha hecho posible desarrollar un método sintético que permite poder calibrar cualquier filtro (en el rango visible-IR cercano), incluidos los filtros sintonizables.
- Se produjo un catálogo de campos estándares apropiado para la calibración espectrofotométrica de un telescopio de la clase 10m. Consta de 35 campos estelares donde cada campo contiene estrellas no binarias y no variables, con tipos espectrales entre A0 y M2. La distribución de los campos de calibración es la siguiente: 12 de ellos cerca del ecuador, otros 12 con declinación entre 25° y 35°, 10 más a declinación 60° y finalmente 1 campo a declinación cerca de 90°.



Distribución de los campos de calibración espectrofotométrica del GTC. Campos seleccionados después del seguimiento fotométrico durante 230 noches de observación en las instalaciones de los observatorios del Teide. Los espectros de las estrellas seleccionadas fueron observados con el telescopio WHT del ORM.

Actividad Nuclear y Formación Estelar en Galaxias

Autor: Cristina Ramos Almeida
Tesis doctoral dirigida por: José Miguel Rodríguez Espinosa y José Antonio Acosta Pulido
Centro: Universidad de La Laguna
Fecha de lectura: 17 de julio de 2009

Desde su descubrimiento hace ya más de cincuenta años, los núcleos de galaxias activas (AGNs) han despertado un gran interés por conocer el tipo de mecanismo capaz de generar cantidades de energía tan descomunales y averiguar qué características definen el que una galaxia contenga un núcleo activo o no. Un tema de creciente actualidad es el estudio de la relación existente entre la presencia de actividad nuclear y la formación estelar en galaxias. El AGN calienta y consume el material del que se alimenta la formación estelar, por lo que la presencia de actividad nuclear implicaría la paulatina supresión de ésta. Así pues, parece claro que ambos fenómenos están relacionados desde su inicio, aunque las condiciones y escalas de tiempo en los que tienen lugar están aún por definir. El trabajo de investigación desarrollado en esta tesis doctoral aporta nuevos conocimientos sobre la relación existente entre la actividad nuclear y las propiedades que definen a las galaxias que la albergan. Hemos estudiado esta conexión partiendo del estudio de las galaxias activas de tipo Seyfert en el universo local, y terminando con el caso más general de los núcleos activos situados a distancias cosmológicas, seleccionados en campos profundos.

En la primera parte de la tesis caracterizamos espectroscópicamente la emisión de la Región de Líneas Estrechas (NLR) de las galaxias Seyfert de Tipo 2 en el infrarrojo cercano (NIR) con un nivel de detalle sin precedentes, dado que en la actualidad existen muy pocos trabajos en este rango. Logramos reproducir, de manera precisa, la forma de sus continuos, y modelamos las condiciones de una NLR típica mediante el uso de códigos de fotoionización. Confirmamos, además, la existencia de un nuevo tipo de AGN, las Seyfert 1 de líneas estrechas oscurecidas, cuya naturaleza no puede ser detectada en el óptico. Actualmente sólo existen cuatro objetos clasificados en este grupo, de ahí la importancia del descubrimiento.

En segundo lugar, estudiamos la emisión en el rango infrarrojo medio (MIR), aun menos explorado que el NIR, de una muestra completa de galaxias Seyfert haciendo uso de imágenes del satélite ISO. A partir de ellas confirmamos que la emisión de estos objetos en el MIR es anisótropa, apoyando la existencia de una estructura toroidal como la propuesta en el Modelo Unificado de AGNs. Además, mediante la comparación entre los flujos nucleares en el MIR y en rayos X duros de las galaxias analizadas, proporcionamos nuevo soporte observacional a los modelos de toro no homogéneos. En esta línea de trabajo, y gracias al uso combinado de nuevos datos infrarrojos de alta resolución espacial y modelado de los mismos haciendo uso de técnicas de ajuste sofisticadas (análisis bayesiano y redes neuronales), encontramos indicios de una posible diferencia intrínseca entre los toros moleculares de las galaxias Seyfert 1 y 2, lo cual pondría en entredicho el esquema clásico del Modelo Unificado de AGNs. En la actualidad, disponemos de nuevas observaciones realizadas con telescopios de 8 metros que confirmarán o no este polémico resultado.

Por último, con el objetivo de investigar cómo varían las propiedades de los AGNs y sus galaxias anfitrionas con la distancia, estudiamos las distribuciones espectrales de energía (SEDs) de un centenar de AGNs, que clasificamos en diferentes grupos dependiendo del grado de preponderancia del núcleo activo en los distintos rangos de longitud de onda. Con todo ello, establecemos una secuencia evolutiva en la que el AGN extinguiría progresivamente la formación estelar, para hacerse cada vez más luminoso y finalmente decaer hasta el punto de resultar enmascarado por la emisión de la galaxia subyacente. Concluimos, pues, que la presencia de actividad nuclear en una galaxia determina la evolución de la misma.

Esta tesis doctoral proporciona novedosos resultados, que resultan de gran importancia para cuestiones tan fundamentales como la validez del Modelo Unificado de AGNs, o la conexión existente entre formación estelar y actividad nuclear en galaxias, tanto en el universo local como a distancias cosmológicas.

Fusiones de Galaxias a Distancias Cosmológicas

Autor: Carlos López San Juan
(carlos.lopez@oamp.fr)
Tesis doctoral dirigida por: Marc Balcells Comas y Mercedes Prieto Muñoz
Centro: Instituto Astrofísico de Canarias; Universidad de La Laguna
Fecha de lectura: 23 de julio de 2009

Las galaxias del Universo local se dividen en dos poblaciones principales en el diagrama color magnitud: las secuencia roja (RS), formada por galaxias de tipo temprano (elípticas, lenticulares y espirales tempranas) con una formación estelar residual, y la nube azul, formada por galaxias de tipo tardío (espirales tardías e irregulares) con una intensa formación estelar. Las galaxias más masivas son las primeras en formar sus estrellas y poblar la RS, un resultado que presenta un reto para los populares modelos cosmológicos de materia oscura fría, los cuales proponen las fusiones de galaxias en tiempos recientes como uno de los principales mecanismos en el establecimiento de la RS. Sin embargo, y pese a su importancia, aún se desconoce la frecuencia real de fusiones entre galaxias y su papel en la evolución de la RS.

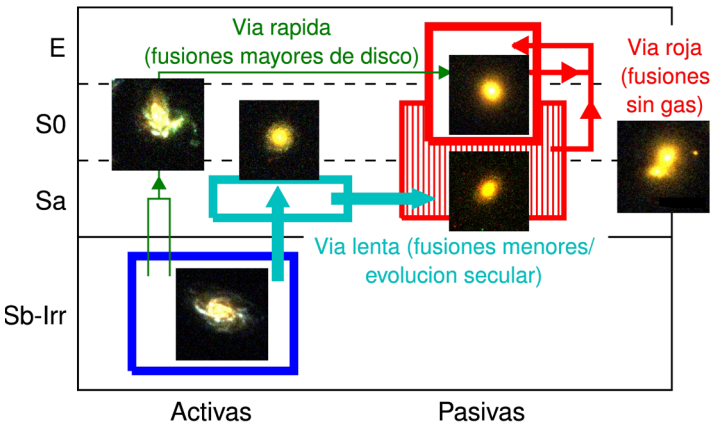
En la presente tesis se ha estudiado la fracción de fusiones y su papel en el crecimiento de la RS en el rango $z = 0 - 1$. Para ello se ha determinado la fracción de fusiones con dos métodos complementarios: mediante criterios morfológicos y mediante estadística de pares cercanos. En el primer caso se seleccionan como remanentes de fusiones mayores (diferencia de masa 1:1 a 1:3) ente galaxias ricas en gas (galaxias pertenecientes a la nube azul) aquellas fuentes con un alto índice de asimetría (A). La principal novedad respecto a anteriores estudios ha sido el desarrollo de un método de máxima verosimilitud para tener en cuenta los errores observacionales en z y en A a la hora de obtener la fracción de fusiones. Mediante simulaciones se comprobó que estos errores dan lugar a una sobrestimación en la fracción de fusiones de hasta en un factor dos. Con esta nueva metodología se ha determinado la fracción de fusiones en la tira de Groth y en GOODS-S. Se encontró que la fracción de fusiones en menor de 6% a $z < 1$ y que depende de selección de la muestra, siendo mayor para muestras seleccionadas en la banda B que en aquellas seleccionadas en masa.

