

# Un planeta engullido por su estrella

Investigadores del instituto de astrofísica de Canarias y del observatorio de Génova se apuntan un importante hallazgo. Uno o varios planetas habrían sido absorbidos por la estrella HD82943, apoyando la hipótesis de migración de planetas gigantes que sugieren los descubrimientos de planetas extrasolares.

**Josep M. Trigo,**

astrofísico, profesor asociado del Depto. Ciencias Experimentales, Universidad Jaume I.

Desde que un equipo de astrofísicos del observatorio de Ginebra liderado por Michael Mayor anunciase en el año 1995 la existencia del primer planeta extrasolar han pasado apenas seis años pero desde entonces se han sucedido exponencialmente los descubrimientos. Hoy en día se conocen cerca de sesenta planetas extrasolares y este número aumenta implacablemente. El descubrimiento en 1995 de ese primer planeta alrededor de la estrella 51 Pegaso reveló lo que entonces se pensó una anomalía: la oscilación de esta estrella sólo podía explicarse si era originada por un planeta de grandes dimensiones girando muy cerca de la estrella. Esto era totalmente nuevo para los planetólogos pues en nuestro Sistema Solar los planetas gigantes se encuentran a grandes distancias de la estrella e incluso nuestros modelos de formación de tales planetas no permiten explicar que se formen mucho más cerca.

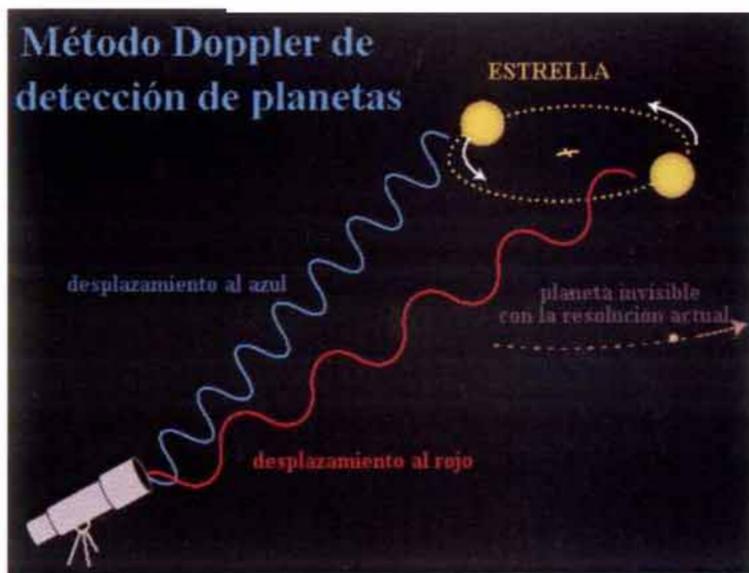
La cuestión es que lo que en un principio parecía anómalo, se ha convertido en frecuente. En sólo seis

años se han descubierto varios sistemas extrasolares cuyos planetas deben ser gigantes gaseosos (similares o incluso más masivos que nuestro Júpiter) y que además se encuentran a distancias a su estrella tan próximas que parecen contradecir las teorías actuales. De hecho, rápidamente se han sugerido explicaciones alternativas como por ejemplo la hipótesis de que tales planetas se hayan originado a distancias mayores pero hayan migrado progresivamente debido a perturbaciones gravitatorias.

Hoy en día la técnica utilizada mayoritariamente para descubrir otros planetas es la Doppler. Hemos dicho que la mayoría de los planetas descubiertos hasta ahora son anómalos, es decir, comparados con los que conocemos en nuestro sistema solar, son muy diferentes. Un ejemplo lo constituye el hecho que

**Figura 1.** Visión al atardecer de los diferentes componentes del VLT ubicado en el excepcional emplazamiento de La Silla (Chile). Imagen European Southern Observatory (ESO).





**Figura 2.** La técnica Doppler se basa en el análisis del corrimiento periódico del espectro estelar debido a su movimiento respecto a nosotros.

hasta ahora se hayan detectado sobre todo planetas gigantes muy próximos a otras estrellas. Si conocemos las limitaciones de la técnica Doppler, esto no nos extrañará nada. Las variaciones en la velocidad relativa de las estrellas respecto a nosotros se manifiestan en los espectros estelares por el efecto Doppler. Si la estrella estudiada posee un planeta a su alrededor, se pondrá en evidencia que la estrella gira en torno al del centro de masas del sistema. Lo que supondrá que, a veces, la estrella se acerque y otras veces se aleje del observador, de manera que se producirá un corrimiento periódico, respectivamente, hacia el azul o el rojo del espectro estelar.

