



IAC

noticias

XVI CANARY ISLANDS WINTER SCHOOL OF ASTROPHYSICS

Puerto de la Cruz, Tenerife

22/XI-3/XII / 2004

"Planetas extrasolares"

ESPECIAL 2004

ESCUELA DE INVIERNO

TIMOTHY M. BROWN

LAURANCE R. DOYLE

JAMES F. KASTING

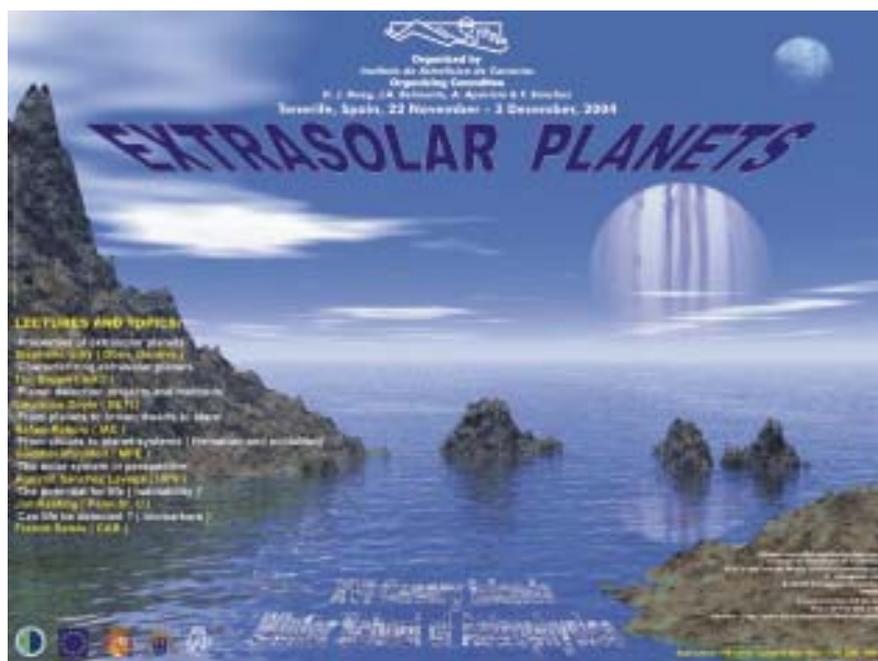
RAFAEL REBOLO

*AGUSTÍN SÁNCHEZ
LAVEGA*

FRANCK SELSIS

STEPHANE UDRY

GÜNTHER WUCHTERL



Cartel anunciador de la XVI Canary Islands Winter School of Astrophysics.
Diseño: Ramón Castro (SMM/IAC). Imagen de fondo: John Whatmough.

El IAC ha organizado la XVI Canary Islands Winter School of Astrophysics, del 22 de noviembre al 3 de diciembre, en el Centro de Congresos del Puerto de la Cruz (Tenerife), con financiación del Ministerio de Educación y Ciencia y del Gobierno de Canarias, así como con la colaboración del Cabildo de Tenerife y del Ayuntamiento del Puerto de la Cruz. En esta edición de la Escuela de Invierno, los cursos son impartidos por ocho profesores expertos en distintos aspectos relacionados con los planetas extrasolares. Participan 65 alumnos de 24 países que actualmente preparan su tesis doctoral, o la han terminado recientemente, sobre un tema relacionado con el de la Escuela. Los cursos se completan con las visitas al Instituto de Astrofísica, en La Laguna, y al Observatorio del Teide, ambos en Tenerife.

IAC

Consulta
nuestra
página web

<http://www.iac.es/gabinete/iacnoticias/digital.htm>

SUMARIO

**XVI CANARY
ISLANDS
WINTER SCHOOL
OF ASTROPHYSICS
"Planetas Extrasolares"**

COMITÉ ORGANIZADOR:
Hans Deeg
Juan Antonio Belmonte
Antonio Aparicio
Francisco Sánchez

SECRETARÍA:
Lourdes González
Nieves Villoslada

pág. 3

Presentación
FRANCISCO SÁNCHEZ (IAC)

págs. 4 y 7

**Escuela de Invierno sobre Planetas
Extrasolares**
HANS DEEG (IAC)
JUAN ANTONIO BELMONTE (IAC)

págs. 8 y 9

"Caracterización de planetas extrasolares"
De mudanzas
TIMOTHY M. BROWN
(High Altitude Observatory, NCAR. Boulder,
Colorado, EEUU)

págs. 10 y 11

"Proyectos y métodos para la detección de
planetas"
LAURANCE R. DOYLE
El tejado de vidrio
(SETI Institute. California, EEUU)

págs. 12 y 13

"El potencial para la vida (Habitabilidad)"
Otros mundos, otras vidas
JAMES F. KASTING
(Penn State University. Pensilvania, EEUU)

pages 14 y 15

"De planetas a enanas marrones y a
estrellas"
Sentido y sensibilidad
RAFAEL REBOLO
(CSIC/IAC. España)

págs. 16 y 17

"El Sistema Solar en perspectiva"
Uno en la multitud
AGUSTÍN SÁNCHEZ LAVEGA
(Universidad del País Vasco. España)

págs. 18 y 19

"Puede detectarse la vida?"
Una historia de naufragos
FRANCK SELSIS
(Centre de Recherche Astronomique de
Lyon. Francia)

págs. 20 y 21

"Propiedades de los planetas extrasolares"
Los cazaplanetas
STEPHANE UDRY
(Observatoire de Genève. Suiza)

págs. 22 y 23

"De nubes a sistemas planetarios"
Un sueño en otro
GÜNTHER WUCHTERL
(Astrophysikalisches Institut. Jena,
Alemania)

págs. 24 y 25

MARKETING DE PLANETAS
págs. 26 y 27

EL SUR TAMBIÉN EXISTE
págs. 28 y 29
DETERMINISMO HISTÓRICO
págs 30 y 31
AMENAZAS CÓSMICAS

págs. 32 y 33

Profesores de las "Canary Islands Winter
School of Astrophysics"
Actos paralelos
Ediciones

págs. 34 y 35

Instantáneas



INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS

Director: Francisco Sánchez
Jefe del Gabinete de Dirección: Luis A.
Martínez Sáez
Jefa de Ediciones: Carmen del Puerto
Redacción, confección y edición: Carmen
del Puerto e Iván Jiménez
Traducción del inglés: Iván Jiménez y Karin
Ranero
Asesor científico: Luis Cuesta
Directorio y distribución: Ana M. Quevedo
Diseño original: Gotzon Cañada
Edición digital: M.C. Anguita e Inés Bonet
Fotografías de grupo: Luis Cuesta
Tratamiento digital de imágenes: Gotzon
Cañada
Depósito Legal: TF-335/87
ISSN: 0213/893X

PRESENTACIÓN

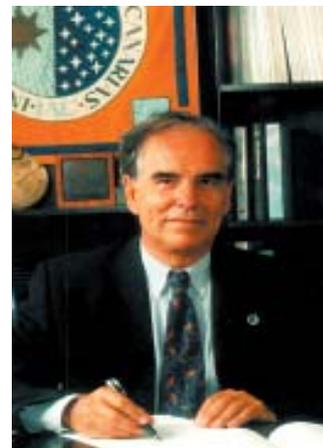
Prof. FRANCISCO SÁNCHEZ
(Director del IAC)

Los humanos hemos soñado desde la más remota antigüedad con otros mundos. Ya Epicuro imaginó hace 2.000 años, en sus cartas a Heródoto, la existencia de otros mundos. Hoy, el número de planetas extrasolares detectados supera la centena. Y puede que la mayoría de las estrellas visibles en el cielo tengan planetas a su alrededor. El IAC tiene experiencia en este campo y está trabajando en varios proyectos de investigación sobre el tema. Estamos ante una nueva era en la detección y estudio de exoplanetas. Este verano, por ejemplo, se anunció el descubrimiento desde el Observatorio del Teide, mediante la técnica de tránsitos, de un planeta en órbita alrededor de una estrella brillante. Y, por su parte, el «Gran Telescopio CANARIAS» (GTC), entre sus objetivos científicos, también buscará sistemas planetarios en estrellas de nuestros alrededores. Por todo ello, la *Canary Islands Winter School of Astrophysics* se ha dedicado en esta presente edición –la XVI, por cierto– a la apasionante cuestión de los planetas fuera de nuestro sistema solar.

Si bien el IAC ha organizado varias reuniones científicas internacionales sobre planetas y enanas marrones, en esta ocasión ocho expertos en investigación planetaria han sido invitados para sistematizar lo conocido e interactuar con jóvenes científicos de todo el mundo interesados en el campo. Estos investigadores están llamados a participar activamente en la emocionante búsqueda de otros mundos habitables.

Como en años anteriores, el IAC también quiere que la relación con sus participantes no termine al finalizar esta edición. Por este motivo, os animamos a continuar en contacto con nosotros a través del correo electrónico agg@ll.iac.es. Además siempre podréis encontrar información actualizada en nuestra página web: <http://www.iac.es>.

Por último, quiero agradecer la participación de profesores y alumnos, así como de las entidades que con su ayuda y patrocinio han contribuido a hacer realidad esta nueva «Escuela de Invierno de Canarias».



Francisco Sánchez

AGRADECIMIENTOS A:

- Ministerio de Educación y Ciencia
- Gobierno de Canarias
- Cabildo Insular de Tenerife
- Ayuntamiento del Puerto de la Cruz

¿Qué encontrarás en este Especial?

En este número especial de *IAC Noticias* dedicado a la XVI Escuela de Invierno se publica, como en ediciones anteriores, el resultado de entrevistas específicas realizadas con los profesores invitados (páginas 8-23), así como las respuestas agrupadas de todos ellos a una serie de preguntas comunes que sobre diferentes temas se les ha formulado (páginas 24-31). Se incluye, además, información adicional sobre esta Escuela y las precedentes.

ALGUNOS DATOS:

Nº Profesores: 8
Nº Alumnos: 65
Nº Países: 24
Nº Solicitudes: 108

Escuela de Invierno sobre planetas extrasolares

HANS DEEG Y JUAN ANTONIO BELMONTE
(Organizers of the XVI Canary Islands Winter School of Astrophysics)



Hans Deeg

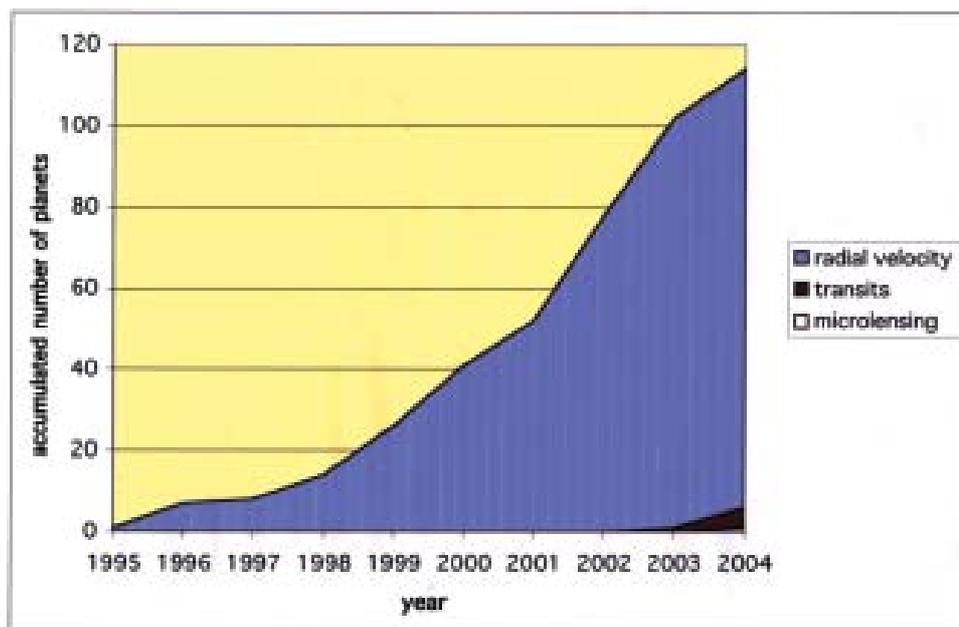
La contemplación de la existencia y las características de «otros mundos» tiene una larga historia, dando lugar a una amplia gama de obras filosóficas, literarias y artísticas. Pero hasta 1995 no pudimos dar base científica a estos pensamientos, gracias a la detección del primer planeta extrasolar por Michel Mayor y sus colaboradores en el Observatorio de Ginebra. Desde entonces, el campo de planetas extrasolares (exoplanetas) se ha desarrollado enormemente y ha aportado algunos de los resultados más emocionantes de la astronomía.

Actualmente, la investigación de exoplanetas ha llegado a ser parte de la astronomía actual. La importancia creciente de este campo se puede ver por el número de publicaciones. Actualmente, alrededor del 2% de las publicaciones en astronomía tratan sobre planetas extrasolares, y el número crece. Asimismo, el número de proyectos en búsqueda de planetas extrasolares ha aumentado

de 5 en 1995 a más de 70 actualmente. De ahí que la formación en la investigación exoplanetaria pueda ser considerada muy valiosa para los jóvenes investigadores. Dada la novedad del tema, todavía se están creando nuevos grupos de investigación, dando excelentes oportunidades para la participación de personal cualificado.

La ciencia exoplanetaria apenas se ha incluido en los planes de estudio universitarios de astronomía/astrofísica debido a su rápido desarrollo y su reciente creación en 1995. Actualmente sigue habiendo pocos profesores familiarizados con el tema. La excepción son aquellos departamentos en los que se lleva a cabo investigación activa de exoplanetas, y donde se enseña en cursos avanzados optativos. Coincidiendo con la falta de difusión del plan de estudios se encuentra la falta de material adecuado para cursos universitarios. Esta Escuela de Invierno tiene la intención de remediar estos dos defectos,

"EL CAMPO DE PLANETAS EXTRASOLARES (EXOPLANETAS) SE HA DESARROLLADO ENORMEMENTE Y HA APORTADO ALGUNOS DE LOS RESULTADOS MÁS EMOCIONANTES DE LA ASTRONOMÍA."



Número total de planetas extrasolares descubiertos desde 1995 mediante las tres técnicas: velocidad radial, tránsitos y microlentes gravitatorias.

formando a los participantes (que pronto podrían ser profesores) y creando un material didáctico en el que cada uno de los ponentes de la Escuela aportaría un capítulo. Esperamos que este libro sea de utilidad para cursos avanzados de Segundo y Tercer ciclo. Por lo tanto, esta Escuela no sólo proporcionará una herramienta útil para los participantes, sino que también contribuirá a la formación de investigadores de toda la comunidad académica.

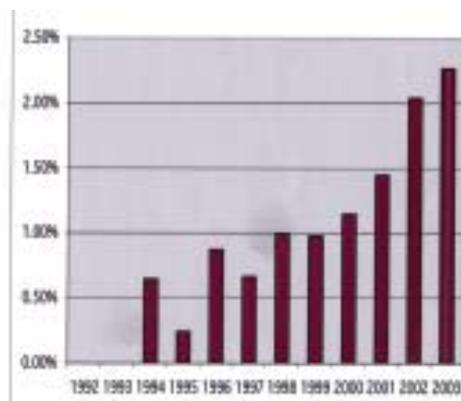
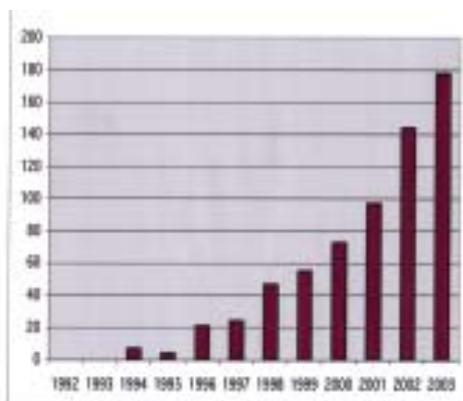
Actualmente se conocen más de 130 exoplanetas y 13 sistemas planetarios, en los cuales dos o más planetas orbitan a la misma estrella. El trabajo científico sobre planetas extrasolares empieza con su detección. Este avance se debe a mejoras en el método de detección principal, basado en medidas de velocidad radial, y de otros métodos en los éxitos más recientes. La **caracterización** de la mayoría de los exoplanetas sigue limitada a parámetros físicos básicos como el período y la distancia de la estrella central; a partir de estos parámetros, podemos estimar otros como la masa del planeta y su temperatura atmosférica. Sobre muy pocos planetas extrasolares se conocen más datos que éstos; por ejemplo, los primeros ingredientes de una atmósfera se detectaron recientemente para uno de ellos. A partir de estas caracterizaciones más detalladas, futuros proyectos de observación tendrán un mayor impacto. La utilización de una mayor variedad de métodos de detección (como el método de tránsitos, astrometría de precisión e

interferometría) aportará un conocimiento más profundo de estos planetas en los años venideros. Además, el lanzamiento de las primeras misiones espaciales dedicadas a exoplanetas, que empezarán en el 2006, llevarán a un aumento en el espacio paramétrico de planetas detectables, siendo la detección de pequeños planetas terrestres el avance más esperado. Una de las metas más ambiciosas es la detección de biomarcadores en los exoplanetas. Aunque es muy difícil, este objetivo ya se está contemplando en el diseño de las misiones espaciales más avanzadas, que serán lanzadas en unos 15-20 años.