En los estudios mediante estadística de pares se seleccionan como sistemas en fusión aquellas galaxias cercanas en el plano del cielo y con velocidades relativas pequeñas en el espacio de z. Debido a la segunda condición, estudios anteriores se han centrado en muestras espectroscópicas. Durante esta tesis se ha desarrollado una nueva metodología para obtener pares cercanos en muestras fotométricas, lo cual permitirá la explotación de los extensos muestreos fotométricos actuales.

En esta ocasión se ha obtenido la tasa de fusiones mayores en GOODS-S para galaxias con una masa estelar $M_* \geq 10^{10}\ M_\odot$, y se comparó con la obtenida anteriormente mediante criterios morfológicos para el mismo rango de masa, obteniéndose un buen acuerdo entre ambas metodologías. Destacar que anteriores estudios encontraban discrepáncias de hasta un orden de magnitud entre ambos métodos.

Una vez obtenida una tasa de fusiones mayores robusta, se puede comparar con la evolución de la RS desde $z = 1$ para galaxias con $M_* \geq 10^{10}\ M_\odot$ (suponiendo que cada fusión mayor da lugar a una galaxia de la RS). Para ello se estudió la estructura (galaxias tempranas versus galaxias tardías) y la formación estelar (galaxias pasivas versus galaxias con formación estelar) en GOODS-S. Se encontró que las fusiones mayores (vía rápida) sólo pueden dar cuenta de un 20% de la evolución en la RS, en buen acuerdo con estudios previos. Además se ha encontrado una población de galaxias tempranas con formación estelar, lo cual sugiere que la transición entre la nube azul y la RS es debida principalmente a fusiones menores y procesos seculares (vía lenta). El esquema de la Figura 1 resume las principales vías en la evolución de galaxias de masa intermedia ($M_* \sim 10^{10.5}\ M_\odot$) desde la nube azul hasta la RS.

Finalmente, y por primera vez en la literatura, se ha estimado la fracción de fusiones menores mediantes estadística de pares (relación de masas 1:3 a 1:10), encontrándose que son dos veces más numerosas que las mayores, en buen acuerdo con los modelos cosmológicos actuales. El futuro estudio de las fusiones mayores y menores en función de la masa, el entorno o el color es crucial para comprender la evolución de la RS desde $z = 1$ y a desplazamientos al rojo mayores, donde los estudios son escasos.



Principales vías evolutivas de las galaxias con $M_* \geq 10^{10}\ M_\odot$ desde $z \sim 1$. Existen dos vías para pasar de la nube azul (galaxias de tipo tardío con formación estelar, Sb-Irr) a la secuencia roja (galaxias pasivas de tipo temprano, E/S0/Sa): la vía rápida (fusiones mayores) y la vía lenta (fusiones menores y procesos seculares). Los resultados de esta tesis sugieren que la vía rápida es responsable de un 20% de la evolución de la secuencia roja, siendo la vía lenta la dominante. Las galaxias en la secuencia roja pueden aumentar su densidad de masa gracias a la vía roja (fusiones, mayores o menores, con poco gas).

Estados de acreción y destellos termonucleares en binarias X con estrella de neutrones

Autor: Manuel Linares (Linares@mit.edu)
Tesis doctoral dirigida por: Michiel van der Klis
Centro: Universidad de Amsterdam
Fecha de lectura: 16 de septiembre de 2009

La acreción, el proceso a través del cual la materia cae sobre un cuerpo celeste bajo la influencia de su gravedad, juega un papel importante en muchas áreas de la astrofísica. El estudio de los flujos de acreción es, por lo tanto, un tema de investigación extenso y de gran interés. La acreción sobre una estrella de neutrones constituye una de las maneras más eficientes de convertir energía en reposo en radiación, y da lugar a fuentes de rayos X extremadamente intensas: las binarias X con estrella de neutrones. Los destellos de rayos X de tipo I, fruto de explosiones termonucleares en la superficie de una estrella de neutrones, son una consecuencia habitual del proceso de acreción, y constituyen una oportunidad única para estudiar las propiedades de la materia ultra-densa. Esta tesis esta basada en observaciones de dos satélites que operan en la actualidad, el Rossi X-ray Timing Explorer y el Swift Gamma-ray Burst Mission. El análisis espectral y el estudio de la variabilidad de los rayos X son las técnicas más empleadas.

En el capítulo 5 presento el resultado más importante de la tesis: el descubrimiento de una correlación entre la "dureza espectral" (la pendiente media del espectro de rayos X) de un conjunto de fuentes y su luminosidad (el ritmo de emisión de energía). Esta correlación sólo es evidente cuando se consideran estados análogos de distintas fuentes (estados en los que el flujo de rayos X varía con las mismas frecuencias). Por ese motivo había pasado desapercibida hasta la fecha. Este resultado está cambiando la visión de los estados de acreción, y por primera vez nos revela una relación simple entre la variabilidad, el espectro y la luminosidad de las binarias X con estrella de neutrones. Estoy investigando, junto a colaboradores en la Universidad de Amsterdam y en el MIT, cuál es la causa de dicha correlación. La opción más viable es una diferencia en la temperatura del disco de acreción en fuentes distintas, pese a que muestren variabilidad con las mismas frecuencias, tal y como se detalla en la sección 5.4.3.1 de la tesis.

También destacable es el resultado expuesto en el capítulo 3: las binarias X con estrella de neutrones pueden mostrar las mismas variaciones en el flujo de rayos X que las binarias X que contienen un agujero negro. Al contrario de lo que se creía, las frecuencias de la variabilidad alrededor de una estrella de neutrones no son necesariamente mayores que las que observamos en binarias X con agujeros negros. La tercera parte de esta tesis estudia explosiones termonucleares en estrellas de neutrones. En el capítulo 7 presento las propiedades de un destello de rayos X termonuclear de larga duración, un fenómeno muy poco habitual, que encontré en observaciones de una nueva fuente. En la actualidad sigo desarrollando esta línea de investigación. Junto a colaboradores en la NASA y el MIT, estoy liderando un proyecto para estudiar con detalle la frecuencia de los distintos tipos de destellos termonucleares.