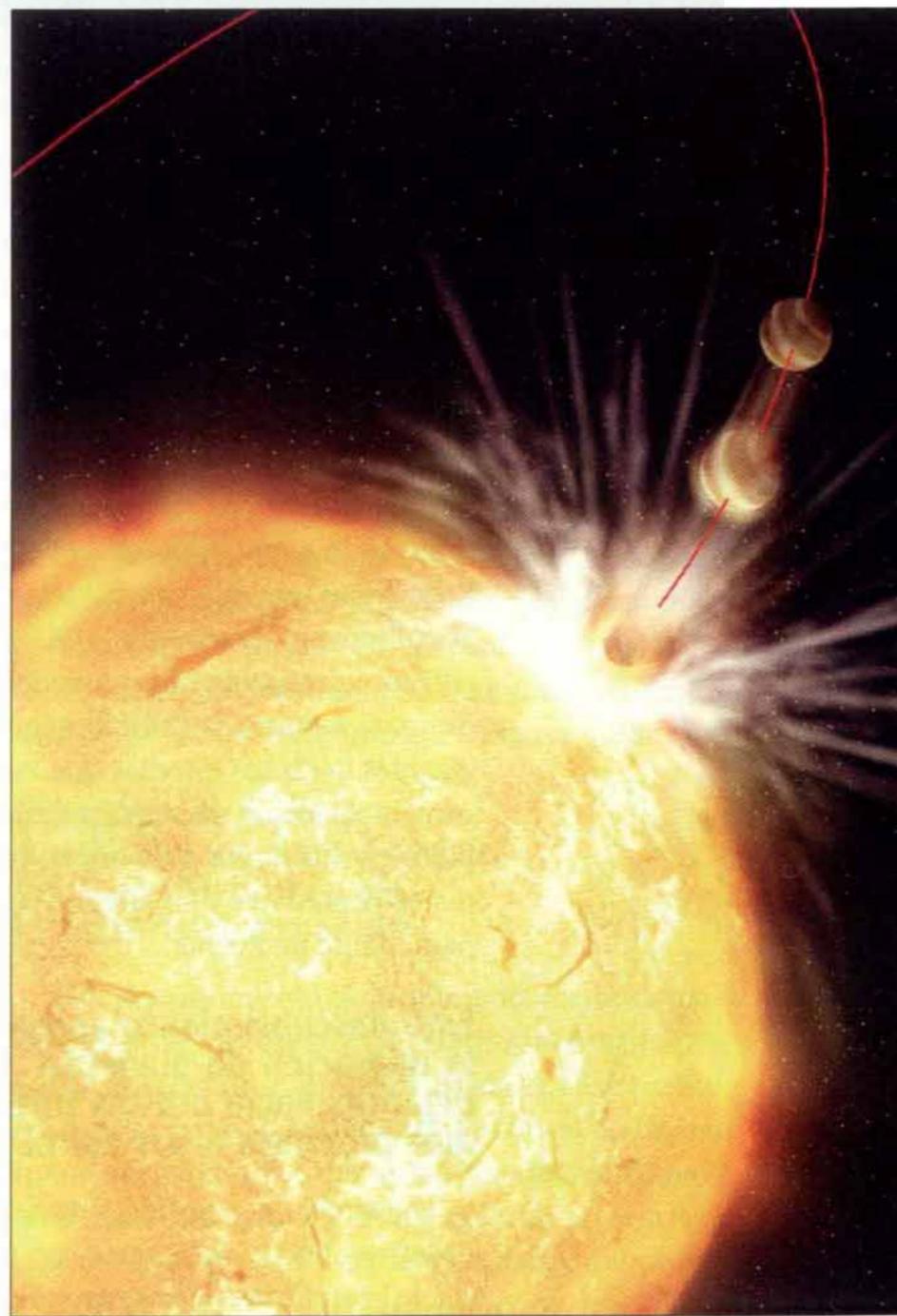
### La precisión en la técnica Doppler sólo ha permitido hasta la fecha detectar planetas gigantes

Como se aprecia en la figura 2 al girar alrededor del centro de masas del sistema estrella-planeta, habrá momentos en que la estrella se acerque y otros en que se aleje de nosotros. Con esta técnica hasta ahora, media docena de equipos de investigación de vanguardia han analizado más de trescientas estrellas, consiguiendo medidas suficientemente precisas como para detectar planetas gigantes tan alejados de la estrella como nuestro Júpiter. Pero hasta ahora las medidas no son capaces de detectar planetas terrestres, con masas tan pequeñas que ocasionarían cambios casi imperceptibles en la velocidad relativa de las estrellas. Esta baja precisión actual es la causante de que mayoritariamente se hayan detectado planetas gigantes muy cerca de sus estrellas.