El gran interés en los planetas extrasolares por parte del público en general y la posibilidad de futuros descubrimientos importantes (sobre todo, planetas terrestres posiblemente habitables) han convencido a las principales espaciales para que dediquen misiones que detectarán y caracterizarán exoplanetas. Por lo tanto, en la próxima década tendrán lugar una serie de lanzamientos. Primero será **COROT**, desarrollado por la agencia espacial francesa CNES con varios asociados europeos - Alemania, Austria, España y la ESA - y Brasil. Después de su lanzamiento en el 2006, **COROT** será el primer experimento centrado en la búsqueda de planetas terrestres masivos. A esta misión le seguirá **Kepler** (NASA, 2007/8) y posiblemente **Eddington** (ESA), que serán las primeras misiones para buscar planetas de tipo terrestre. El proyecto más ambicioso es **Darwin**



Juan Antonio Belmonte

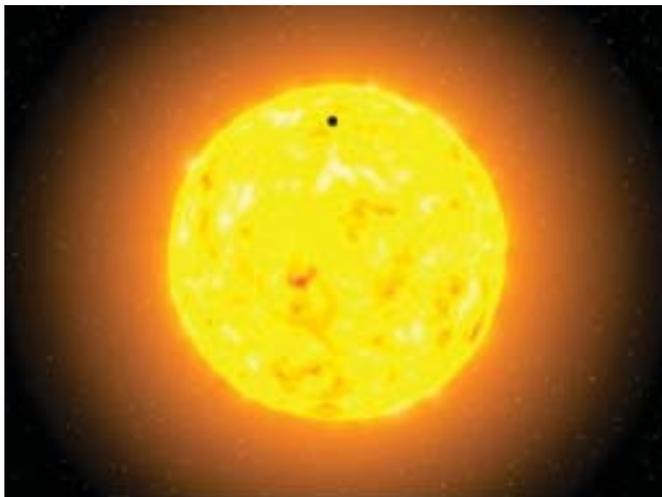


Publicaciones sobre exoplanetas. A la izquierda, número por año de artículos aceptados sobre planetas. A la derecha, porcentaje de esos artículos frente al total.

"EL GRAN INTERÉS EN LOS PLANETAS EXTRASOLARES POR PARTE DEL PÚBLICO EN GENERAL Y LA POSIBILIDAD DE FUTUROS DESCUBRIMIENTOS IMPORTANTES (SOBRE TODO, PLANETAS TERRESTRES POSIBLEMENTE HABITABLES) HAN CONVENCIDO A LAS PRINCIPALES ESPACIALES PARA QUE DEDIQUEN MISIONES QUE DETECTARÁN Y CARACTERIZARÁN EXOPLANETAS."

TPF, que será lanzado en el 2020 fruto de una colaboración entre la NASA y la ESA. Esta misión se dedicará a la detección de planetas tipo la Tierra alrededor de estrellas cercanas mediante coronagrafía e interferometría. Entonces llevará a cabo un análisis detallado de sus atmósferas, con el objetivo principal de encontrar biomarcadores. Hay otras misiones (como **GAIA**, **SIRTF**, **DIVA**, **NGST** o el mismo **HST**) que también se dedican al estudio de exoplanetas, aunque no sea su objetivo principal. De manera similar, los requerimientos científicos para la detección de exoplanetas tienen un impacto significativo en el desarrollo de instrumentos para telescopios terrestres de grandes dimensiones como el VLT, el Keck, o el GTC, que actualmente se está concluyendo en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en La Palma.

Debido a que el primer exoplaneta se ha encontrado recientemente, alguien del público general podría esperar que sólo unos instrumentos especiales y telescopios grandes puedan aportar resultados fundamentales en este campo. Sin embargo, los telescopios pequeños también juegan un papel importante. Su importancia se basa en los estudios posibles para planetas detectados alrededor de estrellas brillantes por el método de tránsito. Se han encontrado dos planetas con este método (HD20958b, en 1999, y TrES-1, en el 2004) con el telescopio STARE de 10 cm (en funcionamiento en el Observa-



Simulación del tránsito de un planeta por delante de su estrella.
Autor: Gabriel Pérez (IAC/SMM).

torio del Teide desde el 2001). Gracias a lo que se ha aprendido de estos planetas por sus tránsitos, y gracias a su presencia alrededor de estrellas relativamente brillantes, estos dos planetas son los más estudiados hasta el momento. Actualmente, se están construyendo o están en funcionamiento una gran variedad de telescopios pequeños para este tipo de detecciones. Los observatorios del IAC se han convertido en un centro importante para esta actividad gracias a los proyectos STARE, SuperWASP y PASS.

ESTRUCTURA DE LA ESCUELA

Apesar de que la ciencia exoplanetaria se lleva a cabo por medio de la observación, las interpretaciones teóricas han sufrido un gran refinamiento desde los primeros descubrimientos de planetas. Estas teorías son fundamentales para nuestro entendimiento sobre estos objetos. Son necesarias para formular las preguntas que podrán ser resueltas por la próxima generación de proyectos de observación, y aportarán ideas para su diseño. Por lo tanto, los observadores deben tener un entendimiento teórico para poder definir proyectos de observación capaces de avanzar la teoría.

El plan de estudios de esta Escuela de Invierno tiene el fin de tratar esta dualidad entre observación y teoría. Sus contenidos principales serán una parte de observación, abordando los métodos de detección de planetas y describiendo nuestro actual estado de conocimiento basado en observaciones. Les sigue una parte teórica, que trata de la formación y evolución de planetas, y una sección dedicada a la habitabilidad y los biomarcadores. Estas secciones se explican más detalladamente a continuación:

- Detección y caracterización: Un repaso de varios métodos de detección. Una descripción de sus principios, su potencial y sus límites en cuanto al tipo de planetas detectables, potenciales estrellas centrales y su capacidad para detectar sistemas planetarios o lunas planetarias. Además, los parámetros que pueden derivar de las observaciones, su rango y precisión también serán aborda-

dos, y una visión general de experimentos actuales y futuros así como desarrollos esperados.

- Lo que se sabe sobre exoplanetas:

Un repaso de los datos obtenidos con el análisis de las observaciones. Trata de los parámetros físicos de los planetas y su distribución, atmósferas y sistemas planetarios. El ambiente estelar de los planetas: cómo los parámetros de las estrellas madre están relacionados con los de sus planetas (tipo espectral, luminosidad, metalicidad, edad, binaridad y su ubicación dentro de nuestra galaxia).

- Formación y evolución de planetas:

Requisitos astrofísicos para la detección de planetas. ¿Cómo llegaron los planetas a su estado actual? Una vista general a las teorías de formación planetaria, que abarca los planetas gigantes y terrestres y sus lunas. Una comparación entre los sistemas conocidos de exoplanetas (todos de planetas gigantes hasta el momento) y el Sistema Solar y sus respectivas historias de formación.

- Habitabilidad y biomarcadores:

Definición y requisitos para habitabilidad, teniendo en cuenta los tamaños, temperaturas, atmósferas, tipos de estrellas centrales, binaridad, estructura interna, etc. de sus planetas y lunas. La 'zona habitable', en el sentido estelar y galáctico. Una comparación con la habitabilidad de los planetas del Sistema Solar. Los efectos de la actividad biológica en las atmósferas planetarias y las condiciones en las superficies dando lugar a marcas detectables por medios astronómicos.

También se aborda la detectabilidad y originalidad de dichos biomarcadores, incluyendo los futuros proyectos para su detección, como **Darwin** y **TPF**. Nos gustaría remarcar que esta sección no incluirá una introducción a la astrobiología—lo que requeriría una escuela propia— sino que simplemente repasará los planetas con posible actividad biológica y señales observables astronómicamente.

A partir de la Escuela de Invierno anticipamos la creación de redes de investigación a largo plazo que beneficiarán a los participantes y a los organizadores. En concreto, esperamos que esta Escuela de lugar a nuevas ideas para nuevos proyectos de investigación que aprovechen al máximo las instalaciones de los observatorios de las Islas Canarias y que, más adelante, lleven a la instalación de nuevos instrumentos en ellas. Tal creación de proyectos de investigación interesantes, y como consecuencia, puestos para investigadores jóvenes constituirán mejoras para la comunidad científica y un aumento en la capacidad de atracción de la ciencia, como una carrera para las mentes brillantes.

Una vez que se hayan descubierto los primeros planetas parecidos a la Tierra, esperamos que este campo se convierta en un punto de unión entre astrónomos, paleontólogos y biólogos. El tema de los planetas extrasolares experimentará un emocionante desarrollo, del que ya estamos siendo testigos.

"LOS OBSERVADORES DEBEN TENER UN ENTENDIMIENTO TEÓRICO PARA PODER DEFINIR PROYECTOS DE OBSERVACIÓN CAPACES DE AVANZAR LA TEORÍA."



Telescopio STARE, instalado en el Observatorio del Teide (Tenerife), con el que se ha descubierto recientemente, mediante la técnica de tránsitos, el planeta extrasolar TrES-1, en órbita alrededor de una estrella brillante.

Prof. Timothy M. Brown

High Altitude Observatory, NCAR (Boulder, Colorado)
EEUU

DE MUDANZAS

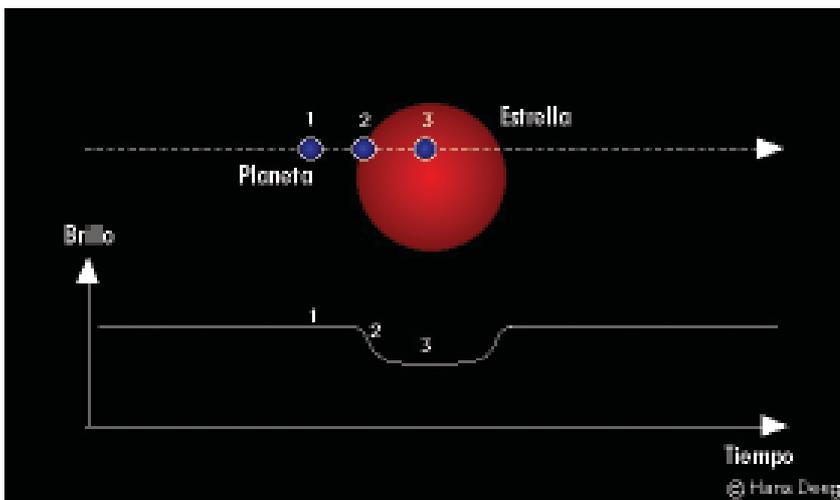


Tim Brown

En la vida cotidiana, casi todo lo que sabemos del prójimo es de segunda mano. En Astronomía pasa algo parecido a la hora de encontrar planetas orbitando alrededor de estrellas lejanas: hay que olvidarse del planeta y centrarse en la estrella. Gracias a este método, los astrónomos no paran de hacer mudanzas y cada día apuntan a una nueva dirección planetaria. Por ahora, en la arquitectura espacial sólo se han descubierto lugares totalmente inertes como gigantes gaseosos y esclavos gravitacionales consumidos por el gobierno de sus soles. Los investigadores saben que para encontrar nuevos mundos hay que utilizar otro enfoque. Y, como constantemente olvidan las gafas y pasan el día yendo de la cocina al cuarto de baño, han pensado que mejor tener otro par de anteojos. El programa TrES, una red de pequeños telescopios, relativamente económicos y graduados especialmente para ver planetas que orbitan alrededor de estrellas, ha demostrado el éxito de este planteamiento. Una vez descubierto el planeta sólo queda acercarse al oído, y como en una caracola, escuchar el murmullo de la vida que se desconoce. En el Universo, y en la selva, si pisas la piedra adecuada, con suerte puedes despertar a algún anfibio.

¿Cuál será la clave tecnológica que contribuirá al conocimiento de los

planetas extrasolares en las dos siguientes décadas?



Curva de luz observada en una estrella brillante por el tránsito de uno de sus planetas. Se aprecia una reducción en el brillo observado.

«Las tecnologías más importantes para la ciencia de planetas extrasolares en la década próxima serán aquellas relacionadas con las observaciones espaciales -fotometría, astrometría, y espectroscopía infrarroja. También serán importantes las continuas mejoras en la medición de la velocidad radial pero, como ya han tenido éxito, puede que el progreso no sea tan notorio como en otras tecnologías.»

¿Usted espera que instrumentos pequeños, como el STARE, instalado en el Observatorio del Teide, continúen haciendo contribuciones importantes a nuestro conocimiento en exoplanetas?

«Hasta cierto punto, el STARE e instrumentos similares continuarán haciendo contribuciones importantes a la ciencia de exoplanetas. Pienso que podemos esperar que sean especialmente importantes en la próxima década. Pero está en la naturaleza de los descubrimientos científicos que, después de un tiempo, el conocimiento que se adquiere con cada nuevo descubrimiento disminuye. Espero que en diez años la mayoría de los que trabajamos en este campo serán más activos a la hora de estudiar los planetas conocidos y usar tecnología espacial que en buscar planetas nuevos con pequeños telescopios desde la Tierra.»

El 8 de junio de 2004, usted realizó observaciones científicas durante el tránsito de Venus. ¿Pueden tales observaciones ayudar a comprender mejor los planetas extrasolares?

«En nuestras observaciones del tránsito de Venus aprovechamos unas condiciones (la notable resolución del disco de Venus en el Sol) que no pueden darse en planetas extrasolares en el futuro próximo. No obstante, servirán para comparar los resultados que se puedan obtener con espectroscopía de los planetas transitando. Espero que también sirvan de inspiración a la gente para avanzar en los métodos teóricos y de observación, de forma que podamos aprender tanto como sea posible sobre las atmósferas de planetas en tránsito.»

¿Qué nuevos descubrimientos esperan de los telescopios como el Gran Telescopio CANARIAS (GTC)? ¿Y con los instrumentos del tipo CanariCam?

«Hay muchos trabajos que se hacen sobre discos protoplanetarios y planetas fríos en los que el GTC y CanariCam serán perfectamente útiles. Otro proyecto que encuentro muy interesante es un estudio más detallado de objetos flotantes aislados de masa planetaria, como el encontrado en el cúmulo de Sigma Orionis hace algunos años. Investigadores del IAC comenzaron esta línea de investigación, y sería muy apropiado que se amplia-

ra a objetos más fríos usando el GTC y CanariCam.»

Usted es el investigador principal del telescopio STARE, que recientemente dio lugar al descubrimiento de un nuevo planeta, TrES-1. ¿Considera que es un descubrimiento importante? ¿Por qué?

«Por supuesto pienso que TrES-1 es un descubrimiento importante por dos razones principales: primero, es un hermano gemelo cercano a HD 209458b en lo que se refiere a la masa y equilibrio de temperatura de su superficie, con todo, su radio es perceptiblemente más pequeño. Esto sirve para destacar el peculiar radio del último planeta. En segundo lugar, el descubrimiento marca el primer planeta que se obtiene de las investigaciones de gran campo y pequeña apertura. Espero y creo que los métodos necesarios para hacer estos exámenes provechosos se entiendan ahora, y podamos continuar descubriendo multitud de planetas en tránsito, tanto a través de la red TrES como con otros programas (SuperWASP y HAT) que están persiguiendo las mismas metas.»

Desde la detección del primer planeta extrasolar en 1995, podríamos decir que la ciencia de observación en exoplanetas ha terminado su primera década. ¿Cuáles son sus expectativas en este campo durante los próximos diez años?

«Pienso que el estudio de planetas extrasolares continuará con más observaciones en la década próxima. Soy consciente, sin embargo, de que al final el cuerpo de observaciones comenzará a revelar un cuadro coherente de la formación y evolución de los sistemas planetarios. En concreto, pienso que en diez años sabremos algo sobre la frecuencia y las características de planetas terrestres. Hasta ahora no se sabe si nuestro propio Sistema Solar es común en nuestra parte de la galaxia, pero apuesto a que la respuesta a esta pregunta nos sorprenderá.»