Estudio de las propiedades galácticas y su evolución

Autor: Violeta González Pérez
Tesis doctoral dirigida por: Francisco J. Castander
Centro: Universitat de Barcelona;
ICE (IEEC-CSIC)
Fecha de lectura: 28 de septiembre de 2009

En las últimas dos décadas el enorme esfuerzo realizado para restringir los parámetros cosmológicos nos ha permitido entrar en lo que se podría denominar como una era de cosmología de precisión. Esto unido a la gran cantidad de información estadística proveniente de amplios cartografiados del cielo y del elevado poder computacional que se tiene hoy en día, nos permite centrarnos en el estudio de los procesos físicos que dominan la evolución galáctica dentro de un contexto cosmológico. En este sentido, los estudios extra-galácticos están experimentando un momento de intensa agitación, pues parece plausible el aprender en dos direcciones: desde el interior galáctico hasta las estructuras a grandes escalas, conectándolas con los parámetros cosmológicos, y desde ahí, de la distribución de la materia oscura a la naturaleza galáctica.

El modelo mas ampliamente aceptado para la formación y evolución de estructuras es el llamado modelo jerárquico basado en una cosmología con materia oscura fría (e.g. Baugh et al. 2006). Modelos jerárquicos incluyendo tanto el efecto de la gravedad como los procesos físicos que afectan a la evolución del gas han demostrado ser capaces de reproducir muchas observaciones, como por ejemplo, la función de luminosidad o los colores y tamaños discoidales de galaxias en el Universo local (Cole et al. 2000). Sin embargo, algunas de las propiedades galácticas observadas, especialmente a altos desplazamientos al rojo, suponen un reto para estos modelos. Por otro lado, la resolución de estos modelos no permite realizar predicciones sobre la estructura interna de las galaxias.

Esta tesis engloba dos proyectos, uno observacional en el que se estudian las propiedades internas de las galaxias, ya que estas pueden ayudarnos a entender los procesos físicos que han determinado la evolución recientemente experimentada por una galaxia, y un proyecto mas teórico sobre la formación de galaxias masivas en el marco de los modelos jerárquicos.

En la primera parte de la tesis se estudia la variación interna de color en galaxias observadas por el SDSS (York et al. 2000). Comenzamos nuestro estudio centrándonos en las galaxias de tipo temprano ($C \geq 2.63$ y $fracDeV \geq 0.83$) extraídas del SDSS DR2, ya que constituyen un grupo con propiedades muy homogéneas. Encontramos que el gradiente de color es una cuantificación robusta de la variación interna de color. Como primera aproximación a este parámetro, estudiamos su posible correlación con diversos parámetros globales de las galaxias tales como la masa estelar, la tasa de formación estelar, etc, encontrando que dichos parámetros no determinan el gradiente de color. Encontramos un 5% de galaxias de tipo temprano con una variación interna de color anómala, es decir, con un núcleo mas azul que sus partes externas. Dichas galaxias están caracterizadas por ser menos masivas y tener una mayor presencia de estrellas jóvenes. Menanteau et al. (2001) encontraron un 30% de galaxias de tipo temprano con variaciones internas de color anómalas a $z \sim 0.6$. La comparación de nuestro resultado con este implica una evolución en la población estelar de las galaxias de tipo temprano.

Con una muestra mas amplia de galaxias seleccionadas a partir del SDSS DR7, estudiamos la distribución de los gradientes de color en varias muestras aproximadamente limitadas en volumen, dentro del rango de desplazamiento al rojo $\$0.001<z<0.15\$$. Solo hemos incluido galaxias con buenas medidas tanto fotométricas como espectroscópicas. Los gradientes de color han sido calculados a partir de las medidas promediadas del brillo superficial que el SDSS proporciona para anillos concéntricos en torno al núcleo galáctico. Las magnitudes obtenidas a partir de dichas medidas han sido corregidas con la corrección (K+e) global de cada galaxia. Encontramos que las galaxias tienden a presentar núcleos más rojos que sus partes externas independientemente de su morfología (ver Figura 1) y que los gradientes de color no dependen de las propiedades globales galácticas. Además, el número de galaxias con variaciones internas de color pronunciadas no pueden explicarse solo con la distribución de errores de la muestra.

La segunda parte de esta tesis estudia la presencia de galaxias masivas en un contexto jerárquico. En los modelos jerárquicos, la estructura subyacente de materia oscura crece de forma jerárquica, i.e., los halos mas masivos se forman los últimos. Sin embargo, esto no implica necesariamente que las galaxias más masivas se formen las últimas. Si la formación galáctica siguiese la de los halos de materia oscura, entonces supondría un problema reconciliar la presencia de galaxias masivas observadas a $z \geq 1$ con los modelos jerárquicos. Abordamos este problema comparando las predicciones de dos modelos semi-analíticos con observaciones de objetos extremadamente rojos, EROs, es decir, galaxias rojas y masivas observadas a $z \geq 1$. Un de los modelos utilizados invoca "supervientos'" para regular la formación estelar en halos masivos (Baugh et al. 2005) y el otro suprime el enfriamiento del gas en halos a través de la retroalimentación en "modo radio" de núcleos galácticos activos (AGN, Bower et al. 2006).

Tal como se puede apreciar en la Figura 2, el modelo con los "supervientos'" subestima la abundancia de EROs en al menos un orden de magnitud, mientras que el modelo con la retroalimentación por AGN se ajusta muy bien a las observaciones. Nuestro análisis indica pues, la necesidad de tener en cuenta la retroalimentación por AGN para poder entender la formación y evolución de las galaxias masivas.

Este último modelo predice que los EROs son mayoritariamente galaxias viejas, evolucionando pasivamente. Sin embargo, las observaciones favorecen un porcentaje igual de EROs viejos y jóvenes (galaxias con formación estelar inmersas en polvo). Al mismo tiempo, la distribución del desplazamiento al rojo predicha es mas extensa que la observada. La función de correlación a dos puntos predicha por el modelo invocando la retroalimentación por AGN para los EROs sigue una ley de potencias hasta separaciones pequeñas entre galaxias, sin embargo, la longitud de correlación predicha es menor que la observada. Estas comparaciones sugieren que el modelo con la retroalimentación por AGN suprime con demasiada eficacia la formación estelar en galaxias masivas.
Tambien hemos analizamos la correlación de aquellas galaxias a z=0 que tienen al menos un ERO entre sus progenitores. Encontramos que tanto la longitud de correlación como las propiedades globales (color, masa estelar, etc) son características de galaxias de tipo temprano. La fracción de galaxias tempranas a z=0 que han pasado por una fase previa de ERO depende enormemente de como se definan ambos tipos de galaxias. Sin embargo, si podemos afirmar que aproximadamente un 70% de las galaxias mas masivas a z=0 tienen como progenitor una galaxia roja y masiva, evolucionando pasivamente a z=1.5.
Por ultimo, hemos comparado las predicciones para galaxias a z ≥ 1 seleccionadas utilizando diversos cortes de color: EROs, seleccionados en base a su color (R-K) (Elston et al. 1988); DRGs, seleccionadas con (J-K) (Franx et al. 2003); y BzKs, galaxias seleccionadas según su situación en el diagrama color-color (B-z') vs. (z'-K) (Daddi et al. 2004). El solapamiento entre EROs, DRGs y los BzKs evolucionando pasivamente es muy alto, lo que sugiere que se trata de la misma población galáctica vista a distintos desplazamientos al rojo.

Los dos estudios desarrollados en esta tesis se complementan, puesto que ambos exploran propiedades observacionales que pueden ayudar a ampliar la comprensión de los procesos físicos que ocurren tanto en el límite de la resolución de los modelos actuales, como aquellos que determinan la evolución galáctica cuando el Universo tenia la mitad de su edad actual.