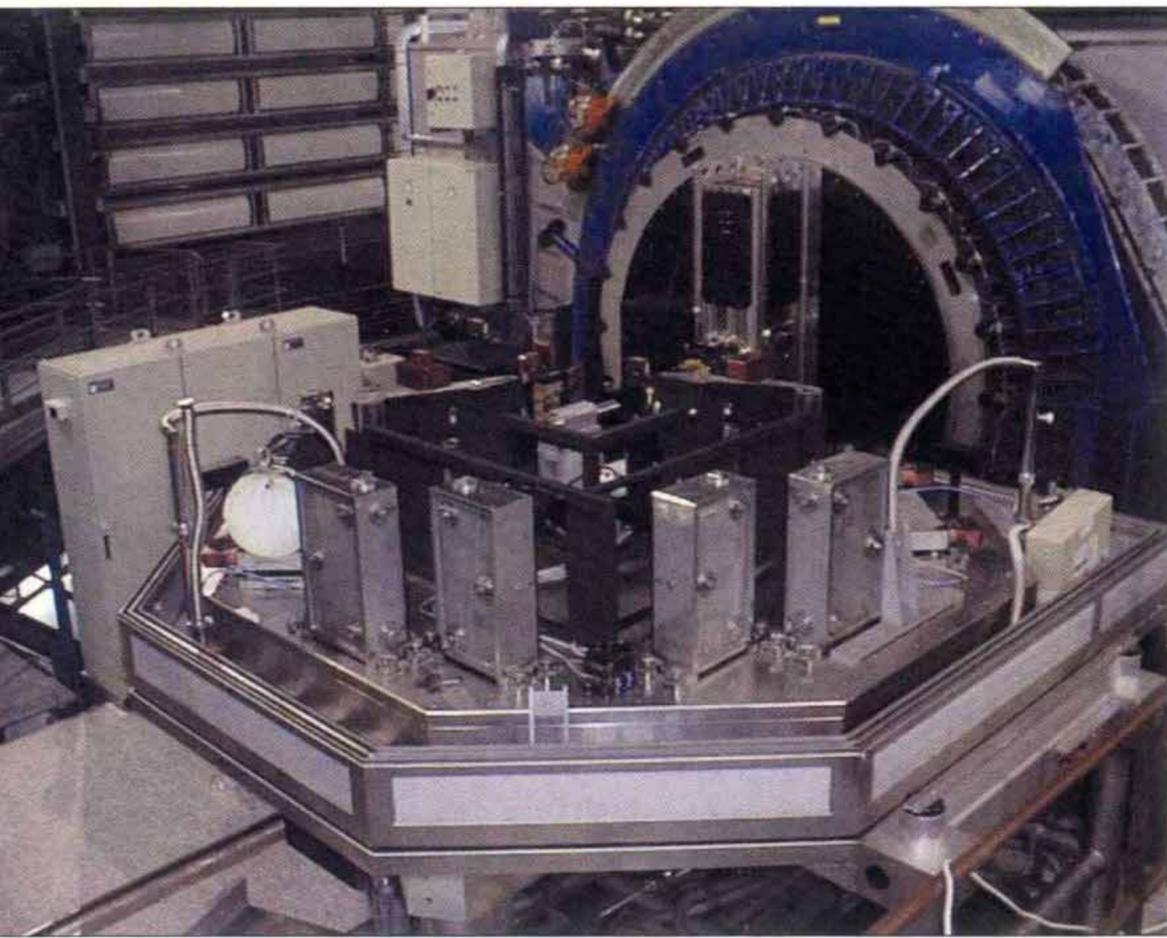
Los primeros descubrimientos de planetas con esta técnica nos han proporcionado muchísima información. Los más de 60 sistemas planetarios descubiertos hasta la fecha nos debe hacer reflexionar sobre las circunstancias que envuelven a la formación de planetas en otras estrellas, quizás no tan limitadas como

parecía deducirse de algunos modelos. Si realmente los planetas de grandes dimensiones descubiertos hasta ahora son sólo una pequeña parte de los existentes, nos abre la esperanza de que los planetas de tipo terrestre, a pesar de que todavía no hayamos sido capaces de revelar su presencia, sean todavía más numerosos.