PERFIL

TIMOTHY M. BROWN nació el 13 de marzo de 1950. En 1977 se doctoró en Astrofísica por la Universidad de Colorado, de Estados Unidos, con una tesis sobre un estudio observacional de oscilaciones de largo período en el diámetro solar aparente. Desde entonces, ha desarrollado su actividad investigadora y docente en el Observatorio de Sacramento Peak (1977-78); en la Universidad de Colorado (desde 1983); en el Instituto de Física Teórica de la Universidad de California en Santa Bárbara (1990); y, principalmente, en el High Altitude Observatory (HAO), del Centro Nacional para la Investigación Atmosférica (NCAR) (1978-91), del que es Investigador Principal desde 1991 y donde fue director de la Sección del Interior Solar. De 1987 a 1990 dirigió el grupo de técnicas de reducción y análisis de la red GONG y ha formado parte de diferentes comités del Observatorio Solar Nacional de Estados Unidos. Experto en el desarrollo de diferentes técnicas instrumentales, fue el padre del «Tacómetro de Fourier», un instrumento que usan los físicos solares para el estudio del interior del Sol, tema de la VI Escuela de Invierno del IAC en la que el Prof. Brown también participó. Pero este investigador lleva más de una década «tratando de buscar en otras estrellas las pulsaciones que observamos en el Sol», y considera «pura coincidencia» que las técnicas heliosismológicas en las que se especializó sean las mismas que se necesitan en la búsqueda de exoplanetas. En julio de 2001, instaló en el Observatorio del Teide el telescopio STARE, que ya ha registrado el tránsito de un planeta (TrES-1), alrededor de una estrella brillante.

Prof. Laurance Doyle

Instituto SETI (California)
EEUU

EL TEJADO DE VIDRIO



Laurance R. Doyle

La noche y sus estrellas han sido el reflejo de preguntas y dudas eternas que se quedan siempre sin respuesta. Pero recientemente el Universo nos está ofreciendo una profunda lección que sólo la luz de la ciencia parece poder alumbrar. Ninguna época ha sido tan prolífica, tan densa en conocimiento y tan espectacular en descubrimientos como lo que llevamos de década. Los científicos se han provisto de nuevos catalejos, prótesis digitales para nuestros ojos en busca de una verdad que está ahí fuera. Y apenas tenemos tiempo de asimilar el impacto de todo ese nuevo conocimiento que las cuadernas del Universo distraídamente va dejando caer en tropel. El Cosmos dibujado por la dimensión tecnológica de nuestra cultura es más complejo que el de los antiguos alineamientos megalíticos. Seis mil años separan las modernas misiones Kepler o COROT de las piedras de Nabta, en Egipto. Su astronomía tenía al Sol como epicentro. Ahora, en cambio, sabemos que más allá del Sol se encuentra la mayor parte y, tal vez, la melodía de otros mundos. Pero la ciencia no debe creerse su éxito: el conocimiento no es una carrera para ponerse medallas, ni una atalaya para mirar desde lo alto. Para el futuro, lo importante es que el yo, el ojo del conocimiento, no se repita.

"EL MÉTODO DE TRÁNSITO SERÁ EL PRINCIPAL MÉTODO DE DETECCIÓN DE PLANETAS EN LA PRÓXIMA DÉCADA."

¿Cuál es el impacto principal que usted espera de las misiones espaciales de exoplanetas previstas para los próximos diez años?

«El descubrimiento -probablemente por la misión Kepler de la NASA- de otro planeta del tamaño de la Tierra en la zona habitable circunestelar de una estrella, haciéndolo potencialmente habitable. Otra Tierra sería una noticia muy emocionante y podría tener un impacto importante en la manera de pensar en nosotros mismos.»

La misión Franco-Europea de COROT será lanzada en 2006, y la misión Kepler de la NASA en 2007. También, la ESA había previsto el lanzamiento de la misión Eddington

en 2008, hasta que fue cancelada debido a los recortes presupuestarios. Todas estas misiones se proponen detectar planetas terrestres usando el método de tránsito. ¿Hay una «carrera espacial» entre Europa y EEUU para la detección del primer planeta similar a la Tierra?

«Con la cancelación de Eddington no pienso que exista una carrera espacial ya que COROT no puede detectar planetas del tamaño de la Tierra, aunque detectará "grandes planetas terrestres", si existen.»

¿Considera usted que la búsqueda de la inteligencia extraterrestre (SETI) es importante dentro del contexto de las futuras búsquedas de

vida en el Universo, por ejemplo con Darwin/TPF?

«SETI, aun tratándose de una apuesta arriesgada, es realmente la manera más fiable de detectar vida extraterrestre. Actualmente las capacidades de Darwin y de TPF no llegan a planetas del tamaño de la Tierra. Sin embargo, hay varias ambigüedades incluso con la detección de un rasgo de la absorción del ozono en la atmósfera de un exoplaneta (un invernadero húmedo puede liberar oxígeno libre en la estratosfera de un exoplaneta, por ejemplo). Pienso que SETI debe ser parte de cualquier esfuerzo de continuidad para descubrir vida en el Universo.»

Desde la detección del primer planeta extrasolar en 1995, podríamos decir que la ciencia de observación

en exoplanetas ha terminado su primera década. ¿Cuáles son sus expectativas en este campo durante los próximos diez años?

«El método de la velocidad radial ha detectado cerca de 120 planetas gigantes gaseosos hasta la fecha, el método de tránsito, cuatro o cinco planetas nuevos, y el método de lente gravitacional, uno o dos. Yo creo que el método de tránsito será el principal método de detección en la próxima década. Esto es debido a que se espera descubrir millones de planetas nuevos desde la Tierra usando esta técnica y, además, a que hay dos misiones espaciales importantes (COROT y Kepler) que serán lanzadas en 2006 y 2007 y que deberán encontrar planetas extrasolares terrestres e incluso del tamaño de la Tierra, respectivamente, durante la próxima década.»

PERFIL

LAURANCE R. DOYLE se graduó en la Universidad de San Diego en 1979 y obtuvo su doctorado en la Universidad de Heidelberg en 1987. Desde ese año es investigador en el Centro de Estudio de Vida en el Universo en el Instituto SETI. Sus principales líneas de investigación son la aplicación de astronomía y señales de detección para encontrar planetas extrasolares tipo la Tierra, además del uso de teorías matemáticas de la información para cuantificar los sistemas de comunicación animal. Hasta 1983 trabajó en el Jet Propulsion Laboratory del Instituto de Tecnología de California. En 1984 formó parte del consorcio de científicos de la Nasa Ames Research Centre Field como investigador de anillos planetarios y miembro asociado del equipo de imagen del Voyager en su encuentro con Urano. Es miembro de la Unión Astronómica Internacional y de la Sociedad Americana de Astronomía.



Composición artística de la misión espacial Kepler para la búsqueda de planetas habitables. Autor: Digital Art, 1997. NASA/Ames Research Center.

Prof. Jim F. Kasting

Penn State University (Pensilvania)
EEUU

OTROS MUNDOS, OTRAS VIDAS



Jim F. Kasting

Por extraño que parezca, la confirmación de que había planetas fuera del Sistema Solar no se produjo hasta hace una década. Aunque este asunto estaba en la mente de todos, los astrónomos no tenían aún ninguna evidencia. Todo cambió un día de octubre de 1995, cuando Michel Mayor y Didier Queloz anunciaron que habían descubierto un planeta alrededor de una estrella llamada 51 Pegasi. Desde entonces, los astrónomos no paran de hacer nuevos descubrimientos y hoy en día existen más de 130 planetas extrasolares confirmados. Pero estos planetas generalmente plantean muchas incógnitas. Las dificultades técnicas para su observación agravan el problema de su estudio. Se han descubierto planetas de casi el tamaño y la órbita de Júpiter, pero es imposible para la tecnología actual ver algo del tamaño de nuestra propia Tierra. Afortunadamente, existen varias misiones espaciales trabajando juntas para encontrar planetas del tamaño del nuestro alrededor de otras estrellas y buscar la firma química de la vida. Son los proyectos Darwin y TPF (*Terrestrial Planet Finder*). Ellos nos ayudarán a responder a esas cuestiones ante las que nadie puede permanecer indiferente: ¿qué es la vida?, ¿dónde podría desarrollarse? ¿es algo exclusivo de la Tierra?, ¿existe vida en algún otro rincón del Sistema Solar?

¿Cómo prevé el futuro de la Tierra a largo plazo?

«En unos mil millones de años, es probable que la Tierra pierda su agua porque el Sol se está volviendo más brillante gradualmente. En sólo 500 millones de años, el dióxido de carbono podría caer bajo el nivel necesario para la fotosíntesis de C_3 . En la escala de tiempo humana, creo que poco a poco podremos ser capaces de abordar nuestros problemas medioambientales globales. La estabilización de la población ocurrirá dentro del próximo siglo, de una forma u otra. Nuestro principal problema en este momento es el incremento de la población del mundo. Tenemos que pensar muy cuidadosamente cuántas personas pueden ser mantenidas en nuestro planeta, y después crear una política que impida el exceso del nivel de población.»

Habiendo encontrado vida en la Tierra en ambientes que previamente se consideraban estériles (extremófilos), podrían ser demasiado conservadoras las actuales definiciones de "zonas habitables"?

«¡No! Éste es un concepto erróneo. La definición actual del término «zona habitable» — la zona alrededor de una estrella donde un planeta puede mantener agua en forma líquida EN SU SUPERFICIE — es precisamente la definición más útil. Si logramos crear misiones como TPF o Darwin para buscar vida en planetas en órbita alrededor de estrellas lejanas, el lugar de búsqueda está dentro de la zona habitable circunestelar convencional. Este es el sitio donde puede existir vida en la superficie de un planeta lo suficientemente abundante como para modular cuantitativamente la composición de su

"SI LOGRAMOS CREAR MISIONES COMO TPF O DARWIN PARA BUSCAR VIDA EN PLANETAS EN ÓRBITA ALREDEDOR DE ESTRELLAS LEJANAS, EL LUGAR DE BÚSQUEDA ESTÁ DENTRO DE LA ZONA HABITABLE CIRCUNESTELAR CONVENCIONAL."

atmósfera. La vida bajo la superficie no es detectable con baja resolución espectral, que es lo que tenemos con los instrumentos actuales. Si ampliamos la definición de zona habitable para incluir planetas con zonas habitables bajo la superficie, ningún lugar en el Universo conocido podría excluirse. Dave Stevenson sugirió hace varios años que podría haber planetas de tipo terrestre merodeando por nuestra galaxia, que habrían sido expulsados de sus sistemas planetarios, y que sus subsuperficies podrían estar habitadas. ¿Por qué no? ¿Pero cómo vamos a aprender sobre ellos? Esto, por supuesto, no descarta que podamos encontrar vida debajo de la superficie en Marte o Europa, o en cualquier sitio en el que la podamos buscar directamente. Pero no diluyamos el significado del término «zona habitable» para incluir este tipo de entornos. Basta decir: donde hay agua, puede haber vida.»

¿Espera que la misión Darwin/TPF nos aporte algo sobre la cantidad de zonas habitables?

«Sí, claro. Si estas misiones funcionan, y si realmente hay planetas de tipo terrestre orbitando otras estrellas, Darwin y TPF deberían darnos una aproximación empírica de la anchura de la zona habitable alrededor de diversos tipos de estrellas. Esto supondrá una gran mejoría con respecto a las aproximaciones actuales, que en su mayoría son teóricas. Puedo decirlo con impunidad porque soy parcialmente responsable del desarrollo de los cálculos actuales. Sé que hay gran incerti-

dumbre por varios factores que son difíciles de modelar, especialmente las nubes.»

¿Donde esperaría encontrar vida en el Universo? ¿Por qué?

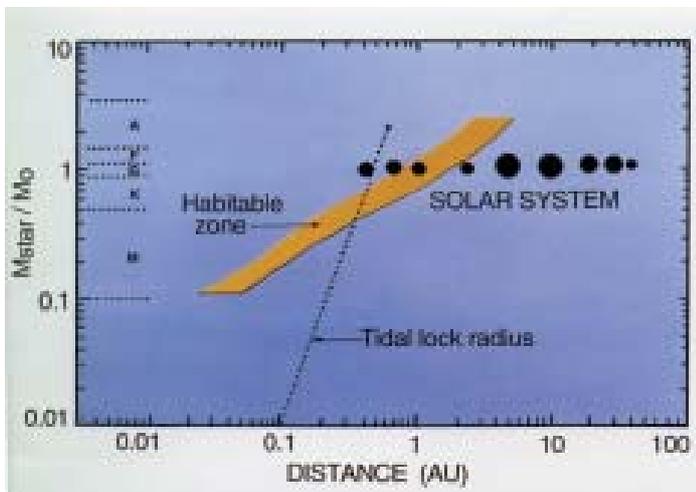
«Espero encontrar vida en planetas de tipo terrestre dentro de la (definida convencionalmente) zona habitable alrededor de sus estrellas madre. Y no creo que esta expectativa sea del todo restrictiva. Sospecho que planetas de este tipo existen y que no son poco comunes. Esto pueden ser sencillamente ilusiones por mi parte, pero es una hipótesis que se puede probar. Mi meta es estar vivo y sano el tiempo suficiente para que TPF y Darwin sean construidos a fin de poder empezar el proceso de probarlos.»

Desde la detección del primer planeta extrasolar en 1995, podríamos decir que la ciencias exoplanetarias han completado su primera década. Cuales son sus expectativas en este campo para los próximos diez años?

«Lo que más me interesa es la caracterización de atmósferas planetarias, y esto no pasará, como muy pronto, hasta el final de este período y cuando la primera misión TPF (*Terrestrial Planet Finder*) esté en funcionamiento. Sin embargo, estamos ocupados preparándonos para el TPF, haciendo simulaciones por ordenador de hipotéticos planetas terrestres alrededor de otras estrellas e intentando decidir cómo podrían verse espectroscópicamente.»

PERFIL

JAMES F. KASTING nació el 2 de enero de 1953. En 1975 se graduó en Química y Física en la Universidad de Harvard y en 1979 obtuvo el doctorado en Ciencia Atmosférica en la Universidad de Michigan. Es especialista en evolución atmosférica de la Tierra y de otros planetas terrestres, y está particularmente interesado en cómo la interacción de los gases en la atmósfera influyen en el clima. Antes de trabajar como profesor de Geociencias y Meteorología en la Universidad de Pennsylvania en 1988, pasó varios años en el Centro de Investigación de Ames, en la Space Science Division de la NASA. En esta institución fue presidente durante cinco años de la Comisión de Asesoramiento de Exobiología y trabajó en Terrestrial Planet Finder (TPF) hasta 2002. Actualmente forma parte de varios comités científicos de Astrobiología y Geobiología, así como el Comité de Origen y Evolución de la Vida (COEL). Además de un centenar de trabajos científicos publicados, ha escrito el libro The Earth System. Es miembro de la Sociedad Internacional para el Estudio del Origen de la Vida desde 2002 y en 2004 ingresó en la Unión Geofísica Americana.



Zona de habitabilidad representada en función del tipo de estrella y de la distancia a ésta (la Tierra está dentro). También se representa la barrera de la rotación acoplada debido a las fuerzas de marea (como sucede con la Luna).

Prof. Rafael Rebolo

CSIC/IAC
ESPAÑA

SENTIDO Y SENSIBILIDAD



Rafael Rebolo

Asomarse al Cosmos no deja de causar perplejidad: planetas náufragos flotando libremente en la galaxia sin estar sujetos a sus estrellas de referencia; cuerpos celestes con dudas existenciales, demasiados pequeños para ser astros y muy grandes para ser planetas; astros que devoran a sus propios hijos... El Universo configura una realidad compleja y difícil de asir sin la asistencia de nuevas tecnologías y un cambio en la filosofía de los futuros proyectos de investigación. Por ello, una inminente generación de telescopios gigantes, como el Gran Telescopio CANARIAS (GTC), y una estrategia de asociación con organismos especializados, como la que se dará entre España y el European Southern Observatory (ESO) en 2006, permitirán comprender mejor cómo es, cómo ha evolucionado y cómo nació nuestro Universo; un lugar único por el que navegamos todavía en solitario.

¿Cuál será el papel de los grandes telescopios como el Gran Telescopio CANARIAS (GTC) en relación con nuestro conocimiento sobre exoplanetas? Y el papel de los telescopios propuestos de 30-100 m?

«El GTC tendrá al menos un excelente instrumento para la investigación en exoplanetas desde su primera luz. Se trata de CanariCam, la cámara de infrarrojo medio que permitirá detectar planetas gigantes en modo directo alrededor de estrellas de la vecindad solar y caracterizar sus propiedades físicas más elementales. Si con esta cámara se podrá detectar planetas como Saturno o incluso de menor tamaño y masa, dependerá de su eficiencia final y también de las capacidades finales del propio telescopio. Sin duda será la combinación más potente del mundo para observaciones de exoplanetas en el infrarrojo medio.