Referencias:

Baugh C.~M., 2006, Reports of Progress in Physics, 69, 3101
Baugh C.~M. et~al., 2005, MNRAS, 356, 1191
Bower R.~G. et~al., 2006, MNRAS, 370, 645
Cole S. et~al., 2000, MNRAS, 319, 168
Daddi E. et~al., 2004, APJ, 617, 746
Elston R., Rieke G.~H., Rieke M.~J., 1988, APJL, 331, L77
Franx M. et~al., 2003, APJL, 587, L79
Gonzalez-Perez V. et~al., 2009, MNRAS, 398, 497

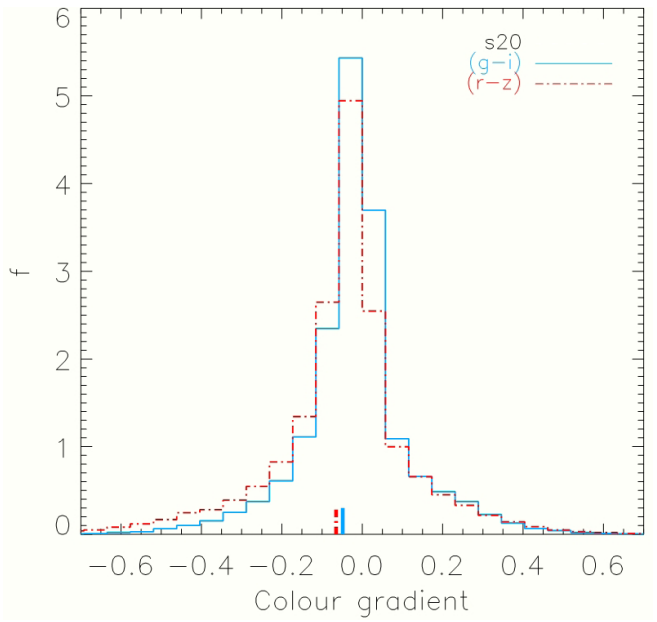


Figura 1: Distribución de los gradientes de color para (g-i) y(r-z). Los valores medianos están indicados con las líneas cortas en el mismo tono que las distribuciones. El área de los histogramas está normalizada.

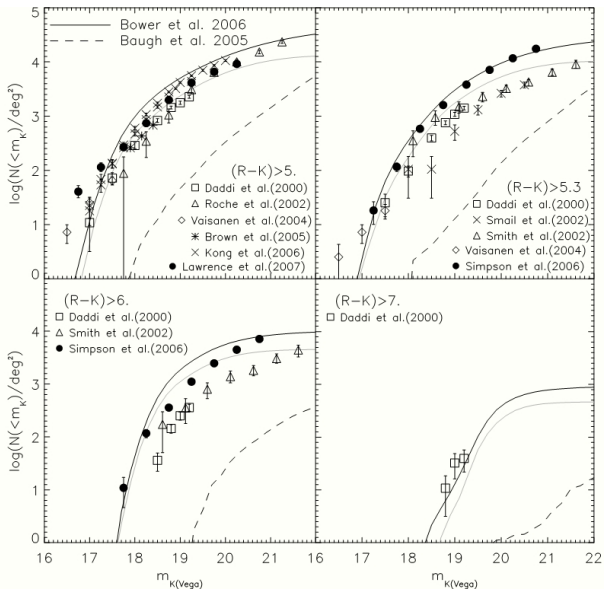


Figura 2: Número cumulativo de EROs definidos según su color (R-K): (R-K)>5 -- panel arriba a la izquierda, (R-K)>5.3 -- panel arriba a la derecha, (R-K)>6 -- panel abajo a la izquierda y (R-K)>7 en el panel abajo a la derecha. La línea sólida negra presenta la predicción de Bower et al. (2006), la línea discontínua la de Baugh et al. (2005). En gris aparece la predicción de Bower et al. (2006) sólo para EROs centrales en los halos de materia oscura. Los distintos símbolos presentan los resultados observacionales que se detallan en las distintas leyendas. Ver Gonzalez-Perez et al. (2009) para más información.

Cuásares emisores en radio con líneas de absorción anchas

Autor: Francisco Miguel Montenegro Montes
Tesis doctoral dirigida por: Ismael Pérez Fournón, Karl-Heinz Mack y José Ignacio González Serrano
Centro: Universidad de La Laguna
Fecha de lectura: 2 de octubre de 2009

Esta tesis trata del estudio de los cuásares con líneas de absorción anchas (Broad Absorption Line QSOs, BAL QSOs). Actualmente se desconoce la razón por la que muchos cuásares parecen presentan vientos que pueden ser detectados mediante estas líneas de absorción en una fracción importante de la población de cuásares (véase por ejemplo la figura). Las hipótesis más populares que se barajan para explicar la presencia de estos vientos difieren principalmente en el papel dado a la orientación de estos objetos. En este trabajo nos concentramos en encontrar pistas sobre la naturaleza de los BAL QSOs, mediante la observación con varios telescopios en longitudes de onda radio.

Presentamos observaciones multifrecuencia de una muestra de 15 BAL QSOs emisores en radio, que cubren un rango entre 74 MHz y 43 GHz. Estas fuentes poseen en la mayoría de los casos un espectro radio convexo cuyo pico se sitúa típicamente entre 1 y 5 GHz (en el sistema observado). Dicho espectro se suele aplanar a frecuencias bajas (MHz) probablemente debido a auto-absorción sincrotrón y cae de forma más empinada a alta frecuencia, aproximadamente a partir de $\nu \geq 20$ GHz. Nuestros mapas con VLA a 22 GHz (con resolución de unos 80 milisegundos de arco) muestran fuentes muy compactas o no resueltas con dimensiones (sin deproyectar) del orden de 1 kpc. Sobre dos tercios de los objetos de la muestra exhiben poca o ninguna polarización a 8.4 GHz, frecuencia a la cual se determinaron límites superiores razonables en la polarización lineal.

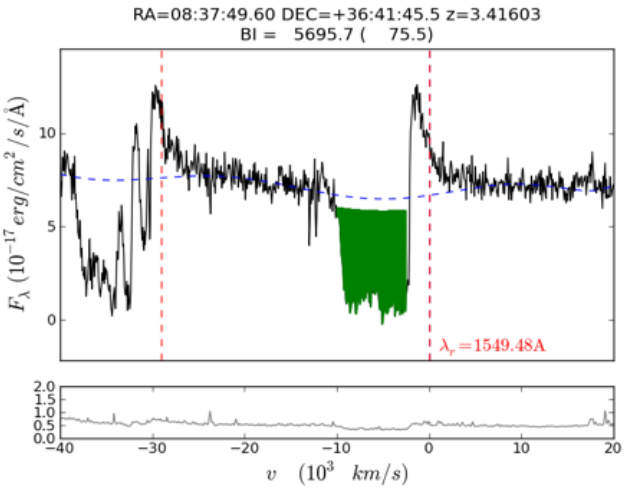
Se realizan comparaciones estadísticas entre la distribución de índices espectrales de muestras de BAL QSOs y no BAL QSOs, tanto en el sistema en reposo como en el observado, encontrando que los BAL QSOs tienen espectros más empinados. Sin embargo, restringiendo la comparación sólo a fuentes compactas no se encuentran diferencias significativas entre ambas distribuciones, lo que sugiere que no existe una orientación preferente para los BAL QSOs. Además, el análisis de la forma espectral, la variabilidad y la polarización de estos objetos muestra que los BAL QSOs radio-emisores comparten varias características con las radio fuentes jóvenes como son las fuentes CSS (Compact Steep Spectrum) o las fuentes GPS (GigaHertz Peaked Spectrum). También se realiza un análisis de datación espectral y se discuten las diferentes fuentes de error en la determinación de las edades espectrales. Con las restricciones observacionales actuales y asumiendo que tienen lugar condiciones de equipartición de la energía, se determinan edades radiativas de entre 1 y 50.000 años, lo que sugiere que las radio fuentes asociadas a BAL QSOs serían en realidad jóvenes.