**Un planeta engullido por su estrella.** El pasado mes de mayo el Observatorio Europeo Austral (ESO) y el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) anunciaron el descubrimiento a cargo de los investigadores del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) Garik Israelian y Rafael Rebolo en colaboración con Nuno Santos y el mismo Michael Mayor del observatorio de Ginebra (Suiza). El trabajo de investigación, publicado en la prestigiosa revista Nature del 10 de mayo de 2001, revela la detección de un alto contenido del isótopo litio-6 en la estrella catalogada como HD



**Figura 3.** Reconstrucción de la secuencia de caída de un planeta gigante sobre la estrella HD82943. La enorme masa involucrada en ese proceso posiblemente hizo que la energía de aquel impacto fuese unas cien mil millones de veces superior a la observada por el impacto del cometa Shoemaker-Levy 9 sobre Júpiter.



**Figura 4.** Visión del espectrógrafo de alta resolución UVES que ha permitido detectar inequívocamente la presencia de Litio-6. Imagen ESO.

82943 que se proyecta en la constelación de Hidra. Esta estrella, ligeramente más grande y caliente que nuestro Sol alberga, como se anunció en abril de 2001, al menos dos planetas gigantes a su alrededor.

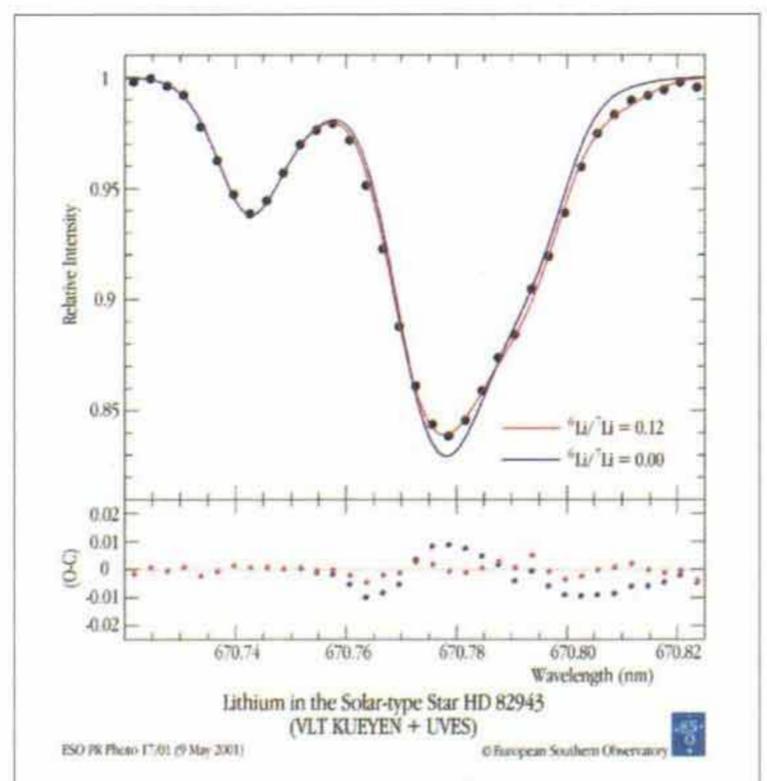
La presencia de Litio-6 es realmente reveladora por las implicaciones directas que tiene sobre los planetas existentes a su alrededor. Este isótopo de litio no puede sobrevivir a las etapas evolutivas iniciales de estrellas de tipo solar, ricas en metales por lo que necesariamente debe haber sido incorporado a la estrella en tiempos recientes. Lo realmente interesante es la explicación que el equipo de Mayor y Rebolo han sugerido: una planeta debe de haber sido engullido por la estrella HD82943. Esta hipótesis entronca precisamente en una de las teorías sugeridas para explicar la posible migración de planetas gigantes hacia sus estrellas que, como caso extremo, contempla el que puedan ser desintegrados y engullidos por las fuerzas de marea estelares al aproximarse demasiado a la estrella y superar el denominado límite de Roche.