La futura generación de telescopios gigantes equipados con óptica adaptativa podrán llegar a detectar planetas de tipo terrestre en las llamadas zonas de habitabilidad, es decir, a distancias de sus estrellas tales que se den temperaturas superficiales similares a las del planeta Tierra. Por supuesto, la capacidad de estos telescopios para detectar planetas de tipo terrestre aumenta con el diámetro. Para po-

der explorar la región de habitabilidad de un número apreciable de estrellas, al menos varios miles, se necesitaría un telescopio de más de 50 m de diámetro.»

¿Qué impacto se espera en el desarrollo de la astronomía en nuestro país de la asociación entre España y ESO, en 2006?

«La asociación con ESO debe consolidar definitivamente la investigación que se realiza en España en astrofísica y propiciar nuestra participación en los proyectos más avanzados de futuro en una posición que no sea de desventaja. Esos telescopios gigantes requieren inversiones que posiblemente van más allá de las capacidades de países individuales. La unión de recursos para desarrollarlos ya está en marcha en ESO, y España no puede perder ese tren, especialmente cuando ha desarrollado tecnologías para el GTC que otros países todavía no han puesto en marcha. Además, nuestra entrada en ESO facilitaría el acceso a instrumentos de primera línea que son propiedad de esta organización en el Hemisferio Sur y establecería nuevos cauces de colaboración de nuestros investigadores con los europeos.»

La frontera entre planetas y estrellas de baja masa es actualmente más bien difusa. ¿Espera que algún día seremos ca-

"EL GTC TENDRÁ AL MENOS UN EXCELENTE INSTRUMENTO PARA LA INVESTIGACIÓN EN EXOPLANETAS DESDE SU PRIMERA LUZ. SE TRATA DE CANARICAM, LA CÁMARA DE INFRARROJO MEDIO QUE PERMITIRÁ DETECTAR PLANETAS GIGANTES EN MODO DIRECTO ALREDEDOR DE ESTRELLAS DE LA VECINDAD SOLAR Y CARACTERIZAR SUS PROPIEDADES FÍSICAS MÁS ELEMENTALES."

¿Pueden establecer una clara división entre estos dos tipos de objetos, basándose en parámetros físicos o en su historia evolutiva? ¿O siempre habrá casos en el límite?

«Las diferencias entre estrellas de baja masa y los planetas son bien claras desde el punto teórico y empírico. Las estrellas producen fusión de hidrógeno en sus interiores y los planetas no. La pregunta debe referirse a la diferencia entre planetas y enanas marrones. Estos últimos objetos están a mitad de camino entre las estrellas y los planetas gigantes, no producen reacciones de fusión de hidrógeno pero podrían formarse según los mismos mecanismos que las estrellas. Siempre habrá casos frontera donde nos será difícil establecer una diferencia entre planeta y enana marrón. Por ejemplo, por los trabajos de nuestro grupo, se conocen astros que tienen tres o cuatro veces la masa de Júpiter en regiones de formación como el cúmulo Sigma de Orión, que por su baja masa identificaríamos como planetas gigantes; sin embargo, no se encuentran en órbita alrededor de ninguna estrella. Igualmente hay objetos que tienen 13 ó 15 veces la masa de Júpiter que se encuentran orbitando alrededor de estrellas y que tal vez se hayan formado por procesos similares a los que originan planetas como Júpiter, pero objetos de esta masa quizás podrían ya ser clasificados como enanas marrones, porque pueden producir fusión del deuterio, un isótopo del hidrógeno. Es difícil, tal vez imposible, llegar a conocer la historia de formación de todos los astros que se descubran en este rango de masas. Quizás ten-

dremos que convivir con la limitación de desconocer sus historias individuales, pero disponemos de técnicas para estimar otros parámetros como la masa y, por tanto, apoyo que la frontera entre estos objetos sea establecida de acuerdo con este parámetro.»

Desde la detección de los primeros exoplanetas en 1995, podríamos decir que la ciencias exoplanetarias han completado su primera década. ¿Cuáles son las expectativas en este campo para los próximos diez años?

«Espero que en la próxima década veamos el descubrimiento del primer planeta de tipo terrestre. Es decir, de planetas cuya masa sea inferior a unas 10 veces la masa de la Tierra y, por tanto, muy probablemente tengan una corteza rocosa. Este tipo de planetas, con un radio similar al de la Tierra, se podrán descubrir mediante medidas fotométricas de muy alta precisión realizadas durante largos periodos de tiempo sobre muestras de miles de estrellas o bien de manera directa con telescopios gigantes segmentados que podrían construirse durante la próxima década, los cuales utilizando técnicas de óptica adaptativa tendrían la capacidad de separar la luz reflejada del planeta terrestre de la procedente de su estrella. Estos telescopios gigantes permitirán explorar miles de estrellas en la vecindad del Sol y así determinar con qué frecuencia existen planetas de tipo terrestre alrededor de estrellas. Es posible que también podamos caracterizar la composición química de algunas de sus atmósferas.»

PERFIL

Nació en Cartagena (Murcia) el 12 de septiembre de 1961. Se licenció en Ciencias Físicas por la Universidad de Granada en 1984 y se doctoró en Astrofísica por la Universidad de La Laguna en 1987. En la actualidad es Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) e investigador del IAC. Fue Coordinador del Área de Investigación de este Instituto de 1997 a 1999. Encabeza el estudio de, básicamente, tres campos de investigación: la anisotropía de la radiación cósmica de microondas, el origen y evolución de elementos ligeros y la búsqueda y caracterización de enanas marrones y estrellas frías. Además de publicar más de 140 artículos en prestigiosas revistas internacionales y varios libros, ha compaginado su trabajo de investigador con la participación y coordinación de numerosas conferencias y cursos de divulgación. Ha recibido varios premios por su trabajo científico, entre los que destacan en 2000 el premio Iberdrola de Ciencia y Tecnología, en 2001 el premio Jaime I de Investigación y, en 2002, el premio Canarias de Investigación. También ha sido nombrado en 2004 «Académico Nacional Correspondiente» de la Real Academia de Ciencias Exactas y Naturales, por sus contribuciones científicas.

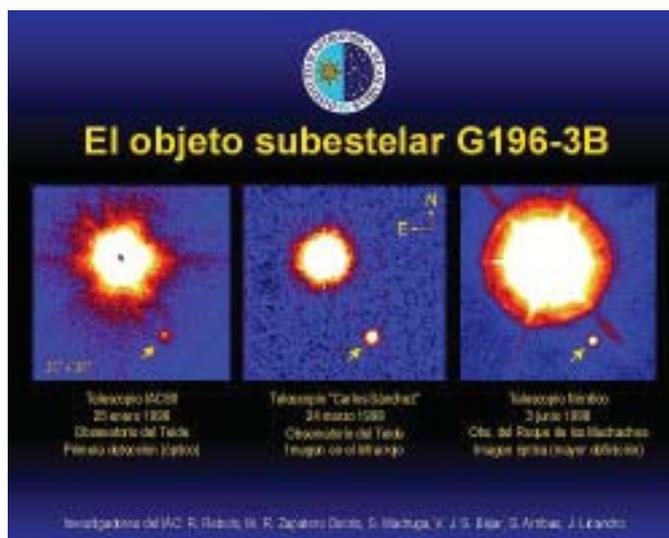


Imagen de G196-3B, un objeto de unas 25 veces la masa de Júpiter descubierto por investigadores del IAC en 1998 y que se encuentra en órbita alrededor de una estrella de tipo M.

Prof. Agustín Sánchez Lavega

Universidad del País Vasco
ESPAÑA

UNO EN LA MULTITUD



Agustín Sánchez
Lavega

La Tierra es un lugar, pero no es el único. En el Universo hay cientos de miles de millones de galaxias, cada una con un centenar de miles de millones de estrellas. Cada estrella puede ser un Sol para otros mundos, con planetas esclavos de los principios de la gravitación. Y si tuvieran planetas, ¿habría vida? Nosotros, los humanos, aislados en nuestra pequeña isla en el espacio, todavía lo ignoramos. No obstante, una línea de investigación, que ha unido a astrónomos y «planetólogos» o estudiosos del Sistema Solar, puede ayudar a obtener pronto la respuesta gracias a nuevos equipos, observatorios y técnicas. ¿Por qué íbamos a ser nosotros los afortunados? En general, todos sabemos que el hombre, al sentirse indefenso ante la complejidad del Universo, tiende a sobrevalorarse con la trascendencia. Quizá es el momento de aceptar el escenario cósmico en que habitamos y disfrutar del misterio de la vida desde la orilla templada de ese inmenso océano que nos rodea. Somos uno en la multitud. Y la vida podría estar en todas partes.

¿Cómo puede contribuir la exploración del Sistema Solar a la exploración científica de los exoplanetas?

«La exploración del Sistema Solar es la referencia básica para cualquier estudio que se lleve a cabo sobre exoplanetas, ya que es el único al que podemos acceder *in situ*. Tanto cuando se considera al sistema planetario en su conjunto, como para cada planeta individualizado. Por ejemplo, en el estado actual de la investigación de exoplanetas, Júpiter y Saturno se han convertido en los planetas de referencia para los más de cien exoplanetas descubiertos. Cualquier avance en la exploración de los planetas telúricos, de los gigantes y de sus satélites, será fundamental para comprender cómo son los exoplanetas.»

Considera que la actual división de las misiones espaciales de las

principales agencias (ESA, NASA) entre la exploración del Sistema Solar y la investigación en la búsqueda de exoplanetas está bien equilibrada?

«Me parece razonable la partición que ESA y NASA tienen en sus misiones proyectadas para el Sistema Solar y para la búsqueda y estudio de exoplanetas. Creo que ambas áreas se encuentran razonablemente representadas en los proyectos en curso.»

En su opinión, la comunidad de la ciencia planetaria aprovecha bien las oportunidades que se ofrecen desde que se abrió el campo de los exoplanetas? ¿Hay suficiente interacción entre científicos planetarios y astrónomos?

«Yo creo que somos bastantes los científicos que, trabajando en los

"EN EL ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN DE EXOPLANETAS, JÚPITER Y SATURNO SE HAN CONVERTIDO EN LOS PLANETAS DE REFERENCIA PARA LOS MÁS DE CIENTO EXOPLANETAS DESCUBIERTOS."

planetas del Sistema Solar, nos sentimos atraídos por los planetas extrasolares. Sobre todo, como es lógico en este momento, aquéllos que trabajamos en los planetas gigantes. Y así se está viendo cada vez más en los congresos y en las publicaciones. Probablemente, a medida que se descubran nuevos planetas, y sobre todo a medida que podamos empezar a caracterizar sus propiedades, es de esperar que más planetólogos se sumen a este esfuerzo, sobre todo desde un punto de vista teórico. Piénsese que desde el punto de vista observacional, los planetólogos en general no están muy acostumbrados al uso de telescopios, sobre todo los más jóvenes para los que la fuente de información primaria es la que proporcionan las observaciones *in situ* de las naves espaciales.»

Desde la detección de los primeros exoplanetas en 1995, podríamos decir que la ciencias exoplanetarias han completado su primera década. ¿Cuáles son las expectativas en este campo para los próximos diez años?

«Dada la gran cantidad de proyectos de búsqueda de planetas extrasolares en curso y planificados, incluyendo tanto observaciones desde Tierra como desde el espacio, mi opinión es que en los próximos diez años asistiremos a un buen número de descubrimientos, y con ellos a una amplia catalogación y clasificación de los planetas extrasolares, fundamentalmente de tipo joviano. Esto permitirá mejorar sustancialmente los análisis estadísticos y la búsqueda de correlaciones en sus propiedades. El siguiente paso, consistente en la caracterización para un buen número de ellos de las propiedades físico-químicas de sus atmósferas, requerirá algo más de tiempo. La tercera fase, consistente en la toma directa de imágenes de planetas extrasolares y del descubrimiento de planetas tipo Tierra, requerirá de la puesta en órbita de telescopios interferométricos (TPF de NASA y Darwin de ESA). Esto último no acontecerá seguramente, y siendo optimista, hasta dentro de unos 15 ó 20 años.»

PERFIL

AGUSTÍN SÁNCHEZ LAVEGA nació en Bilbao el 26 de noviembre de 1954. Se doctoró en Ciencias Físicas en la Universidad del País Vasco en 1986. Obtuvo el premio extraordinario de doctorado con una tesis sobre la dinámica atmosférica de Saturno. Entre los años 1980 y 1987 trabajó en el Observatorio de Calar Alto, en Almería. Posteriormente se incorporó a la Universidad del País Vasco, en la que actualmente es Catedrático de Física Aplicada. Ha trabajado en dos líneas de investigación, una relacionada con los fenómenos fototérmicos de transporte de calor en la materia, y otra, a la que se dedica actualmente en exclusiva, la investigación de las atmósferas planetarias incluyendo el estudio de la física de los planetas extrasolares. Entre sus más de 120 publicaciones científicas destacan las dos que merecieron ocupar la portada de la revista Nature en 1991 y 2003. Actualmente dirige el Grupo de Ciencias Planetarias de la UPV siendo miembro del Solar System Working Group de la ESA, así como del equipo de la misión espacial «Venus Express» de dicha agencia. Es amante de la divulgación científica y como tal ha publicado numerosos artículos y pronunciado conferencias públicas por todo el país.

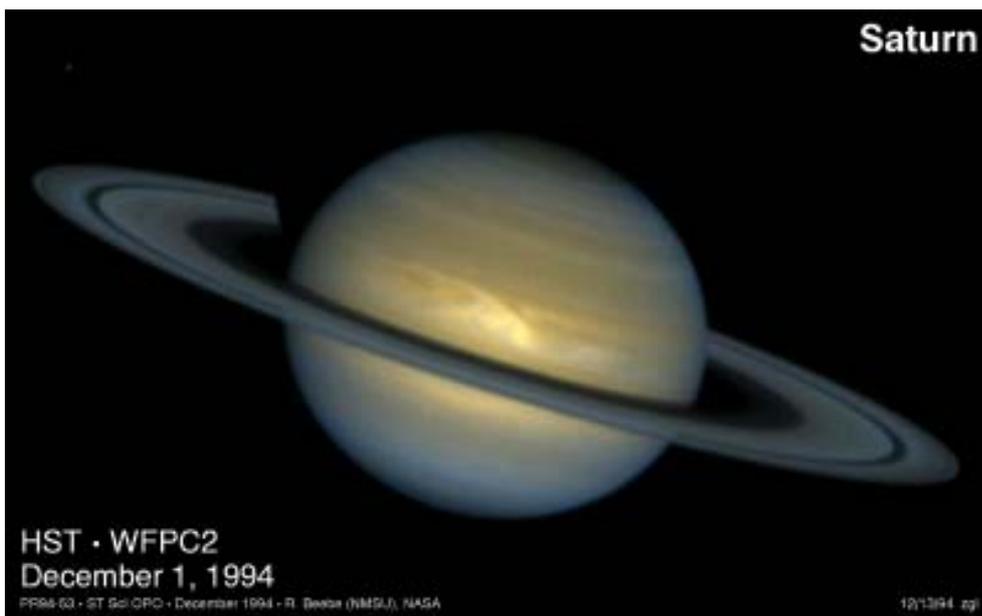


Imagen de Saturno obtenida por el Hubble Space Telescope que muestra la gran tormenta ecuatorial de 1994.

Dr. Franck Selsis

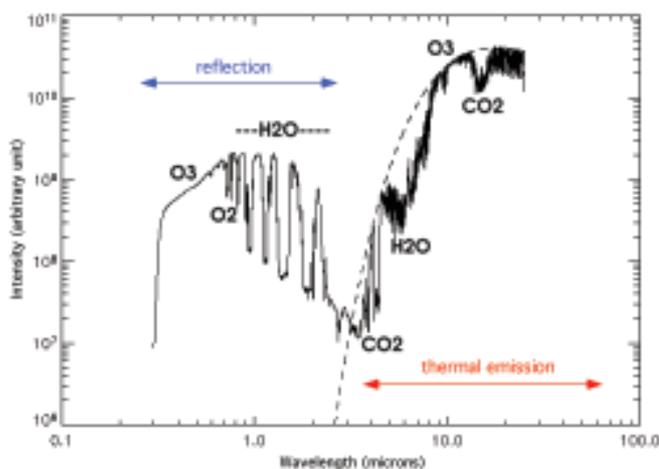
Centre de Recherche Astronomique. Lyon
FRANCIA

UNA HISTORIA DE NÁUFRAGOS



Franck Selsis

Somos el producto de una larga serie de accidentes biológicos. En la perspectiva cósmica, no hay motivos para pensar que seamos los primeros, los últimos o los mejores. El Universo que nos están revelando los nuevos avances en astronomía y biología es mucho más diverso que el de hace unas décadas. Hoy, la dimensión tecnológica de nuestra aproximación al Cosmos nos permite acercar la mirada a nuevos mundos, anónimos candidatos para la vida. Pero su estudio no es fácil. La vida en la Tierra se ha formado partiendo de un solo ejemplo, así que es difícil poder diferenciar aquellos aspectos esenciales para que cualquier organismo en cualquier parte del Universo pueda estar vivo; aspectos que son el resultado de una evolución debida a pequeñas adaptaciones oportunistas. La selección natural ha demostrado que no hay senderos evolutivos que conduzcan infaliblemente a la vida y que está llena de callejones sin salida. La vida es un huésped extraño, sin un plan determinado. Y, al igual que la vida de cada uno transcurre en buscar las razones de ser, los puntos de partida, las fuentes, la astrobiología es una escalera para ver de lejos y desde lo alto la propia existencia, la de todos. En definitiva, la búsqueda de vida es la búsqueda de lo que nosotros somos.