Como los BAL QSOs presentan una morfología muy compacta en radio, presentamos observaciones con VLBA de 5 BAL QSOs, a una escala del milisegundo de arco y a frecuencias de 5 y 8.4 GHz. Discutimos la morfología de estos objetos a la escala del parsec y las comparamos con otras observaciones en la literatura. Encontramos una fracción relativamente alta de fuentes no resueltas y no polarizadas que presentan mayormente variabilidad moderada. También se encuentran algunas fuentes con posibles indicaciones de múltiples episodios de actividad radio. Ambos descubrimientos favorecen la hipótesis evolutiva para explicar el origen de los BAL QSOs.

Para terminar, presentamos un experimento en que se trata de detectar absorción de H I en uno de los radio BAL QSOs más interesantes de nuestra muestra. La consiguiente no detección nos permite estimar un límite superior para la cantidad de hidrógeno neutro en esta fuente.

Resumiendo, parece claro que el análisis de nuestra muestra conduce a varias evidencias en favor del modelo evolutivo para explicar el origen de los BAL QSOs. Además, dichos resultados son difíciles de explicar si es que estos objetos poseen un conjunto restringido de orientaciones: la forma convexa de su espectro radio a frecuencias de MHz, su gran compacidad a escalas del parsec, las bajas edades radiativas derivadas, la ausencia de una polarización significativa en la mayoría de los objetos estudiados y las indicaciones de actividad recurrente en radio que podrían estar asociadas a eventos de interacción, apuntan a que los radio BAL QSOs serían fuentes jóvenes, probablemente evolucionando hacia estadíos de cuásares normales.

Sin embargo, hay todavía algunas incógnitas por investigar. Por ejemplo, resulta interesante medir la presencia o no de grandes cantidades de polvo frío en estos BAL QSOs radio emisores. Hay estudios similares que se centran en BAL QSOs no emisores en radio, en los cuales las estadísticas no son aún muy grandes. Estos estudios parecen concluir que no se han encontrado diferencias en términos de contenido en polvo entre BAL y no BAL QSOs. Esto parece ser contradictorio con lo que se espera en un escenario evolutivo, y un tema interesante para explorar en el régimen radio-emisor. Actualmente estamos llevando a cabo observaciones en milimétricas y sub-milimétricas, que probablemente ayudarán a arrojar luz sobre este dilema.

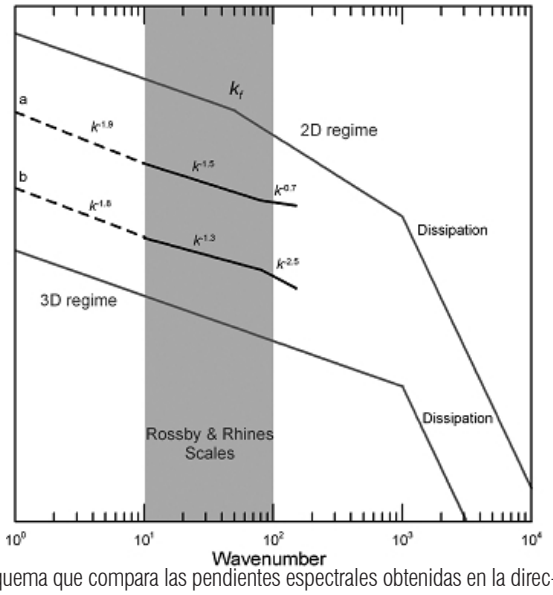


Espectro óptico del radio BAL QSO 0837+36, perteneciente a la muestra en estudio. Se muestra la ancha absorción hacia el lado azul de la línea de C IV y Si IV . La línea punteada azul muestra la estimación del continuo. La región verde muestra el área que contribuye al denominado Índice de Balnicidad (BI) cuyo valor se muestra en lo alto de la figura para la línea de C IV.

Turbulencia y Ondas en la Atmósfera de Júpiter

Autor: Naiara Barrado Izagirre
(naiara.barrado@ehu.es)
Tesis doctoral dirigida por: Agustín Sánchez Lavega y Santiago Pérez Hoyos
Centro: Universidad del País Vasco
Fecha de lectura: 25 de noviembre de 2009