### Este descubrimiento apoya la migración de planetas gigantes hacia órbitas internas más próximas a sus estrellas

La estrella en cuestión situada en declinaciones negativas puede observarse con menor interferencia de la atmósfera terrestre desde el Hemisferio Sur. Por ello los investigadores realizaron sus observaciones desplazándose a Chile, usando uno de los modernos telescopios de 8 metros de diámetro del *European Southern Observatory* situado en Cerro Paranal a nada menos que 2.635 metros sobre el nivel del mar. El emplazamiento y sus condiciones atmos-

féricas proporcionan un entorno ideal para la observación astronómica y de hecho un 78% de las noches permiten realizar fotometría estelar de precisión. En concreto los investigadores usaron el telescopio KUEYEN VLT de 8,2 metros acoplado al espectrógrafo de alta resolución UVES. Este espectrógrafo extraordinariamente sensible les facilitó un espectro de altísima resolución de la estrella HD82943 en donde fueron capaces de vislumbrar la presencia inequívoca de este isótopo de litio inesperado en fotosferas estelares.

Los investigadores del IAC llevan años investigando las propiedades de tales isótopos que resultan de muy corta vida en estrellas. De hecho el equipo de Rafael Rebolo ha analizado las propiedades de tales isótopos para caracterizar enanas marrones, las estrellas más diminutas que se pueden formar. Tales estrellas se consideran el eslabón perdido durante muchos años entre planetas gigantes y estrellas. Un planeta gaseoso que durante su formación acumulase más de 13 veces la masa de Júpiter se transformaría en una enana marrón. Tal tipo de estrella luce durante un breve período de tiempo pues su masa sólo le permite fusionar deuterio en su interior. Precisamente un equipo liderado por Rafael Rebolo descubrió en 1995 las primeras estrellas enanas marrones rastreando el cúmulo de las Pléyades. La primera detectada se bautizó como Teide 1 en honor al observatorio del Teide. Posteriormente la naturaleza subestelar de este objeto fue confirmada precisamente mediante la detección de litio realizada en el telescopio de 10m Keck.



**Figura 5.** Esta gráfica muestra el espectro de la estrella HD 82943 obtenida por UVES donde se aprecia la región alrededor de la línea de absorción del Litio. Las observaciones ajustan perfectamente a un cociente de abundancias  ${}^6\text{Li}/{}^7\text{Li}=0,12$ .



**Figura 6.** Alrededor de muchas estrellas existen innumerables planetas que quizás visitemos en el futuro. Imagen de John Whatmough.

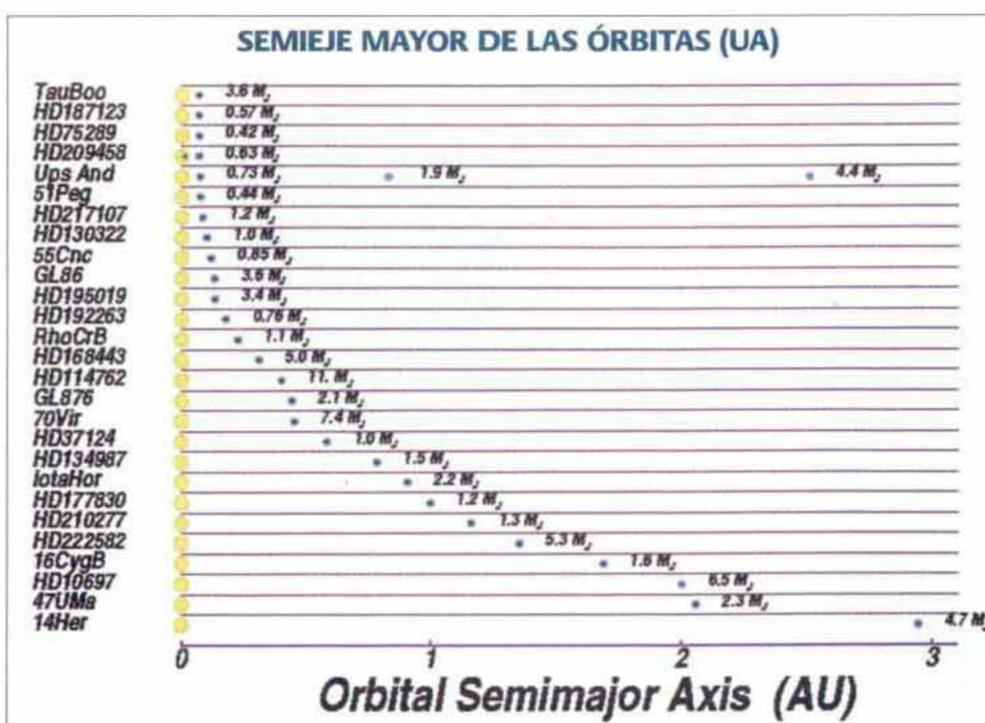
La importancia de la detección del litio-6 radica en que éste no pueden existir en estrellas de edad similar a la del Sol como es la observada ya que es destruido rápidamente en las primeras fases evolutivas, cuando tales estrellas se encuentran en su juventud. Sin embargo el litio-6 si que queda almacenado y preservado en planetas gigantes o enanas marrones que, dada su baja masa, en sus interiores no pueden alcanzar la temperatura suficiente para destruir ese isótopo en reacciones nucleares de fusión.