La imagen muestra un espectro simplificado de la Tierra desde el UV al IR. Los componentes atmosféricos (principalmente H_2O , CO_2 , O_2 y O_3) producen fuertes marcas en el espectro. Algunos de ellos pueden ser detectados incluso con muy poca resolución, especialmente en el infrarrojo, y pueden revelarnos la naturaleza de la atmósfera de algunos exoplanetas terrestres. En la Tierra, las bandas de O_2 y O_3 son una consecuencia de la actividad biológica y, así, surge una importante pregunta: su detección en un exoplaneta, ¿podría ser interpretado como una señal de vida? Espectro realizado por J. Paillet (estudiante de doctorado) con el código Phoenix.

La astrobiología se presenta como una unión entre biología, astronomía y otras ciencias. ¿Contribuirá la astronomía significativamente al conocimiento de planetas extrasolares en el futuro próximo?

«Para mí, la astrobiología es la ciencia que trata la cuestión del origen y la distribución de la vida en el Universo. Por eso, el aumento en el conocimiento de planetas extrasolares es una contribución importante a la astrobiología.»

¿Podemos detectar vida en exoplanetas con la tecnología actual? Y si es así, ¿cómo?

«Con nuestra tecnología actual, podríamos detectar una señal artificial de una civilización. Pero esto dependería de su tecnología, no realmente de la nuestra. Detectar la presencia de un ecosistema más «primitivo» (como el nuestro), solamente por la forma en que modifica la apa-

riencia del exoplaneta (la composición de su atmósfera y suelo, por ejemplo) requiere por lo menos de una exhaustiva caracterización del exoplaneta (tamaño, temperatura, composición atmosférica, albedo). La tecnología mínima tiene que permitirnos obtener una resolución baja del espectro del planeta en un dominio espectral que contenga información relevante. Se han propuesto varias soluciones (un 'anulador' interferométrico infrarrojo, un gran coronógrafo visible, un gran telescopio UV capaz de hacer algún tipo de espectrofotometría del tránsito). Tal tecnología podría estar en nuestras manos en el plazo de 10 años.»

En el caso de detectar señales de vida en un exoplaneta, ¿podrán ser verificados estos descubrimientos? ¿Se pueden excluir con certeza los orígenes no biológicos?

«Podemos extrapolar solamente qué hizo la vida con la Tierra al tratar esta pregunta, pero esperamos contar con una diversidad enorme de exoplanetas y, por qué no, de ecosistemas. En un trabajo afirmé que la huella del infrarrojo medio de la Tierra ($\text{CO}_2 + \text{O}_3 + \text{vapor de agua}$) no podría ser reproducido por procesos no-biológicos, pero podría imaginar el caso contrario. De hecho, un planeta que esté cubierto totalmente por océanos podría acumular moléculas de oxígeno, cerca de mil millones al año, perdiendo en el espacio los átomos de hidrógeno extraídos del vapor de agua por el UV estelar. En ausencia de una tierra emergente, pudo no haber oxidación de las rocas y, por tanto, tampoco, rastro del oxígeno atmosférico. Sin embargo, si los «planetas con océano» son altamente plausibles, esperamos que tengan una atmósfera muy densa al contener también mucho más CO_2 que la Tierra. En tal caso, la huella espectral no sería «como la Tierra» y podría no exhibir la famosa huella del ozono en el infrarrojo medio. En el estado actual, no podemos excluir los orígenes ciertamente no-biológicos para algunas características pensadas para ser indicativos de vida, sino que hemos identificado algunas características espectrales (como $\text{CO}_2 + \text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ en el IR o el $\text{O}_2 + \text{CH}_4$, o N_2O) que harían al planeta extremadamente interesante para posteriores observaciones. También podemos imaginar muchos ecosistemas no resultantes de tales huellas. Por esta razón, pienso que no podemos diseñar u optimizar un instrumento

para la detección de biomarcadores. La mejor estrategia es definir, tan exhaustivamente como sea posible, las características físicas y químicas del planeta. La actividad biológica se puede revelar por un cierto tipo de «anomalía» inesperada que se presente en una exploración global.»

¿Es la ecuación de Drake (que estima el número de planetas y la abundancia de vida inteligente en nuestra galaxia) aún relevante?

«Diría que la ecuación de Drake tiene principalmente un interés educativo. De hecho, no hay otra manera de «solucionarlo» que observar la distribución de la vida y de la inteligencia en la galaxia. No proporciona una manera de estimar la solución antes de saber «experimentalmente» el resultado. Es una manera elegante de presentar la paradoja de Fermi, pero no una herramienta operacional.»

Desde la detección de los primeros exoplanetas en 1995, podríamos decir que la ciencias exoplanetarias han completado su primera década. ¿Cuáles son las expectativas en este campo para los próximos diez años?

«Lo más prometedor para mí serán los resultados de las misiones espaciales dedicadas a la búsqueda de tránsitos. Especialmente, Eddington (si vuelve a programarse) y Kepler deben darnos para finales de la próxima década los primeros datos estadísticos sobre la abundancia de planetas terrestres en algunas regiones de la galaxia. Será un primer paso en nuestra tentativa de saber si el Sistema Solar es un rasgo común del Universo o, por lo contrario, un lugar único. Podemos también contar con tránsitos de planetas tipo Júpiter o más calientes similares al caso de HD 209458 y así un conocimiento mejor acerca de la estructura y evolución de exoplanetas gigantes. Los modelos de formación de planetas se harán extremadamente detallados gracias a los progresos hechos en informática. En paralelo, instrumentos como Spitzer y JWST y también ALMA proporcionarán una visión completamente nueva de discos protoplanetarios. La combinación de estos progresos teóricos y de observación conducirá a un escenario firme para la formación telúrica y de planetas gigantes, así como a un conocimiento mejor de los orígenes de la Sistema Solar.»

PERFIL

FRANCK SELSIS estudió Físicas en la Universidad de Burdeos (Francia), donde también obtuvo el doctorado en Astronomía y Astrofísica en 2000. Desde 1997 a 2001 fue Profesor de prácticas en esta universidad. Posteriormente, estuvo tres años en el Centro de Astrobiología de Madrid y desde octubre de 2004 es investigador en el Centro de Investigación Astronómica de Lyon (Francia). Su principal interés en el campo de la investigación es el estudio de atmósferas planetarias, la astrobiología y la detección remota de exoplanetas. Actualmente es miembro del Terrestrial Exoplanet Science Advisory Team (TE-SAT), equipo científico asesor de exoplanetas terrestres de la ESA, encargado de la misión Darwin, que tiene como objetivo la detección y la identificación de planetas terrestres alrededor de estrellas próximas.

Dr. Stéphane Udry
Observatorio de Ginebra
SUIZA

LOS CAZAPLANETAS



Stephane Udry

Hay multitud de cosas que no podemos ver pero que en cambio existen. La complejidad simple del Universo está llena de ellas. Los exoplanetas, o planetas extrasolares, son un ejemplo. Se trata de nuevos mundos, planetas que orbitan alrededor de otras estrellas semejantes al Sol. Y, hasta ahora, sabemos que existen por vía indirecta. Pero los planetas causan una pequeña perturbación en la trayectoria de sus estrellas por la galaxia, y la detección de estos leves movimientos da lugar al descubrimiento de la mayoría de los planetas extrasolares conocidos. Muchos de los sistemas extrasolares descubiertos contienen planetas masivos que orbitan extremadamente cerca de sus estrellas, fuera de la zona astronómica habitable y, por tanto, sin oportunidad para la vida. En cuanto a su estructura física, es difícil asegurar si son cuerpos sólidos, como la Tierra, o esferas gaseosas. Hasta que los astrónomos no logren identificar claramente a un sistema planetario en una estrella lejana, poco podemos saber de cómo se pudieron formar los exoplanetas que se han detectado hasta ahora. Mientras ello no ocurra, debemos seguir inspeccionando la zona habitable de las estrellas. Así, no sólo podremos descubrir planetas del tamaño de la Tierra, sino que se podrá analizar la composición de sus atmósferas. Y aquí está la clave: sólo conociendo la atmósfera podemos detectar el eco de la vida, una voz por ahora apagada en el Universo.

¿El método de velocidad radial continuará proporcionando avances importantes en la detección y la caracterización de exoplanetas en la década próxima?

«Además de la detección real de los nuevos candidatos planetarios, las velocidades radiales contribuirán de una manera muy importante en este campo. De hecho, las curvas fotométricas del tránsito proporcionarán sólo el tamaño de los cuerpos transitando. Así como las estrellas de poca masa, las enanas marrones y los planetas tienen radios similares, las mediciones complementarias de la velocidad radial serán necesarias para comprobar la naturaleza planetaria del objeto proporcionando la masa del planeta. De

esta forma, también se obtiene la densidad promedio.»

¿Debe haber más variedad en los métodos de detección entre las misiones espaciales actualmente bajo construcción o en planteamiento?

«La ventaja principal de ir al espacio es deshacerse de la atmósfera como elemento perturbador para las observaciones y lograr así una precisión inalcanzable desde la Tierra. Por ejemplo, esto es muy importante para la fotometría o la interferometría. Estas dos técnicas están en la base de las misiones espaciales previstas para la detección de planetas: Kepler y COROT, para la búsqueda de tránsitos, o SIM, GAIA y Darwin, para los

"LA VENTAJA PRINCIPAL DE IR AL ESPACIO ES DESHACERSE DE LA ATMÓSFERA COMO ELEMENTO PERTURBADOR PARA LAS OBSERVACIONES Y LOGRAR ASÍ UNA PRECISIÓN INALCANZABLE DESDE LA TIERRA."

estudios de astrometría. La ciencia del espacio es muy costosa y se necesitan planteamientos científicos sólidos para desarrollar proyectos espaciales exitosos. Pienso que los progresos previstos siguen las principales metas científicas en este campo, es decir, la búsqueda de planetas terrestres y de vida.»

¿Son los sistemas planetarios conocidos representativos de los sistemas planetarios que existen realmente en nuestra galaxia?

«Los sistemas conocidos, detectados principalmente por la técnica de velocidad radial, se decantan hacia un tipo de planetas masivos cerca de sus estrellas de referencia. La muestra observada es, sin embargo, menor del 10%, lo que significa que pueden tener cabida otras clases de sistemas en el 90% de estrellas restantes (por ejemplo, sistemas planetarios circumbinarios o análogos al Sistema Solar). Por eso, no pienso que podamos decir que los sistemas conocidos son representativos de los sistemas planetarios que existen realmente en nuestra galaxia.»

Usted estuvo implicado en el descubrimiento reciente del planeta rocoso 14 M_Earth alrededor de la estrella Mu Ara. ¿Es éste un descubrimiento importante y por qué?

«El descubrimiento de un planeta brillante orbitando Mu Ara es muy importante por dos razones principales. Primero, hemos descubierto un planeta con una probable base rocosa de gran tamaño (sin hielo) formada dentro del "límite de hielo", contrario al cuadro común de planetas formados en las regiones externas del sistema y que después emigraban hacia el interior. En tal caso, el planeta tiene que agrandarse hasta más de 15 veces la masa de la Tierra durante su viaje. Nuestro planeta está demasiado lejos de la estrella central, para haber crecido y después haberse evaporado por el calor en la proximidad de la estrella, como pudo haber sucedido en el planeta tipo Neptuno detectado alrededor de 55 Cnc. El segundo punto importante es la pequeña amplitud de 4 m/s observada en la va-

riación estelar de la velocidad radial. Tal precisión en las medidas representa un avance cuantitativo sustancial de esta técnica gracias a la precisión de la velocidad radial (por debajo de 1 m/s) alcanzada con el diseño del HARPS.»

Desde la detección del primer planeta extrasolar en 1995, podemos decir que la ciencia observacional de exoplanetas ha completado su primera década. ¿Cuáles son sus expectativas en este campo durante la próxima década?

«El descubrimiento de los planetas extrasolares que se movían en órbita alrededor de estrellas del tipo solar ha sido uno de los avances científicos más importantes de la última década. Presentan una amplia variedad de características orbitales "inesperadas" que desafían nuestro modelo estándar sobre la formación planetaria y aportan restricciones a los diversos mecanismos posibles de formación de planetas. Necesitamos nuevas detecciones que cubran una zona "lo más grande posible" del espacio planetario. En primer lugar esperamos que se descubran centenares de nuevos candidatos con técnicas indirectas: se pondrán en marcha el estudio de la velocidad radial y un nuevo análisis de astrometría de ángulo estrecho (por ejemplo, PRIMA para el VLTI). En un futuro cercano, docenas de nuevas detecciones vendrán de las misiones espaciales que buscan los tránsitos planetarios fotométricos (COROT, Kepler). Entre estos candidatos, para cerca de 100 planetas obtendrán la masa, el radio y la densidad media a través de la combinación de datos de velocidad radial y observaciones de tránsitos. Pondrán restricciones a los modelos atmosféricos planetarios. Estos planetas estarán en órbitas más cortas que las tradicionales de 3 a 5 UA y, de esta manera, indagaremos principalmente en las regiones internas de los sistemas planetarios. Las detecciones directas de los planetas más alejados de sus estrellas de referencia también serán posibles con los nuevos instrumentos de óptica adaptativa (por ejemplo, el buscador planetario VLT o instrumentos a bordo del Telescopio Espacial James Webb).»

PERFIL

STEPHANE UDRY nació en Sión (Suiza) el 14 de agosto de 1961. Estudió Física y Astronomía en la Universidad de Ginebra donde obtuvo su doctorado en 1992. Su principal interés en el campo de la investigación es la detección de planetas extrasolares, centrandose en su estudio en la composición atmosférica como indicador de posible existencia de vida. Ha formado parte de los grupos de trabajo implicados en recientes descubrimientos como el HD 28185 b, un exoplaneta de órbita similar a la terrestre, o una Super-Tierra alrededor de la estrella de tipo solar Mu Arae. Es miembro de la Unión Astronómica Internacional (IAU) y de la Sociedad Europea de Astro/exobiología.

Prof. Günther Wuchterl

Astrophysikalisches Institut, Jena
ALEMANIA

UN SUEÑO EN OTRO



Günther Wuchterl

Si hay algún gesto universal éste es el de salir de casa y mirar el cielo. Aparentemente, por debajo de esos países frágiles que son las nubes, todo parece normal y no hay más preocupación que saber si el día que empieza valdrá la pena o no. Hasta que en algún momento de nuestras vidas la ciencia nos acaricia con los interrogantes cósmicos. Nos enseñan que la Tierra no es plana, sino una enorme bola azul y frágil. Nos explican que esa luz pequeña y brillante que está en el cielo, el Sol, es en realidad muchísimo más grande que la Tierra. Y nos dicen que cada uno de esos diminutos puntos de luz que tapizan la noche son otros soles situados a lo lejos. Comienza entonces un viaje sin retorno a través de una geografía sin límites. La astronomía es un fino hilo que intenta coser los bordes de una herida que no tiene sutura. Y el Universo es cada vez más un museo de cosas lejanas, con pasillos, espacios oscuros y escaleras que los científicos tratan de recorrer con la intención de saber si conducen a algún sitio. Pero los astrónomos saben que el cielo está demasiado lejos para la gente y gracias a ellos el Cosmos no es como un callejón de noche que no tenemos el valor de atravesar. La Vía Láctea contiene unos 400 mil millones de estrellas de todo tipo. Hasta ahora, los habitantes de la Tierra conocen de cerca, de entre todas ellas, sólo una. Pero, está cerca el día en que al contemplar el cielo en la noche, localicemos una estrella y sepamos con certeza que allí hay otros mundos como el nuestro.

"LOS SIGUIENTES PASOS IMPORTANTES QUE ESPERO SON LA PRIMERA IMAGEN DE UN PLANETA EXTRASOLAR Y EL DESCUBRIMIENTO DE UN OBJETO QUE COINCIDA CON UN PLANETA DEL SISTEMA SOLAR EN TODAS LAS CARACTERÍSTICAS: UNA MASA MÁS PEQUEÑA, UN PERÍODO ORBITAL MÁS GRANDE Y UNA EXCENTRICIDAD MENOR QUE JÚPITER."