El estudio de la meteorología y la dinámica de las atmósferas jovianas es fundamental para el avance en el conocimiento del origen y mantenimiento de su circulación general. La turbulencia y las ondas juegan un papel esencial en la transferencia de energía y momento entre diferentes lugares y escalas espaciales. En esta Tesis Doctoral nos hemos basado en el estudio de ambos fenómenos en la atmósfera de Júpiter por ello hemos utilizado imágenes de tres fuentes: Hubble Space Telescope (HST), Cassini ISS (Image Science Subsystem) e IOPW (International Outer Planet Watch) de diferentes épocas y en diferentes longitudes de onda (ultravioleta cercano, azul, banda de absorción del metano e infrarrojo cercano). Un total de 323 imágenes han sido analizadas y procesadas usando las técnicas descritas en Barrado-Izagirre et al. (Icarus, 194, 2008, 202, 2009 y A&A, 507, 2009). Para empezar, realizamos una búsqueda global de ondas y estructuras periódicas en la atmosfera del planeta en tres niveles atmosféricos. En un estudio mas exhaustivo hemos estudiado las ondas circumpolares que confinan las nieblas superiores que cubren los polos. Estas han sido observadas tanto en el filtro de absorción del metano (890nm) como en el ultravioleta (255nm) (Sanchez-Lavega et al., Geophys. Res. Lett., 25, 1998 y Vincent et al., Icarus, 143, 2000). Usando imágenes de diferentes épocas (desde 1993 hasta 2006) determinamos las principales propiedades de las ondas circumpolares y observamos que la mayor parte de las mismas se mantienen constantes en el tiempo, lo cual implica que son un fenómeno permanente en Júpiter. Finalmente, las interpretamos en términos de onda de Rossby planetaria delimitando los valores de los números de onda vertical y meridional. Dado que no somos capaces de medir el espectro de energía cinética con la resolución espacial requerida con las imágenes y técnicas disponibles, utilizamos la misma aproximación propuesta para la Tierra y Venus (Travis, Journal Atmos. Sci., 35, 1978) y mas tarde aplicada en Venus (Peralta et al., Icarus, 188, 2007) y en la radiación térmica de Júpiter (Harrington et al., Icarus, 124, 1996). Esta aproximación se basa en la hipótesis de una relación entre el espectro de potencia de la variación del brillo observada y el espectro de la energía cinética. En nuestro estudio meridional encontramos un buen acuerdo con los resultados obtenidos en trabajos previos, tanto teóricos como experimentales, cuando aplicamos la técnica a los perfiles de velocidad del planeta, ajustándose a una ley de potencias k^5 (Galperin et al., Phys. Fluids, 13, 2001, Geophys. Res. Lett., 31, 2004, Sukoriansky et al., Phys. Rev. Lett., \89, 2004), excepto en el ultravioleta, donde encontramos pendientes sustancialmente mas suaves de -2.5. Pero, lo que es más importante, encontramos las mismas pendientes cuando procedemos del mismo modo sobre los cortes de brillo promedio latitudinales, lo cual indica una buena correlación entre el perfil de vientos y la estructura bandeada del planeta. Además, refuerza la hipótesis de la aproximación del espectro de potencias del brillo al problema de la turbulencia. En el análisis zonal del brillo, tanto en el azul como en el infrarrojo cercano, obtenemos pendientes alrededor de -1.3 para las escalas grandes y de -2.5 para las escalas pequeñas con un numero de onda de transición de ~ 80 (que corresponde a una escala espacial de aproximadamente 1000 km). Estos resultados son coherentes con un régimen de turbulencia 2D (ver Figura 1). Sin embargo, en el ultravioleta, también observamos un comportamiento de dos pendientes con valores -1.5 y -0.7 cuya interpretación es mas complicada. En términos generales, los resultados de ambos análisis, zonal y meridional, muestran un muy buen acuerdo con resultados presentados previamente que describen un régimen turbulento bidimensional anisótropo para el caso de una esfera rápidamente rotante (Huang et al., Phys. Fluids, 13, 2001).Finalmente, hemos analizado el campo turbulento en la estela de una perturbación de escala planetaria ocurrida en 2007 en la Banda Templada Norte (NTB) del planeta. El estudio del espectro de potencia del brillo junto con la morfología muestran una transición de una región dominada por estructura de pequeña escala a la formación de detalles de mayor escala dando lugar a un cambio en las pendientes espectrales, sobretodo en la región anticiclónica del jet. En las observaciones de un año después de la perturbación detectamos un gran cambio en la velocidad del viento del jet hacia el Oeste situado en el flanco ecuatorial (anticiclónico) del jet de la NTB. Las simulaciones dinámicas sugieren que dicho cambio puede estar relacionado con la transferencia de energía durante la perturbación y la disipación de la onda de Rossby que reproduce la propagación de los parches turbulentos oscuros que aparecen en la estela de dicha perturbación. Concluyendo, en esta Tesis se ha usado la distribución espectral del brillo como aproximación al análisis de dos fenómenos dinámicos fundamentales en la atmosfera Júpiter: ondas y turbulencia, centrándonos básicamente en la caracterización de las ondas de Rossby planetarias y analizando el posible régimen turbulento subyacente a la meteorología Joviana.



Esquema que compara las pendientes espectrales obtenidas en la dirección zonal en este trabajo: (b) infrarrojo cercano y azul y (a) ultravioleta con lo predicho por las teorías clásicas de la turbulencia en los régimenes 2D y 3D. (Figura adaptada de Barrado-Izagirre el al, Icarus, 202, 2009).

Observación de la convección en estrellas de tipo solar

Autor: Héctor Vázquez Ramió
Tesis doctoral dirigida por: Teodoro Roca Cortés y Clara Régulo
Centro: Universidad de La Laguna; Instituto de Astrofísica de Canarias
Fecha de lectura: 26 de noviembre de 2009

La motivación de la tesis proviene del ámbito de la Heliosismología, disciplina que se encarga del estudio de los modos propios de oscilación solar. En el espectro de potencias de las series temporales de fluctuaciones de irradiancia y velocidad solar integradas sobre el disco se observan los conocidos modos acústicos (o modos p), cuyas frecuencias discretas permiten sondear las principales propiedades físicas del interior solar (lo que es aplicable también a otras estrellas de tipos espectrales cercanos). Además está presente otra señal que, en este caso, no es periódica, consistente en distribuciones de potencia en distintas regiones de frecuencia que se atribuyen a la evolución temporal de heterogeneidades en la superficie solar tales como el efecto de la convección así como la manifestación del magnetismo solar en la superficie. Esta señal, tanto solar como la análoga en otras estrellas, es el objeto de estudio de la tesis. En este contexto se han analizado series temporales de las fluctuaciones de la irradiancia solar integrada sobre el disco provenientes del experimento espacial VIRGO ajustando, empleando el modelo de Harvey, la señal periódica (oscilación fotosférica) y no periódica, causada por las heterogeneidades espaciales y temporales presentes en la fotosfera solar. Se ha hallado necesario incluir en el modelo una componente no periódica adicional con tiempos de vida media de unos 70s. Se ha desarrollado un modelo de simulaciones numéricas fenomenológicas de la irradiancia del disco solar que incluye granulación, supergranulación, manchas solares, rotación diferencial y oscurecimiento centro-borde; basado en observaciones de alta resolución espacial del Sol. Las simulaciones reproducen satisfactoriamente la señal solar que se incluye en el modelo. Esta herramienta se puede emplear para simular otras estrellas. Se han empleado las observaciones del STARE (para la detección de planetas por el método de tránsitos) de más de un mes y sobre un campo de 6^{o}x6^{o}. Se han clasificado las estrellas en función de su diferencia de color J-Ks del catálogo "Two Micron All Sky Survey" (2MASS) y seleccionando estrellas de Secuencia Principal de tipo espectral cercano al solar: 4 de tipo espectral A, 50 F, G y K, y 29 M; obteniendo los respectivos espectros de potencias promedio representativos de cada uno. En la región de frecuencias donde se espera señal de granulación se ha ajustado una función potencial del tipo $P(f) = Af^{\wedge}B$ que equivale a realizar un ajuste lineal en el plano log P vs log f. La pendiente |B| crece con lo tardío del tipo espectral (de F a M). También se han llevado a cabo observaciones con los telescopios OGS del OT e INT del ORM de un mismo campo para efectuar un estudio análogo. Los resultados de los ajustes indican la misma tendencia encontrada para el campo de STARE pero sólo de G a M. Se han comparado las pendientes B del espectro de potencias del Sol (de tipo espectral G2) en ciertas regiones del mismo y se han comparado con los resultados obtenidos para conjuntos de estrellas de tipo espectral G. En el caso de estas últimas, las pendientes medidas son menores, en valor absoluto, debido principalmente a la presencia de ruido procedente de la reducción fotométrica y al efecto adverso de la atmósfera terrestre (centelleo), además de las interrupciones que conforman la ventana observacional. Por otro lado, en base a una medida existente en la literatura de B sobre el espectro de potencias de alfa Cen A, estrella del mismo tipo espectral que el Sol, y a distintas realizaciones de la simulación fenomenológica, se ha estimado el tiempo de vida característico de la granulación en dicha estrella en 240s. Se han analizado observaciones recientes realizadas desde el espacio por la misión "Micro-variability and Oscillations of Stars" (MOST) de Procyon A, una estrella de tipo espectral F5. La serie temporal tiene un ruido suficientemente bajo como para realizar un estudio individualizado que ha permitido estimar, con la ayuda del modelo de simulaciones numéricas fenomenológicas desarrollado, que el tiempo de vida de la granulación en Procyon A es entre 120s y 240s. La amplitud raíz cuadrática media de la misma en el dominio temporal se ha estimado en 230ppm, unas diez veces mayor que la ajustada en el Sol. También se ha realizado un estudio preliminar de los datos del satélite espacial "Convection Rotation and planetary Transits" (CoRoT) que pertenecen al programa de búsqueda de planetas, donde se ha encontrado que en la zona del espectro donde en el Sol se localizan la supergranulación y las regiones activas, |B| crece del tipo espectral F al M. La presencia de la frecuencia orbital del satélite en los datos ha impedido llegar a conclusiones en la región en la que debiera de dominar la señal de granulación. La comprensión de la señal no periódica presente en estrellas de tipo espectral cercano al solar va a ser crucial a la hora de analizar la gran cantidad de datos que están suministrando misiones espaciales como CoRoT y Kepler, por ejemplo, para establecer límites para la detectabilidad de modos acústicos en otras estrellas; y su caracterización va a incidir sobre la teoría de evolución estelar y puede aportar claves que ayuden al refinamiento de modelos teóricos detallados de la convección en estrellas distintas al Sol.