En la investigación se ha analizado la proporción de litio-6 frente a la de litio-7. Tal cociente de abun-

dancias se ha encontrado ser muy similar al contenido en meteoritos del Sistema Solar lo que sugiere que el litio-6 detectado en la estrella provenga de uno o más planetas que hayan caído sobre la estrella como consecuencia de interacciones gravitatorias con algún otro planeta o con un posible disco protoplanetario. La abundancia de litio detectada sugiere que tal planeta podría haber sido de una masa dos o tres veces superior a la de Júpiter y con una composición química similar. Sin embargo, no se puede concluir demasiado sobre las características de ese planeta pues las abundancias de litio no permiten discriminar si por el contrario el planeta fuese de tipo terrestre con una abundancia química similar a la de los meteoritos del Sistema Solar.

### El equipo de Rebolo constituye un claro ejemplo del magnífico nivel de la Astrofísica española

Este descubrimiento protagonizado por investigadores del IAC es una buena muestra del magnífico estado de salud de la astrofísica española. La detección de planetas extrasolares se ha convertido en un campo enormemente atractivo que en la última década ha proporcionado interesantes datos sobre la presencia y características de otros sistemas planetarios. Las próximas décadas se prometen especialmente fructíferas, esperando confirmar la existencia de muchos más planetas, e incluso observarlos directamente mediante técnicas interferométricas que utilizarán diversos telescopios alineados geoméricamente en órbita terrestre para detectar sutiles oscilaciones alrededor de las estrellas mucho más alejadas. Se espera que la resolución de



**Figura 7.** unos planetas extrasolares descubiertos hasta la fecha. Se indica el nombre de la estrella, la masa aproximada del planeta multiplicada por el seno de la inclinación de la órbita ( $M \cdot \sin i$ ) y el período de revolución del planeta alrededor de dicha estrella (en días). Adaptado de G. Marcy, Universidad de Berkeley.

## Todavía no se ha obtenido una imagen directa de un planeta extrasolar

Hoy por hoy es casi imposible detectar planetas extrasolares, principalmente por su débil luminosidad y, por otra parte, a causa de la proximidad angular de estos objetos a sus estrellas. Sin embargo, las técnicas interferométricas previstas para las próximas décadas trabajando en el dominio infrarrojo serán capaces de obtener imágenes directas de planetas alrededor de estrellas más próximas. A pesar de las limitaciones actuales, la alta resolución angular de la cámara del infrarrojo cercano (NICMOS) del telescopio espacial Hubble ha permitido que comencemos a soñar con la observación directa de planetas aunque todavía no se haya detectado ninguno.

Pero a veces soñamos despiertos. En el año 1998, un equipo de investigadores de la Extrasolar Research Corporation y del Jet Propulsion Laboratory, dirigidos por S. Terebey, dio a conocer la presunta detección directa de un planeta gigante de unas quince veces el tamaño de Júpiter alrededor de una estrella doble llamada TMR-1, situado en la región de formación estelar de la constelación de Tauro. Según propusieron



En el año 1998, el equipo de la Dra. Susan Terebey (Extrasolar Research Corp., NASA) anunció la detección directa del primer planeta extrasolar (señalado aquí como TMR-1C) a partir de unas imágenes obtenidas por el telescopio espacial Hubble. Se equivocaban pues en realidad se trataba de una estrella situada en el fondo de la imagen, atenuada por el polvo interestelar.