¿Usted espera que la formación de planetas sea igual en todos los sistemas planetarios, o tal vez haya varios mecanismos diferentes que pueden crear cuerpos planetarios?

«Pienso que hay solamente un mecanismo.»

En 1995, la detección de los primeros planetas gigantes calientes era totalmente inesperada. ¿Hay otras clases de planetas exóticos que puedan aguardar su descubrimiento? Y si es así, ¿qué tipos de planetas piensa usted que serían?

«En 1995 pensaba que todavía había bastante tiempo para pensar qué planetas cabría esperar, pero los observadores fueron más rápido de lo que me imaginaba. Planetas calientes tipo Neptuno son la incorporación "exótica" más reciente a la diversidad, pero pienso que tienen cabida en las ideas generales sobre la formación de planetas. Hay un planeta candidato a enana marrón y supongo que la siguiente cosa muy exótica puede ser un planeta enana marrón con una órbita de unos pocos días. Muy interesante será el acercamiento a un planeta tipo la Tierra. Estoy trabajando en la predicción de la diversidad

planetaria y la meta es tener una descripción sobre tamaños y masas antes de 2006, antes de que se lance la misión COROT, que buscará los planetas terrestres grandes. Pero pienso que la mayoría de los planetas extrasolares por descubrir serán menos excéntricos en el futuro. Igualmente creo que también veremos algunos sistemas planetarios extraños.»

Usted estuvo implicado en el desarrollo de un programa de divulgación sobre el tránsito de Venus en junio de 2004. ¿Piensa que el astrónomo medio pasa suficiente tiempo en estas tareas?

«Los astrónomos, pienso, pasan mucho más tiempo divulgando que la mayoría de los otros científicos. Pero tenemos grandes desafíos al mismo tiempo. La contaminación lumínica y la astrología son los que considero más relevantes. Sería suficiente para mí si podemos ver otra vez la Vía Láctea en las ciudades y la astrología desaparece por tercera vez en la Historia.»

Desde la detección de los primeros exoplanetas en 1995, podríamos de-

cir que la ciencias exoplanetarias han completado su primera década. ¿Cuáles son las expectativas en este campo para los próximos diez años?

«Los siguientes pasos importantes que espero son la primera imagen de un planeta extrasolar y el descubrimiento de un objeto que coincida con un planeta del Sistema Solar en todas las características: una masa más pequeña, un período orbital más grande y una excentricidad menor que Júpiter. Eso llenaría el agujero entre nuestro propio sistema solar y los de otras estrellas.

Estoy bastante seguro de que veremos los primeros planetas terrestres antes del final de la década. Pero puede resultar que el Sistema Solar sea una excepción y es posible que estemos bastante solos en la galaxia. En general espero que los nuevos descubrimientos aporten más planetas como los de nuestro sistema solar. Es algo parecido a lo que sucede cada tarde cuando vemos primero las estrellas brillantes, que son las excepcionales, y posteriormente empezamos a ver las estrellas más débiles en el cielo profundo, las cuales forman la mayor parte de nuestra galaxia.»

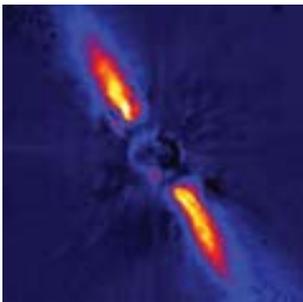
PERFIL

GÜNTHER WUCHTERL nació el 8 de mayo de 1962 en Viena (Austria). Estudió Física y Matemáticas, a la vez que Astronomía y Filosofía, en la Universidad de Viena, donde se graduó en 1989. Su campo de investigación principal ha sido la hidrodinámica en la formación de planetas gigantes, el estudio de parámetros de inestabilidad en el centro protoestelar y el cálculo de colapsos para la formación y evolución del Sol. En 1992 formó parte del programa de búsqueda de formación de planetas en el Instituto de Física Teórica de la Universidad de California y en 1999 comenzó su colaboración como investigador del Max-Planck Institut. Trabaja en la misión espacial COROT de búsqueda de planetas extrasolares terrestres a través del método de tránsito y, desde 2004, es científico colaborador del Instituto de Astrofísica de la Universidad de Jena. Es miembro de la Sociedad Americana de Astronomía y de la Verein Kuffner-Sternwarte, una asociación para la divulgación de la Astronomía.



Impresión artística del satélite COROT. © CNES/Active Design.

Los griegos fueron los que llamaron a los planetas *asteres planetai* = «estrellas errantes». Esta denominación era debida a que, en la noche, sobre el fondo de estrellas fijas, los planetas parecían vagar por el cielo. Catalogados por Aristóteles con nombres de la mitología griega, fueron posteriormente rebautizados con nombres latinos por los romanos. Pero los planetas *vagabundos* que se conocían entonces no eran todos los que ahora componen nuestro sistema solar (sólo los que eran observables a simple vista; faltaban por descubrirse Urano, Neptuno y Plutón, éste último ya en el siglo XX). Algunos de los que se consideraban como tales no lo eran, como el Sol y la Luna. Y durante mucho tiempo, nuestro sistema solar era el Sistema Solar. «Planeta» era «cada uno de los astros que describen una órbita alrededor del Sol». En 1982, sin embargo, la prensa anunciaba un posible nuevo sistema solar en formación alrededor de la estrella *Beta Pictoris*. Una década después, los astrónomos estaban a punto de encontrar planetas alrededor de otras estrellas. Se estaba produciendo un cambio de paradigma. Y, en efecto, el 6 de octubre de 1995, los astrónomos suizos Michel Mayor y Didier Queloz, del Observatorio de Ginebra (Suiza), sorprendieron al mundo con el anuncio del primer planeta extrasolar, un objeto girando en torno a la estrella 51 de *Pegaso*. Desde entonces, los nuevos planetas extrasolares y las nuevas enanas marrones se suceden en la prensa, en algunos casos con dudas importantes sobre si se trata de uno u otro objeto. Investigadores del IAC han protagonizado en varias ocasiones descubrimientos relacionados con estos objetos del Universo, los cuales se han anunciado en revistas internacionales de prestigio. El último, el descubierto con el telescopio STARE, desde el Observatorio del Teide, el primer planeta en órbita alrededor de una estrella brillante que se descubre mediante la técnica de tránsitos.



Nebulosa planetaria en Beta Pictoris. © J.-L. Beuzit et al. Grenoble Obs., ESO.

MARKETING DE PLANETAS

Los planetas extrasolares han proporcionado un auge de las relaciones públicas para la astronomía. ¿Sin embargo, usted considera que la ciencia que se realiza en este campo está adecuadamente representada en los actuales planes de estudio?

"CUANDO EL CAMPO SEA MÁS MADURO TENDRÁ SENTIDO ENSEÑARLO COMO PARTE DEL CURSO NORMAL DE ASTRONOMÍA, PERO EN ESTE MOMENTO NO ES NECESARIO."

TIMOTHY M. BROWN:

«Dudo de que la ciencia de los planetas extrasolares esté presentada de una manera completa y actualizada en muchas universidades, pero esto no me concierne demasiado. El campo sigue siendo bastante pequeño para que los nuevos estudiantes que deseen trabajar en él puedan aprender lo que necesitan en un año más o menos, sobre todo por sí mismos. Cuando el campo sea más maduro tendrá sentido enseñarlo como parte del curso

normal de astronomía, pero en este momento no es necesario.»

LAURANCE R. DOYLE:

«Este campo aún no está bien representado en los planes de estudios de astronomía (¡gracias por hacer esta pregunta!). Varias técnicas de detección cubren muchos de los conceptos astronómicos básicos y son un buen enfoque para enseñar astronomía con un uso inmediato e interesante. Parece un ajuste natural incorpo-

rar estas técnicas a los planes de estudio en astronomía.»

JIM F. KASTING:

«No soy miembro del Departamento de Astronomía aquí en Penn State. Pertenecesco al campo de la Geociencia. Pero no creo que los planetas extrasolares o los planetas, en términos generales, estén bien representados en los planos de estudio de astronomía. Tradicionalmente, nuestro departamento de Astronomía se ha centrado en astronomía extragaláctica y astrofísica de altas energías.»

RAFAEL REBOLO:

«En los últimos años hemos visto cómo la percepción sobre este tipo de investigaciones ha cambiado radicalmente. La comunidad científica comprende que éste es un campo de investigación del máximo interés, algo que no ocurría hacía quince años. Recuerdo cómo algunas propuestas sobre búsqueda de planetas mediante fotometría de tránsitos realizadas por investigadores de mi instituto eran descartadas por los comités de asignación de tiempo de los telescopios sin gran justificación, simplemente porque entonces se consideraba improbable que existiesen planetas gigantes en órbitas muy próximas a estrellas de tipo solar. Hoy día sabemos que al menos un 2 ó 3% de estas estrellas efectivamente tienen planetas gigantes en tales órbitas, lo que ha propiciado el desarrollo de nuevas teorías sobre formación de sistemas planetarios.»

AGUSTÍN SÁNCHEZ LAVEGA:

«Uno de los aspectos para mí más positivos consecuencia del descubrimiento de planetas extrasolares, es que ha servido para poner por fin en contacto a dos comunidades inicialmente separadas, la de los «planetólogos», o estudiosos del Sistema Solar, y la de los astrónomos clásicos. Y por ende está además incentivando a toda la comunidad de astrobiólogos. Desde el punto de vista observacional estamos en una situación algo parecida a la de la astronomía del siglo XVII cuando estas comunidades no estaban diferenciadas y la prioridad era descubrir y caracterizar

nuevos planetas (en el Sistema Solar), y preguntarse si allí habría vida. Mi opinión es que esta rama de la astronomía debería estar mucho más representada en los currícula de astronomía, y debería incluir nuestro conocimiento de los planetas y demás cuerpos del Sistema Solar. ¿Quién puede entender que al explicar a nuestros estudiantes las estrellas no presentásemos previamente en profundidad el Sol?»

FRANCK SELSIS:

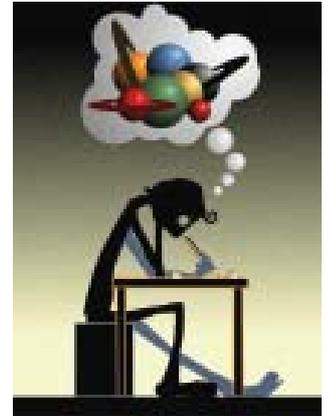
«Considero que la prioridad en la enseñanza de astronomía es proporcionar un fondo profundo y robusto en la física. La representación de algunos usos astronómicos es lo más destacable para mí. De hecho, los estudiantes que desean una especialización en astronomía están generalmente muy motivados; tienen acceso a muchas fuentes de información a través de Internet y están enterados de resultados actualizados. Una buena base de física es mucho más importante y también más difícil de adquirir.»

STEPHANE UDRY:

«El descubrimiento de los primeros planetas extrasolares durante la última década han provocado un frenesí de nuevas actividades por todo el mundo. Las preguntas más interesantes relacionadas se abordan desde diversos puntos de vista -teoría, simulaciones, observaciones- con diferentes enfoques, a veces inesperados y a menudo muy sutiles, desarrollados por los diversos equipos. El campo de planetas extrasolares se está ampliando diariamente, siendo un ámbito con un rápido crecimiento en astrofísica. Observando la importancia de la palabra 'planeta' para la aprobación de muchas aplicaciones, pienso que sería un poco injusto indicar que el campo no está representado adecuadamente en los planes actuales de estudios de astronomía.»

GÜNTHER WUCHTERL:

«Si los profesores están interesados en el tema incorporan los planetas extrasolares en sus programas. Eso sucede en muchos lugares, pero sé de pocos esfuerzos formales para ajustar planes de estudios. Mi respuesta es: no.»



Diseño: Inés Bonet (IAC).

"LA COMUNIDAD CIENTÍFICA COMPRENDE QUE ÉSTE ES UN CAMPO DE INVESTIGACIÓN DEL MÁXIMO INTERÉS, ALGO QUE NO OCURRÍA HACÍA QUINCE AÑOS."

"UNO DE LOS ASPECTOS PARA MÍ MÁS POSITIVOS CONSECUENCIA DEL DESCUBRIMIENTO DE PLANETAS EXTRASOLARES, ES QUE HA SERVIDO PARA PONER POR FIN EN CONTACTO A DOS COMUNIDADES INICIALMENTE SEPARADAS, LA DE LOS «PLANETÓLOGOS», O ESTUDIOSOS DEL SISTEMA SOLAR Y LA DE LA ASTRÓNOMOS CLÁSICOS."

La Astronomía es uno de los indicadores más fiables de la riqueza y complejidad de una cultura. La investigación astronómica abarca, además de un amplio conocimiento de la física y de las matemáticas, un experimentado manejo de técnicas modernas de instrumentación y observación. Esto implica que el conocimiento, por lo general, esté dirigido por un particular y minoritario grupo económico. No es casualidad que desde sus inicios la exploración del espacio se haya justificado en términos de grandes consideraciones de prestigio nacional. Este enfoque ha eclipsado la investigación en otros países en vías de desarrollo, con una buena base teórica pero con pocos recursos. No obstante, en la exploración de planetas extrasolares, los recientes descubrimientos mediante telescopios de pequeño formato han revelado la eficacia de una investigación de bajo coste y al alcance de muchos. Sociedades no occidentales, subdesarrolladas, carentes de toda tecnología, pueden contribuir ampliamente al desarrollo de la astronomía y salvar su identidad. Como dijo una vez el astrofísico mexicano Manuel Peimbert, «un país que no genera conocimiento a la larga deja de ser país». Es necesario extender los logros tecnológicos a la vez que se mantiene la diversidad cultural. El conocimiento no debe estar sino sobre toda la humanidad en su conjunto. Mediante programas de colaboración es posible estimular la investigación a gran escala, en todos los países, cada uno desde su particularidad. Como sostenía la astrofísica turco-mexicana Paris Pismis, «los ordenadores nos ayudan mucho, pero no hay sustituto para la mente humana, para el sentido común».



Diseño: Inés Bonet (IAC).

EL SUR TAMBIÉN EXISTE

¿Hay alguna posibilidad de que los equipos de investigación de países del segundo y tercero mundo contribuyan a la ciencia exoplanetaria? ¿La ciencia actual en este campo necesita equipos muy especializados y costosos?

TIMOTHY M. BROWN:

«Algunos tipos de investigación exoplanetaria (el cálculo de velocidad radial, por ejemplo) requieren recursos de observación de los que difícilmente pueden disponer los científicos de países económicamente poco favorecidos. Otros (la observación de tránsitos son un buen ejemplo, al igual que ciertos estudios teóricos) se pueden realizar con inversiones mucho más pequeñas.»

LAURANCE R. DOYLE:

«Realmente, pronto se presentará la ocasión ideal para que muchos países contribuyan a esta ciencia ya que algunos compañeros y yo estamos desarrollando un programa educativo, basada en bús-

quedas de tránsitos, para conseguir justamente eso. Los ordenadores, sin embargo, serán necesarios.»

JIM F. KASTING:

«Para mi trabajo, que consiste en el modelado por ordenador, el equipo requerido es un PC. He estado llevando a cabo algunos de mis modelos en nuestro ordenador Cray, pero, hoy en día, los PCs son tan rápidos que podríamos eliminar el Cray, y seguir haciendo todo lo que estamos haciendo en este momento. Sin embargo, es necesario leer mucho para saber cuáles son los problemas interesantes. Además, hay que tener cierto conocimiento de química, física y geología.»

"LA PARTE TEÓRICA SE PUEDE HACER VIRTUALMENTE EN CUALQUIER LUGAR, MIENTRAS SU SISTEMA EDUCATIVO PERMITA QUE SE ALCANCE UN NIVEL ADECUADO DE CONOCIMIENTO."

RAFAEL REBOLO:

«Estos planetas en órbitas próximas a sus estrellas pueden producir eclipses en una fracción apreciable de ellos. Estos eclipses reducen la luz de la estrella alrededor de un 1%. Hoy en día, las cámaras CCD más sencillas, acopladas a telescopios de 30-50 cm, pueden hacer seguimiento de estrellas donde se sabe que existen planetas por los programas de medida de velocidad radial y tratar de medir eclipses. El equipo de medida formado esencialmente por un telescopio de estas características, su cámara CCD y un ordenador personal puede costar unas decenas de miles de euros. Una cantidad considerable pero seguramente asequible para algunas instituciones de países en vías de desarrollo que podrían contribuir a este campo de investigación tratando de detectar tránsitos de planetas gigantes. Esta detección es importante porque con medios más sofisticados es posible estudiar la composición química de la atmósfera de esos planetas.»