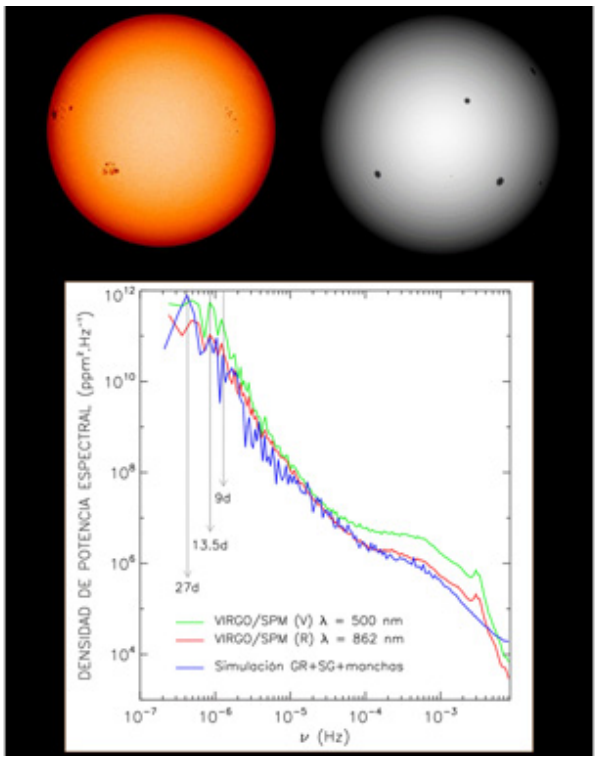


Figura: Arriba a la izquierda: imagen de la fotosfera solar tomada por MDI (SoHO). Arriba a la derecha: imagen instantánea de la fotosfera solar reconstruida a partir de una realización de las simulaciones numéricas, desarrolladas en la tesis, de la irradiancia solar. Abajo: comparación de los espectros de potencias de las fluctuaciones de la irradiancia solar integrada obtenidas a partir las simulaciones (en azul) y los obtenidos de observaciones de VIRGO desde el espacio.

Estudio experimental de la retención de volátiles por hielo de CO2: relevancia astrofísica

Autor:José Cantó Doménech
(jocando@fis.upv.es)
Tesis doctoral dirigida por: Carlos Millán Verdú
Centro: Universitat Politècnica de València
Fecha de lectura: 27 de noviembre de 2009

En esta tesis experimental se estudia la capacidad que posee el hielo de CO_2 de retener sustancias volátiles por encima de la temperatura efectiva de sublimación de éstas cuando se encuentran en estado puro. Para ello se han realizado distintos experimentos en el Laboratorio de Astrofísica Experimental, localizado en el campus de Alcoi de la Universitat Politècnica de València (UPV), donde el grupo "Caracterizaciones de Interés Astrofísico" del Centro de Investigación de Tecnologías Físicas de la UPV, lleva a cabo sus investigaciones.

Se ha elegido el hielo de CO_2 porque es una sustancia que presenta interés astrofísico al haber sido detectada tanto en el medio interestelar (ISM) como en el Sistema Solar (SS):

- En el ISM su existencia fue confirmada por los datos obtenidos con ISO (Infrared Space Observatory) que corroboró que, por una parte, el hielo de CO_2 está presente en la línea de observación de distintas estrellas, y por otra, que su abundancia es alta en comparación con otras moléculas (CO, CH_4, N_2…); siendo la segunda más abundante sólo superada por el hielo de H_2O que es la molécula dominante.

- En el SS su presencia ha sido confirmada a partir de los espectros de reflexión IR que muestran que el hielo de CO_2 existe sobre las superficies sólidas de varios cuerpos, como por ejemplo: en los núcleos cometarios; en planetas (como en la superficie de Marte donde es el hielo más abundante); satélites (como Tritón, Ariel, Umbriel, Titania, Europa, Calisto y Ganímedes); etc.

Para estudiar la capacidad de retención de volátiles por hielo de CO2, se han realizado experimentos de desorción térmica de hielos depositados en condiciones de alto vacío ($P \leq 10^{-7}$ mbar) y de baja temperatura (T ~ 10 K) con hielos de CO_2, CH_4 y N_2 puros, y con las siguientes mezclas binarias: CO_2:N_2 y CO_2:CH_4, depositadas en una proporción aproximada de 95:5. El objetivo de los experimentos con las sustancias puras era obtener la temperatura a la que sublima cada una de ellas en nuestras condiciones experimentales; mientras que en caso de mezclas, se intentaba comprobar si el CO_2 (componente mayoritario) era capaz de retener a las moléculas de CH_4 y N_2 (componente minoritario) por encima de su temperatura de sublimación (obtenida en los experimentos con sustancias puras).

Los resultados experimentales obtenidos en esta tesis han permitido obtener las siguientes conclusiones:

1. El hielo de CO_2 retiene eficazmente sustancias hipervolátiles como el N_2 y el CH_4 a temperaturas más altas que las temperaturas característica de sublimación de estas moléculas en estado puro (~24 K y ~40 K respectivamente).

2. Parte del N_2 y del CH_4 permanecen retenidos hasta la sublimación del CO_2, cuya temperatura de sublimación no está afectada por la presencia de estas moléculas (al menos en la proporción estudiada).

3. Cuando estos hipervolátiles quedan atrapados, desorben principalmente en tres intervalos de temperaturas en torno a 47, 70-75 y 90-110 K. La coincidencia de las temperaturas a las que se detecta la desorción del N_2 y del CH_4, nos indica que los distintos procesos de emisión de éstos están relacionados con la evolución de la estructura del hielo de CO_2 para las mezclas estudiadas. Efectivamente, se ha comprobado experimentalmente que estas temperaturas corresponden, respectivamente con el inicio de la cristalización, la compactación final y la sublimación del hielo de CO_2.

4. Los mecanismos de retención puede ayudar a explicar la presencia de ciertos compuestos hipervolátiles (como el N_2, CO) en situaciones donde "a priori" no deberían existir. Por ejemplo, se han detectado hipervolátiles en el caso de impactos sobre superficies cometarias, cuando las condiciones de temperatura pre-impacto eran tales que éstos deberían de haber sublimado, ya que la temperatura superaba la temperatura de sublimación característica de estos hipervolátiles en estado puro.

5. A la luz de estos resultados, y en cuanto a su aplicabilidad astrofísica, en esta tesis se han estudiado la composición de los hielos en situaciones tipo catastrophic disruptions de cuerpos celestes como cometas u objetos transneptunianos. Más concretamente a partir de los resultados de la misión Deep Impact de la NASA, se han propuesto dos distribuciones distintas para el hielo existente en las capas externas del cometa 9P/Tempel 1.