sus descubridores al estudiar la imagen, el protoplaneta bautizado TMR-1C se encontraría distanciado de la estrella binaria unas 1400 veces la distancia de la Tierra al Sol. Para explicar esta enorme distancia y una especie de filamento que se extiende desde las estrellas hasta llegar al presunto protoplaneta, se propuso que este objeto fue lanzado fuera de su sistema estelar a causa de padecer un impulso gravitatorio por parte de la estrella binaria. A pesar de todas esas curiosas hipótesis dos años después los mismos investigadores la desmintieron en la revista «The Astronomical Journal». El presunto planeta al ser analizado en detalle se comprobó que era tan sólo una estrella de fondo, cuya luz era atenuada y enrojecida por el polvo interestelar dando la ilusión de que se encontraba en la vecindad de la brillante estrella. Un ejemplo más de que la carrera en busca del primer planeta registrado ópticamente también conduce a grandes precipitaciones. Nadie quiere perder la oportunidad de realizar un descubrimiento tan importante, incluso a costa de equivocarse.

los telescopios a alcanzar en las próximas décadas, sea suficiente para observar directamente planetas alrededor de estrellas próximas. Todo ello presupone resolver problemas hasta ahora insalvables, ya que la separación angular de un planeta a su estrella es ínfima, por ello se necesita un poder resolutivo extraordinario. Además, los planetas son cinco órdenes de magnitud más débiles en el dominio infrarrojo que la estrella sobre la que giran frente a varios órdenes de magnitud superior en el rango visible. Por todo ello en los últimos tiempos se ha trabajado en el desarrollo de nuevas técnicas junto a detectores infrarrojos de muy alta resolución que permitan en el futuro detectar planetas como nuestra Tierra alrededor de otras estrellas.

**Técnicas para la caza de planetas extrasolares.** Comienzan a utilizarse otras técnicas para detectar planetas extrasolares, algunas con un gran futuro, como

el estudio de los tránsitos planetarios, la astrometría de precisión o bien la detección directa con detectores infrarrojos. La idea del tránsito es relativamente sencilla, porque se basa en estudios sistemáticos sobre la luminosidad de muchas estrellas. En principio, podríamos esperar la presencia de planetas alrededor de alguna estrella seleccionada. Si la inclinación del plano de movimiento de los planetas es la adecuada, podríamos ver el tránsito de planetas ante el disco estelar, lo que reduciría periódicamente la luminosidad de la estrella. A pesar de que puede parecer muy afortunado un descubrimiento así, se calcula que, para un planeta de tipo terrestre situado a una distancia a la estrella parecida a la de nuestra Tierra, habrá un 1% de probabilidades de que su disco pase por delante de la estrella. Además, tenemos infinidad de estrellas para estudiar sin que nos afecte el hecho de que estén muy alejadas. También podría-

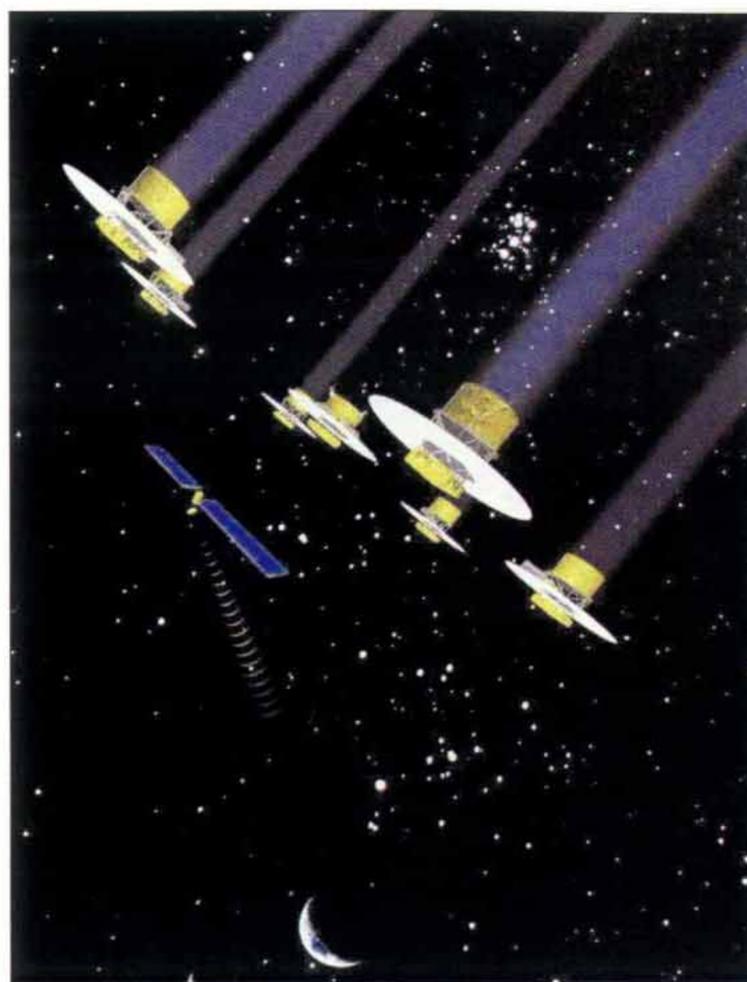
mos ser capaces de deducir con mucho cuidado el período de revolución y el tamaño del planeta. Necesitamos, no obstante, unos fotómetros de alta precisión, capaces de detectar ínfimas caídas en la luminosidad de la estrella estudiada. El problema principal es que tales estudios necesitan un seguimiento continuo y individualizado, excepto si usamos fotómetros de nueva generación, capaces de analizar múltiples estrellas dentro de un mismo campo.