AGUSTÍN SÁNCHEZ LAVEGA:

«Sinceramente veo difícil que países en vías de desarrollo puedan hacer contribuciones significativas desde el punto de vista de las observaciones, pues respondiendo a la siguiente pregunta, efectivamente hoy en día se requiere de instrumentación de alta tecnología para este tipo de estudios. Quizás la búsqueda mediante fotometría de exoplanetas sea la más accesible a telescopios modestos. La contribución teórica puede ser sin embargo importante, y como en otras ramas de la astronomía, estableciendo y financiando las colaboraciones oportunas con los grupos punteros en el área.»

FRANCK SELSIS:

«Estos equipos de investigación contribuyen en los estudios teóricos ya que necesitan solamente el acceso a instalaciones informáticas, las cuales son cada vez más asequibles. Los resultados en el modelado de la formación planetaria, estabilidad de órbita y procesos atmosféricos pueden conseguirse sin usar un material extremadamente costoso. La obtención de observaciones actualizadas es

claramente otra historia pues es difícil obtener tiempo de observación al pertenecer a un país que no participa en un programa. Serían necesarios más observatorios libres o abiertos para dar esta oportunidad.»

STEPHANE UDRY:

«Fundamentalmente es necesario un equipo especializado y costoso para la parte de la observación. La parte teórica se puede hacer virtualmente en cualquier lugar, mientras su sistema educativo permita que se alcance un nivel adecuado de conocimiento. Incluso para las observaciones la respuesta a esta pregunta puede ser doble. Algunos de los programas de búsqueda planetaria no son muy costosos como, por ejemplo, la investigación en Tierra de tránsitos fotométricos. Se necesita sólo un telescopio de pequeño tamaño con un campo visual grande y una buena cámara fotográfica. Muchos de estos programas están en curso actualmente por todo el mundo, algunos conducidos por astrónomos aficionados. Por otra parte, estudios más específicos como la absorción de luz de la estrella de referencia por los elementos atmosféricos de un planeta transitando requieren ir al espacio (HST) y así tener acceso a instrumentación de nivel superior. Debemos precisar aquí que una buena manera de acceder a estas instalaciones es a través de colaboraciones con aquellos astrónomos que tienen acceso a los instrumentos. En este contexto, varios países dedicaron ayuda financiera a la colaboración con países en vías de desarrollo.»

GÜNTHER WUCHTERL:

«Sí, algunas contribuciones se pueden hacer con relativamente poco esfuerzo técnico. La razón es que los planetas extrasolares son, sobre todo, 'vecinos galácticos' y muchas de las estrellas con planeta huésped se pueden ver a simple vista. La búsqueda de tránsitos planetarios, por ejemplo, utiliza a menudo 'avanzado equipo de aficionado', a veces solamente lentes fotográficas. La clave está en cómo hacer uso de este equipo.»

"SERÍAN NECESARIOS MÁS OBSERVATORIOS LIBRES O ABIERTOS PARA DAR ESTA OPORTUNIDAD."

"ALGUNAS CONTRIBUCIONES SE PUEDEN HACER CON RELATIVAMENTE POCO ESFUERZO TÉCNICO. LA RAZÓN ES QUE LOS PLANETAS EXTRASOLARES SON, SOBRE TODO, 'VECINOS GALÁCTICOS' Y MUCHAS DE LAS ESTRELLAS CON PLANETA HUÉSPED SE PUEDEN VER A SIMPLE VISTA."

Las *fuentes de radio* o *radiofuentes* (ondas de radio de origen extraterrestre, procedentes del espacio cósmico), se descubrieron en los años treinta del siglo pasado en circunstancias históricas determinantes. Karl Jansky, un ingeniero de los Laboratorios Bell de Nueva Jersey (Estados Unidos), debía averiguar y eliminar el ruido que provocaba interferencias en las comunicaciones transatlánticas y dificultaba las llamadas telefónicas con Europa. En 1931, Jansky había identificado, con ayuda de una antena lineal, ondas de radio procedentes de lejanas regiones centrales de la Vía Láctea. Por entonces, apenas se prestó atención científica a este descubrimiento (aunque fue noticia de primera página en varios periódicos, entre ellos el *New York Times*, en 1933). Las dos décadas siguientes estuvieron dominadas por estudios de aficionados (como los efectuados por Grote Reber, usando una antena de 9 m fabricada por él mismo en la trasera de su casa). Pero, también, por descubrimientos accidentales durante la Segunda Guerra Mundial: inicialmente se pensó que la emisión del Sol era el ruido de radio emitido por el ejército alemán para confundir a los radares ingleses; en 1942 se descubrió que se trataba de la segunda radiofuente cósmica. Aparte de la emisión del Sol, detectada igualmente por los alemanes y confundida con una interferencia aliada, también se detectaron meteoros por radar, que en un primer momento provocaron falsas alertas al pensar que se trataba de la llegada inminente de los cohetes V-2 alemanes.

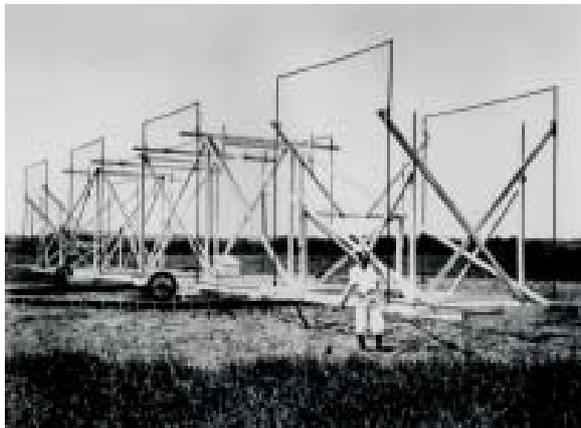
"LA CIENCIA Y LA
TECNOLOGÍA SON LAS
QUE CAMBIAN
BÁSICAMENTE LA
HISTORIA."

DETERMINISMO HISTÓRICO

¿Cómo influyen los acontecimientos históricos en el desarrollo de la ciencia y de la tecnología?

TIMOTHY M. BROWN:

«He pensado siempre en los progresos científicos y técnicos como parte inseparable de la historia, y no como algo distinto de ella. Las interacciones entre la ciencia y otras partes de la historia son tan numerosas y complicadas como, por ejemplo, las interacciones entre la historia mi-



Antena de radio utilizada por Karl Jansky. © NRAO

litar y la economía. Puesto que no puedo hacer justicia a cualesquiera de estas conexiones, no lo intentaré.»

LAURANCE R. DOYLE:

«Una pregunta demasiado amplia para una respuesta completa. Pero puedo decir que he observado que la vanguardia científica (es decir, generadora de nuevas ideas) no está apoyada por las agencias estatales, que intentan ponerse a salvo patrocinando la ciencia ya conocida. La ciencia y la tecnología son las que cambian básicamente la historia. Por ejemplo, la guerra completa para los países nucleares es inadmisible (sólo lleva tiempo a los políticos, para ponerse al corriente). Yo enseñé una Historia de la Ciencia según este planteamiento.

JIM F. KASTING:

«La ciencia y la tecnología no se desarrollan en sociedades que no han prosperado históricamente. Hoy en día, la mayo-

ría de las sociedades no prosperan sin buena ciencia y tecnología. Es un círculo vicioso.»

RAFAEL REBOLO:

«Es obvio que los acontecimientos históricos influyen en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, un ejemplo que siempre se cita es el desarrollo del radar en la Segunda Guerra Mundial. Otros acontecimientos menos dramáticos como la formación de la Unión Europea pueden llegar a tener una influencia en cómo la ciencia se va a desarrollar en los próximos años, al menos en esta parte del mundo. La mentalidad con la que se van a abordar muchos programas de investigación va a cambiar como consecuencia de la colaboración internacional que se favorece en este nuevo marco. Algunos programas de investigación que reciben el apoyo masivo de la Unión Europea abordan problemas cuya solución difícilmente se podría alcanzar mediante esfuerzos nacionales individuales. Al revés, también la ciencia y la tecnología, con sus avances condiciona la evolución de la sociedad, citemos por ejemplo el desarrollo de las vacunas que nos han librado de múltiples enfermedades o la creación de internet y su impacto en el día a día.»

AGUSTÍN SÁNCHEZ LAVEGA:

«Los acontecimientos históricos tienen obviamente, como en cualquier otra actividad humana, una gran influencia en el avance científico. Y viceversa. La ciencia y la tecnología han cambiado drásticamente el desarrollo de las sociedades modernas, cuyo máximo exponente lo tenemos en el siglo XX. ¿Quién puede entender la historia contemporánea sin tener en cuenta el desarrollo científico y tecnológico que se experimentó durante el siglo pasado? Curiosamente, cuando uno mira los resúmenes históricos del siglo XX, apenas se menciona nada relativo a la ciencia.»

FRANCK SELSIS:

«Es difícil dar una respuesta general sobre eso. Hay muchos ejemplos de esta relación, uno de ellos son las consecuencias de la Segunda Guerra Mundial en la ciencia y la tecnología, especialmente en la física nuclear, y en la inversa, la influen-

cia enorme de la amenaza nuclear en la política del mundo. Hoy, la ciencia nos advierte sobre los cambios dramáticos en el clima que estamos a punto de afrontar debido a la actividad humana. Si confiamos en estas predicciones científicas y deseamos prevenir la catástrofe, tendremos que cambiar drásticamente nuestra manera de vivir. Espero que esta decisión 'histórica' sea tomada a pesar de la posición política actual. Ésta es la clase de influencia que, espero, la ciencia pueda tener en la historia.»

STEPHANE UDRY:

«El desarrollo de la ciencia y de la tecnología a menudo se relaciona intrínsecamente con el poder político de un país que controla en gran medida la financiación de la investigación y puede influir según sus intereses principales. Los acontecimientos históricos tienen así una influencia directa en ciencia y tecnología a través de reacciones promovidas por políticas locales o globales. Las guerras han sido siempre fuertes canalizadores del desarrollo de tecnología armamentística. La carrera a la Luna proporciona otro buen ejemplo de la ciencia 'políticamente dirigida'. Por otra parte, diariamente experimentamos cambios en nuestra vida debido a las nuevas tecnologías. Esto también influye en la manera en que se gobierna el mundo (ej. Internet). Siendo optimista, espero que la ciencia, proporcionándonos un conocimiento mejor de nuestro mundo, pueda ayudar a las personas facultadas a tomar buenas decisiones, lo que sería un acontecimiento histórico.»

GÜNTHER WUCHTERL:

«Los acontecimientos históricos hacen que la gente piense o plantee problemas. En la búsqueda de soluciones, la ciencia y la tecnología están a menudo implicadas. Los buenos tiempos dan libertad a la gente de pensar y de seguir sus sueños. Entonces a menudo alcanzan las estrellas. La astronomía comenzó quizá como ciencia aplicada produciendo calendarios que mejoraran la agricultura y permitieran sociedades complejas. Pero lo más importante está en que esa ciencia, junto con la razón, ofrecen una manera de descubrir cómo funcionan las cosas y entender qué está sucediendo.»

**"LA CIENCIA Y LA
TECNOLOGÍA NO SE
DESARROLLAN EN
SOCIEDADES QUE NO
HAN PROSPERADO
HISTÓRICAMENTE."**

**"ESPERO QUE LA
CIENCIA,
PROPORCIONÁNDO NOS
UN CONOCIMIENTO
MEJOR DE NUESTRO
MUNDO, PUEDA
AYUDAR A LAS
PERSONAS
FACULTADAS A TOMAR
BUENAS DECISIONES,
LO QUE SERÍA UN
ACONTECIMIENTO
HISTÓRICO."**

El 13 de marzo de 1998, la prensa española publicaba en titulares «¿Hará la Tierra de diana?», «Un asteroide podría impactar contra la Tierra en el año 2028, según astrónomos de EEUU», «Un asteroide pasará muy cerca de la Tierra dentro de 30 años»... Se hacían eco así del anuncio de la Unión Astronómica Internacional de que el asteroide bautizado 1997-XF11 pasaría a 41.000 km de la Tierra el 26 de octubre del 2028, no descartándose un choque catastrófico. Como en ocasiones anteriores, se trataba de una falsa alarma provocada por los astrónomos y desmentida al día siguiente: «Nuevos cálculos alejan de la Tierra el paso del asteroide». «¿Por qué se hizo el comunicado a la prensa antes de presentar los datos y consultar con los colegas?». Ante este precipitado anuncio, que hizo cundir el pánico innecesariamente entre la opinión pública, la NASA recomendó que, para dar tiempo a que se revisaran los datos, los astrónomos mantuvieran en secreto durante al menos 72 horas cualquier descubrimiento de cometas o asteroides que amenazaran a la Tierra. ¿Debe silenciarse a los medios de comunicación una información de este calibre? Hay quien piensa que, a pesar de los matices, en general debe publicarse, evitar el paternalismo de los gobiernos y confiar en la profesionalidad y responsabilidad de los periodistas. Pero también hay quien justifica el silencio con argumentos como los de la película *Armageddon*, con Bruce Willis-Harry S. Stamper dispuesto a salvar al mundo.

STAMPER: «Supongo que no se lo dirá así a todos»
TRUMAN: «Nadie lo sabe y así ha de ser. Durante los próximos diez días, sólo nueve telescopios en el mundo pueden localizarlo y controlamos ocho»
«El Presidente (de EEUU) ha clasificado esta información como alto secreto. Si llegara a difundirse se produciría un colapso de los servicios sociales básicos en todo el mundo: disturbios, histeria religiosa en masa, el caos total... ya se imagina: el Apocalipsis que cita la Biblia».
STAMPER: «6.000 millones de humanos: ¿por qué me eligieron a mí?».
(Diálogo de la película *Armageddon*, 1998)



AMENAZAS CÓSMICAS

En el caso de la amenaza de una catástrofe cósmica que pudiera afectar a la Tierra, ¿ocultaría la información para que no cundiera el pánico o cree que debería informarse a la población?

TIMOTHY M. BROWN:

«Según mi experiencia, la gente trataría un inminente desastre con más elegancia y valor de lo que uno imagina. Además, el conocimiento supera la ignorancia constantemente. Por último, odio jugar a Dios. Informaría al mundo tan pronto como se conocieran los hechos, más allá de una duda razonable, y confiaría en la gente para que condujeran sus vidas.»

LAURANCE R. DOYLE:

«Informaría definitivamente a la población. No sólo podrían prepararse mejor, sino que podrían sugerir formas de tratar el problema, mejores que con algunos enfoques más oficiales.»

JAMES F. KASTING:

«Yo avisaría a la gente. No creo en ningún tipo de conspiración respaldada por el go-

bierno. Tampoco creo que las personas estén mejor asistidas no siendo conscientes de lo que pasa a su alrededor.»

RAFAEL REBOLO:

«Ya se han discutido en algunos foros cuáles serían los mecanismos de información a los gobiernos y a Naciones Unidas y cómo desde estas entidades se debe canalizar la información a la sociedad en general. Aunque la probabilidad de tal catástrofe es ínfima, los mecanismos deben existir y delimitar claramente cuál es el papel de los científicos y el de los gobernantes y representantes políticos.»

AGUSTÍN SÁNCHEZ LAVEGA:

«Realmente es difícil contestar a algo que nunca ha sucedido, y que esperamos nunca suceda, pero en una primera

impresión, entiendo que debería informarse a la población de la forma más precisa posible de la predicción catastrófica, con el fin de poder llevar adelante las medidas de evacuación o de cualquier otro tipo que pudieran adoptarse.»

FRANCK SELSIS:

«Tal vez haya alguien entre la población terrestre que pueda encontrar una manera de prevenir la catástrofe. Supongo que haría pública la información para intentar, en la medida de lo posible, evitar el pánico. También como ciudadano, preferiría saber qué está a punto de suceder. Y si el mundo se ve desbordado por el pánico y el caos, y el meteorito sólo pasa cerca de la Tierra, yo entonces cambiaría mi nombre.»

STEPHANE UDRY:

«Es un problema difícil. Personalmente, estoy a favor de la transparencia y probablemente preferiría informar al público. De alguna manera lo deberíamos hacer. Es

una cuestión de honradez. Sin embargo, en el caso de un acontecimiento de pequeña envergadura, estoy de acuerdo que el pánico puede causar más daños que la catástrofe en sí misma. No sé lo que haría en ese caso.»

GÜNTHER WUCHTERL:

«Para mí, como teórico, una catástrofe cósmica es como un desastre informático pero es más fácil como respuesta. Puesto que es más probable matar gente por una falsa alarma que por una información tardía sobre un impacto, informaría a la gente responsable de la seguridad pública tan pronto como hubiera un peligro evidente, y después de que el hallazgo se hubiese comprobado y confirmado independientemente. Tratar un desastre natural grande necesita a gente cualificada para ello y es una cuestión clave para los responsables elegidos por la sociedad. Yo trabajaría con ellos. Si no hay una reacción adecuada por parte de nuestros representantes, informaría al público.»