6. El hecho de que se conserven moléculas volátiles atrapadas en la estructura del hielo de CO_2, debe ser considerada a la hora de realizar los modelos de evolución química ya que, no se debería tomar la temperatura de sublimación en estado puro como el valor crítico para decidir si estos hipervolátiles están o no presentes en cierto ambiente, sino que se debería de tener en cuenta que la retención del hielo de CO_2 puede retrasar la temperatura a la que estas sustancias están presentes en el ambiente en cuestión.

Damping of Magnetohydrodynamic Waves in Solar Prominence Fine Structures

Autor: Roberto Soler Juan
Tesis doctoral dirigida por: Ramón Oliver & Jose Luis Ballester
Centro: Universitat de les Illes Balears
Fecha de lectura: 27 de mayo de 2010

En esta Tesis se estudia la eficiencia de varios mecanismos físicos para la atenuación de ondas magnetohidrodinámicas (MHD) en estructuras finas de protuberancias y filamentos solares (threads). Este estudio está motivado por la frecuente detección, mediante observaciones de alta resolución, de oscilaciones transversales de pequeña amplitud y ondas propagándose en threads. Una característica típica de estas observaciones es que las oscilaciones están fuertemente atenuadas. La teoría de ondas MHD en tubos de flujo magnético proporciona una explicación consistente para estas oscilaciones. No obstante, no se conoce el mecanismo responsable de la atenuación. Por lo tanto, es necesario un estudio comparativo entre la eficiencia de diferentes mecanismos de atenuación de ondas MHD en threads de protuberancias para así determinar el efecto dominante.

Abordamos este estudio desde un punto de vista teórico. Nuestro modelo de thread está compuesto por un tubo cilíndrico de flujo magnético con plasma de protuberancia e inmerso en un ambiente coronal. Aplicamos a nuestro modelo las ecuaciones básicas de la MHD, en las cuales tenemos en cuenta la presencia de términos no ideales que pueden ser relevantes para la atenuación de ondas en protuberancias. Además, consideramos la presencia de flujos de material y el efecto de la no uniformidad del plasma en la dirección perpendicular a las lineas de campo magnético.

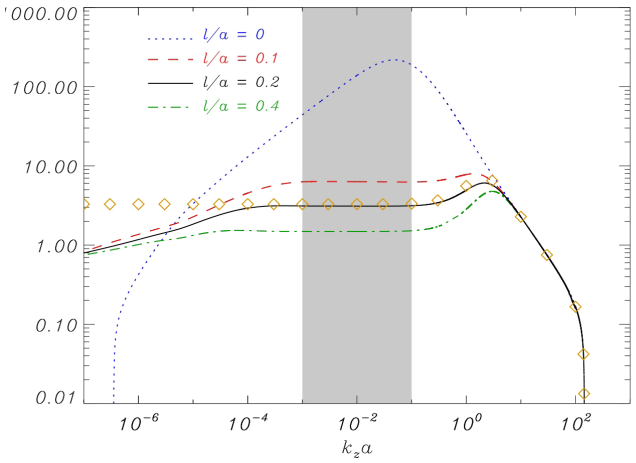
Nuestro método combina tratamientos analíticos junto con cálculos numéricos. Las ecuaciones básicas de la MHD se linealizan respecto al estado de equilibrio, sobre el cual se asumen pequeñas perturbaciones. Se estudia la frecuencia y las perturbaciones asociadas a los diferentes modos MHD. Consideramos tanto oscilaciones individuales de threads como oscilaciones colectivas de grupos de threads. Cuando es posible, realizamos aproximaciones razonables y seguimos un procedimiento analítico o semi-analítico que nos permite obtener expresiones para el periodo y el tiempo de atenuación de los distintos modos. En el caso general, resolvemos el problema de autovalores y autovectores de manera numérica. Ambos resultados, analíticos y numéricos, se comparan para determinar la veracidad de las aproximaciones.

De entre los modos oscilatorios MHD estudiados, concluimos que las oscilaciones transversales de threads corresponden a modos kink, los cuales son los únicos capaces de desplazar transversalmente el eje del thread y, por lo tanto, producir perturbaciones transversales similares a las observadas. Los modos kink tienen propiedades mixtas, magneto-acústicas y Alfvénicas. Por otra parte, relacionamos las oscilaciones longitudinales con modos lentos magneto-acústicos, es decir, ondas acústicas modificadas por la presencia del campo magnético.

Los mecanismos de atenuación considerados es este trabajo son: pérdidas energéticas por radiación, conducción térmica, colisiones entre iones y átomos neutros del plasma, difusión magnética, efecto Hall y el proceso conocido como absorción resonante. Nuestros resultados indican que el mecanismo dominante para la atenuación de oscilaciones transversales de threads (modos kink) es la absorción o acoplamiento resonante con modos de Alfvén. Hemos determinado que el proceso de absorción resonante no se ve afectado por el grado de ionización del plasma. Los tiempos de atenuación obtenidos son compatibles con los observados. En el caso de modos lentos magneto-acústicos, se puede obtener una atenuación eficiente al combinar las pérdidas por radiación y las colisiones entre iones y neutros. No obstante, existe una longitud de onda crítica para la propagación de modos lentos magneto-acústicos en función del grado de ionización del plasma. Para valores realistas de los parámetros físicos implicados, la longitud de onda crítica es del mismo orden de magnitud que las longitudes de onda observadas en oscilaciones de threads, resultado que podría explicar la ausencia de detecciones de modos longitudinales. Estas conclusiones se aplican tanto a oscilaciones individuales de threads como a oscilaciones colectivas de grupos de threads.

Finalmente, se ha estudiado la influencia de flujos de material sobre las oscilaciones. Con respecto a la atenuación, hemos obtenido que la presencia de flujos no influye sobre los tiempos de atenuación de los distintos modos. En cambio, el periodo de las oscilaciones de ve modificado, especialmente en el caso de los modos lentos magneto-acústicos. Para flujos cuyas velocidades exceden la velocidad local del sonido, los modos lentos magneto-acústicos sólo pueden propagarse en el mismo sentido del flujo. Por otra parte, la presencia de flujos en grupos de threads tiene un efecto de desacoplamiento sobre las oscilaciones colectivas, convirtiéndolas esencialmente en oscilaciones individuales.

Los resultados obtenidos en esta Tesis se han publicado en 11 artículos de investigación en revistas internacionales con alto índice de impacto (The Astrophysical Journal, Astronomy & Astrophysics, Solar Physics).



Atenuación del modo kink debida a absorción resonante en un thread de protuberancia parcialmente ionizado. Se representa el tiempo de atenuación, □D, partido por el periodo, P, en función del número de onda longitudinal, kz, adimensionalizado con respecto al radio del thread, a. Las diferentes líneas corresponden a los resultados numéricos para diferentes valores de la escala de longitud de la no uniformidad transversal, l/a (indicado en la figura). Los símbolos representan la aproximación analítica para l/a = 0.2. La zona sombreada corresponde al rango típico de longitudes de onda de oscilaciones en

Anochecer en el Observatorio de Sierra Nevada. Autor: Alejandro Ramón Ballesta.

Sociedad Española de Astronomía

Universidad de Barcelona,
Facultad de Física
Av. Martí Franquès, 1
Barcelona 08028

Tfno: +34 91 394 5249
Fax: +34 91 394 5051