El estudio astrométrico de alta precisión del movimiento propio de algunas estrellas ya se ha utilizado para deducir la presencia de compañeros invisibles en otras estrellas. De hecho ya en el año 1844, al estudiar el movimiento de Sirio, la estrella más brillante del cielo, se llegó a la conclusión de que en vez de seguir un desplazamiento lineal en la bóveda celeste oscilaba por el hecho de poseer un compañero invisible. Se trataba de una enana blanca, estrella de aproximadamente la masa solar, pero de una luminosidad trescientas veces menor. Evidentemente, detectar la presencia de planetas alrededor de estrellas con esta técnica es mucho más sutil, ya que la masa planetaria puede ser millones de veces menor que la estelar. En consecuencia, la oscilación de la estrella sería tan diminuta que podría pasar desapercibida. Por otra parte, será más difícil de detectar cuanto más pequeño sea el movimiento de la estrella, es decir, su desplazamiento anual en la bóveda celeste. Todas las estrellas tienen un movimiento propio, consecuencia de su desplazamiento en la Vía Láctea; pero cuanto más lejos esté la estrella de nosotros, más pequeño será. Por ello costará más encontrar la evidencia de oscilaciones sutiles causadas por planetas.

Muchos investigadores tienen las esperanzas pue-



**Figura 8.** El «canibalismo estelar» podría ser un fenómeno común sobre planetas formados muy próximo a su estrella.



**Figura 9.** Representación esquemática del proyecto de interferómetro espacial Darwin. Imagen Alcatel

tas en el desarrollo de técnicas interferométricas capaces de detectar directamente planetas alrededor de las estrellas más próximas. Las técnicas en cuestión necesitan básicamente diversos telescopios alejados estratégicamente entre ellos para reconstruir el frente de onda como si se tratara de un inmenso telescopio. Además, necesitarán el uso de detectores infrarrojos de última generación. De esta manera se elimina mucha luminosidad estelar y se pueden alcanzar planetas situados más próximos a sus estrellas. La Agencia Espacial Europea (ESA) y la americana (NASA) tienen previsto realizar diversos programas (Darwin, FIRST y SIRTF, por ejemplo) para situar unos cuantos telescopios en el espacio aplicando las técnicas interferométricas que tan útiles se han mostrado en radioastronomía. En definitiva, asistimos al nacimiento y rápido desarrollo de un nuevo campo de la astrofísica que nos sugiere que los planetas no son, ni muchísimo menos, un patrimonio único de nuestro Sol.

**J. M. T. ■**

**Para más información:**

- Israelian G. et al., 2001, «Evidence for planet engulfment by the star HD82943», *Nature* 411, 163.
- Rebolo R., A. Magazzù y E. Martín «Lithium and the Nature of Brown Dwarf Candidates» en «*The Bottom of the Main Sequence and Beyond*», ed. C.G. Tinney, ESO Astrophysics Symposia, p. 159.
- Rebolo, R., Martín, E.L., Magazzù, A. 1992, *Astrophysical Journal* 389, L83
- Trigo i Rodríguez J.M. 2001, «El origen del Sistema Solar», Editorial Complutense, Madrid.