"EL PÁNICO PUEDE CAUSAR MÁS DAÑOS QUE LA CATÁSTROFE EN SÍ MISMA."



Imagen artística de una catástrofe cósmica. Autora: Laura Ventura (IAC).

"INFORMARÍA AL MUNDO TAN PRONTO COMO SE CONOCIERAN LOS HECHOS, MÁS ALLÁ DE UNA DUDA RAZONABLE, Y CONFIARÍA EN LA GENTE PARA QUE CONDUJERAN SUS VIDAS."

"SI NO HAY UNA REACCIÓN ADECUADA POR PARTE DE NUESTROS REPRESENTANTES, INFORMARÍA AL PÚBLICO."

I. Física Solar (1989)

- OSCAR VON DER LÜHE (Instituto de Astronomía, Zürich, Suiza)
- EGIDIO LANDI (Instituto de Astronomía, Florencia, Italia)
- DOUGLAS O. GOUGH (Instituto de Astronomía, Cambridge, Reino Unido)
- GÖRAM SCHARMER (Observatorio de Estocolmo, Suecia)
- HUBERTUS WÖHL (Instituto Kiepenheuer, Freiburg, Alemania)
- PIERRE MEIN (Observatorio de Meudon, Francia)

II. Cosmología Física y Observacional (1990)

- VALODIO N. LUKASH (Instituto de Investigación espacial, Moscú, Rusia)
- HUBERT REEVES (CEN Saclay, Francia)
- BERNARD E. PAGEL (NORDITA, Copenhague, Dinamarca)
- ANTHONY N. LASENBY (Laboratorio Cavendish, Cambridge, Reino Unido)
- JOSE LUIS SANZ (Universidad de Cantabria, España)
- BERNARD JONES (Universidad de Sussex, Reino Unido)
- JAAN EINASTO (Observatorio Astrofísico de Tartu, Estonia)
- ANDREAS G. TAMMANN (Universidad de Basilea, Suiza)

III. Formación de Estrellas en Sistemas estelares (1991)

- PETER BODENHEIMER (Observatorio de Lick, California, EEUU)
- RICHARD B. LARSON (Universidad de Yale, EEUU)
- I. FELIX MIRABEL (CEN Saclay, Francia)
- DEIDRE HUNTER (Observatorio Lowell, Arizona, EEUU)
- ROBERT KENNICUT (Observatorio Steward, Arizona, EEUU)
- JORGE MELNICK (ESO, Chile)
- BRUCE ELMEGREEN (IBM, EEUU)
- JOSE FRANCO (UNAM, México)

IV. Astronomía Infrarroja (1992)

- ROBERT D. JOSEPH (Universidad de Hawai, EEUU)
- CHARLES M. TELESCO (NASA-MSFC, Alabama, EEUU)
- ERIC E. BECKLIN (Universidad de California, Los Angeles, EEUU)
- GERARD F. GILMORE (Instituto de Astronomía, Cambridge, Reino Unido)
- FRANCESCO PALLA (Observatorio Astrofísico de Arcetri, Italia)
- STUART R. POTTASCH (Universidad de Groningen, Países Bajos)
- IAN S. McLEAN (Universidad de California, Los Angeles, EEUU)
- THIJS DE GRAAUW (Universidad de Groningen, Países Bajos)
- N. CHANDRA WICKRAMASINGHE (Universidad de Gales, Cardiff, Reino Unido)

V. Formación de Galaxias (1993)

- SIMON D. M. WHITE (Instituto de Astronomía, Cambridge, Reino Unido)
- DONALD LYNDEN-BELL (Instituto de Astronomía, Cambridge, Reino Unido)
- PAUL W. HODGE (Universidad de Washington, EEUU)
- BERNARD E. J. PAGEL (NORDITA, Copenhague, Dinamarca)
- TIM DE ZEEUW (Universidad de Leiden, Países Bajos)
- FRANÇOISE COMBES (DEMIRM, Observatorio de Meudon, Francia)
- JOSHUA E. BARNES (Universidad de Hawai, EEUU)
- MARTIN J. REES (Instituto de Astronomía, Cambridge, Reino Unido)

VI. La estructura del Sol (1994)

- JOHN N. BAHCALL (Instituto de Estudios Avanzados. Princeton, Nueva Jersey, EEUU)
- TIMOTHY M. BROWN (High Altitude Observatory, NCAR, Boulder, Colorado, EEUU)

- JORGEN CHRISTENSEN-DALSGAARD (Instituto de Física y Astronomía, Universidad de Århus, Dinamarca)
- DOUGLAS O. GOUGH (Instituto de Astronomía, Cambridge, Reino Unido)
- JEFFREY R. KUHN (National Solar Observatory, Sacramento Peak, Nuevo México, EEUU)
- JOHN W. LEIBACHER (National Solar Observatory, Tucson, Arizona, EEUU)
- EUGENE N. PARKER (Instituto Enrico Fermi, Universidad de Chicago, Illinois, EEUU)
- YUTAKA UCHIDA (Universidad de Tokio, Japón)

VII. Instrumentación para grandes telescopios: un curso para astrónomos (1995)

- JACQUES M. BECKERS (National Solar Observatory, NOAO, EEUU)
- DAVID GRAY (Universidad de Ontario Occidental, Canadá)
- MICHAEL IRWIN (Royal Greenwich Observatory, Cambridge, Reino Unido)
- BARBARA JONES (Centro de Astrofísica y Ciencia Espacial, Universidad de California en San Diego, EEUU)
- IAN S. McLEAN (Universidad de California en Los Angeles, EEUU)
- RICHARD PUETTER (Centro de Astrofísica y Ciencia Espacial, Universidad de California en San Diego, EEUU)
- SPERELLO DI SEREGO ALIGHIERI (Observatorio Astrofísico de Arcetri, Florencia, Italia)
- KEITH TAYLOR (Observatorio Anglo-Australiano, Epping, Australia)

VIII. Astrofísica estelar para el Grupo Local: un primer paso hacia el Universo (1996)

- ROLF-PETER KUDRITZKI (Observatorio de la Universidad de Munich, Alemania)
- CLAUS LEITHERER (Instituto Científico del Telescopio Espacial, Baltimore, EEUU)
- PHILLIP MASSEY (Observatorio Nacional de Kitt Peak, NOAO, Tucson, EEUU)
- BARRY F. MADORE (Centro de Análisis y Procesamiento Infrarrojo, NASA/JPL y Caltech. Pasadena, EEUU)
- GARY S. DA COSTA (Universidad Nacional de Australia, Cambera, Australia)
- CESARE CHIOSI (Universidad de Padua, Italia)
- MARIO L. MATEO (Universidad de Michigan, EEUU)
- EVAN SKILLMAN (Universidad de Minnesota, EEUU)

IX. Astrofísica con grandes bases de datos en la era Internet (1997)

- GEORGE K. MILEY (Observatorio de Leiden, Países Bajos)
- HEINZ ANDERNACH (Universidad de Guanajuato, México)
- CHARLES TELESCO (Universidad de Florida, EEUU)
- DEBORAH LEVINE (ESA, Villafranca del Castillo, Madrid, España)
- PIERO BENVENUTI (ST-SCF, Munich, Alemania)
- DANIEL GOLOMBEK (Instituto del Telescopio Espacial, Baltimore, EEUU)
- ANDREW C. FABIAN (Instituto de Astronomía, Cambridge, Reino Unido)
- HERMANN BRÜNNER (Instituto de Astrofísica de Postdam, Alemania)

X. Cúmulos globulares (1998)

- IVAN R. KING (Universidad de California, EEUU)
- STEVEN R. MAJEWSKY (Universidad de Virginia, EEUU)
- VITTORIO CASTELLANI (Observatorio Astronómico de

Capodimonte, Italia)
 - RAFFAELE GRATTON (Observatorio Astronómico de Padua, Italia)
 - REBECCA A. W. ELSON (Instituto de Astronomía, Cambridge, Reino Unido)
 - MICHAEL W. FEAST (Universidad de Ciudad del Cabo, Sudáfrica)
 - RAMÓN CANAL (Universidad de Barcelona, España)
 - WILLIAM E. HARRIS (Universidad Macmaster, Canadá)

XI. Galaxias a alto corrimiento al rojo (1999)

- JILL BECHTOLD (Universidad de Arizona, EEUU)
 - GUSTAVO BRUZUAL (CIDA, Venezuela)
 - MARK E. DICKINSON (Instituto del Telescopio Espacial, Baltimore, EEUU)
 - RICHARD S. ELLIS (Instituto Tecnológico de California, EEUU)
 - ALBERTO FRANCESCHINI (Universidad de Padua, Italia)
 - KEN FREEMAN (Observatorio de Monte Stromlo, Australia)
 - STEVE G. RAWLINGS (Universidad de Oxford, Reino Unido)

XII. Espectropolarimetría en Astrofísica (2000)

- ROBERT R.J. ANTONUCCI (Universidad de Santa Bárbara, EEUU)
 - ROGER D. BLANDFORD (National Solar Observatory, EEUU)
 - MOSHE ELITZUR (Universidad de Kentucky, EEUU)
 - ROGER H. HILDEBRAND (Instituto Enrico Fermi. Universidad de Chicago, EEUU)
 - CHRISTOPH U. KELLER (National Solar Observatory, EEUU)
 - EGIDIO LANDI DEGL'INNOCENTI (Universidad de Florencia, Italia)
 - GAUTHIER MATHYS (Observatorio Europeo Austral, Chile)
 - JAN OLAF STENFLO (Instituto Helvético de Tecnología, Zurich, Suiza)

XIII. Cosmoquímica: el crisol de los elementos (2001)

- JOSÉ CERNICHARO (Instituto de Estructura de la Materia, CSIC, España)
 - DONALD R. GARNETT (Observatorio Steward, Universidad de Arizona, EEUU)
 - DAVID L. LAMBERT (Universidad de Texas en Austin, EEUU)
 - NORBERT LANGER (Universidad de Utrecht, Países Bajos)
 - FRANCESCA MATTEUCCI (Universidad de Trieste, Italia)
 - MAX PETTINI (Instituto de Astronomía, Cambridge, Reino Unido)
 - GRAZYNA STASINSKA (Observatorio de París-Meudon, Francia)
 - GARY STEIGMAN (Universidad Estatal de Ohio, EEUU)

XIV. Materia oscura y energía oscura en el Universo (2002)

LAWRENCE M. KRAUSS (Universidad de Case Western Reserve, Ohio, EE.UU.)

PHILIP MAUSKOPF (Universidad de Gales, Reino Unido)
 JOHN PEACOCK (Observatorio Real de Edimburgo, Reino Unido)
 BERNARD SADOULET (Universidad de California, Berkeley, EE.UU.)
 RENZO SANCISI (Observatorio Astronómico de Bolonia, Italia)
 BRIAN SCHMIDT (Universidad Nacional Australiana, Australia)
 PETER SCHNEIDER (Universidad de Bonn, Alemania)
 JOSEPH SILK (Universidad de Oxford, Reino Unido)

XV. Misiones y cargas útiles en las Ciencias del Espacio (2003)

THIERRY APOURCHAUX (ESA-ESTEC, Países Bajos)
 ANDRE BALOGH (The Blackett Laboratory, Imperial College, Reino Unido)
 XAVIER BARCONS (Instituto de Física de Cantabria, CSIC-UC, España)
 ANGIOLETTA CORADINI (CNR-IASF, Italia)
 ÁLVARO GIMÉNEZ (RSSD. ESA-ESTEC, Países Bajos)
 RICHARD HARRISON (Rutherford Appleton Laboratory, Reino Unido)
 YVES LANGEVIN (Universidad de Paris-Sud, Francia)
 MARK MCCAUGHREAN (Instituto de Astrofísica de Postdam, Alemania)
 MICHAEL PERRYMAN (ESA-ESTEC, Países Bajos)
 JOSÉ MIGUEL RODRÍGUEZ ESPINOSA (IAC-GTC, España)
 GERHARD SCHWEHM (ESA-ESTEC, Países Bajos)

ACTOS PARALELOS

Domingo 21:

Inscripción y cóctel de bienvenida.

Martes 23:

Encuentro con SS.AA.RR. los Príncipes de Asturias

Miércoles 24:

Visita de trabajo al Observatorio del Teide (Tenerife).

Viernes 26:

Visita al Instituto de Astrofísica de Canarias, en La Laguna.

Conferencia de divulgación a cargo del Prof. ÁLVARO GIMÉNEZ (ESA), titulada "A la búsqueda de planetas extrasolares: pasado, presente y perspectivas para el futuro", en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife

Cena en el Instituto de Astrofísica, en La Laguna.

Martes 30:

Visita a las bodegas Monje.

Jueves 2:

Cena oficial de clausura.

EDICIONES

VOLÚMENES PUBLICADOS CANARY ISLANDS WINTER SCHOOLS OF ASTROPHYSICS

La editorial científica *Cambridge University Press* ha publicado los siguientes volúmenes sobre las Escuelas de Invierno que han precedido a la actual.

1. Solar Observations: Techniques and interpretation. F. SÁNCHEZ, M. COLLADOS y M. VÁZQUEZ.
2. Observational and Physical Cosmology. F. SÁNCHEZ, M. COLLADOS y R. REBOLO.
3. Star Formation in Stellar Systems. G. TENORIO-TAGLE, M. PRIETO y F. SÁNCHEZ.
4. Infrared Astronomy. A. MAMPASO, M. PRIETO y F. SÁNCHEZ.
5. The Formation and Evolution of Galaxies. C. MUÑOZ-TUÑÓN y F. SÁNCHEZ.
6. The Structure of the Sun. T. ROCA-CORTÉS y F. SÁNCHEZ.
7. Instrumentation for Large Telescopes. J.M. RODRÍGUEZ-ESPINOSA, A. HERRERO y F. SÁNCHEZ.
8. Stellar Astrophysics for the Local Group. A. APARICIO, A. HERRERO y F. SÁNCHEZ.
9. Astrophysics with Large Databases in the Internet Age. M. KIDGER, I. PÉREZ-FOURNON y F. SÁNCHEZ.
10. Globular Clusters. I. PEREZ-FOURNON, C. MARTÍNEZ ROGER y F. SÁNCHEZ.
11. Galaxies at High Redshift. F. MORENO-INSERTIS, I. PEREZ-FOURNON, M. BALCELLS y F. SÁNCHEZ.
12. Astrophysical Spectropolarimetry. J. TRUJILLO BUENO, F. MORENO-INSERTIS y F. SÁNCHEZ.
13. "Cosmochemistry. The Melting pot of Elements". C. ESTEBAN, A. HERRERO, R.J. GARCÍA LÓPEZ y F. SÁNCHEZ.

XV CANARY ISLANDS WINTER SCHOOL OF ASTROPHYSICS

"Misiones y cargas útiles en las Ciencias del Espacio"

Instantáneas

SS.AA.RR.
los Príncipes de Asturias, Don Felipe y Doña Letizia, realizaron una visita privada al IAC, en La Laguna (Tenerife), el martes 23 de noviembre. La razón de esta visita era conocer personalmente la marcha de la construcción del Gran Telescopio CANARIAS (GTC) así como a los investigadores más jóvenes del IAC y a los participantes -alumnos y profesores- de la XVI Canary Islands Winter School of Astrophysics. Uno de los organizadores de esta Escuela, Juan Antonio Belmonte, explicó a SS.AA.RR. el tema de esta edición, dedicada a los planetas extrasolares y a las perspectivas para el futuro en la detección de este tipo de objetos.





PARTICIPANTES EN LA XVI CANARY ISLANDS WINTER SCHOOL OF ASTROPHYSICS



INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS (IAC)

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA (La Laguna, TENERIFE)

C/ Vía Láctea, s/n
E38200 LA LAGUNA (TENERIFE). ESPAÑA
Teléfono: 34 - 922 605200
Fax: 34 - 922 605210
E-mail: cpv@ll.iac.es
<http://www.iac.es>

Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI)

Teléfono: 34 - 922 605186
Fax: 34 - 922 605192
E-mail: otri@ll.iac.es
<http://www.iac.es/otri>

Oficina Técnica para la Protección de la Calidad del Cielo (OTPC)

Teléfono: 34 - 922 605365
Fax: 34 - 922 605210
E-mail: fdc@ll.iac.es
<http://www.iac.es/proyect/optc>

OBSERVATORIO DEL TEIDE (TENERIFE)

Teléfono: 34 - 922 329100
Fax: 34 - 922 329117
E-mail: teide@ot.iac.es
<http://www.iac.es/ot>

OBSERVATORIO DEL ROQUE DE LOS MUCHACHOS (LA PALMA)

Apartado de Correos 303
E38700 SANTA CRUZ DE LA PALMA
Teléfono: 34 - 922 405500
Fax: 34 - 922 405501
E-mail: adminorm@orm.iac.es
<http://www.iac.es/gabinete/orm/orm.htm>