

DESCUBRIR MUNDOS EN TRÁNSITO

Desde hace miles de años, el hombre ha imaginado otros mundos con su fantasía. Otros mundos como la Tierra, o mundos bastantes diferentes. Fuera del sistema solar, los primeros mundos (o planetas) se encontraron en el año 1995, resultando ser bastante diferentes a lo esperado. Eran planetas grandes como Júpiter, pero tan cercanos a su estrella central que su "año" dura solamente unos pocos días terrestres y su superficie soporta temperaturas de varios cientos de grados. A partir de entonces, se han descubierto quince de estos planetas a los que se ha denominado "Júpiter calientes", más otros cincuenta planetas con temperaturas más suaves, pero todos con tamaños varias veces mayores que el de la Tierra. Todos estos descubrimientos se han producido mediante la detección de las variaciones de la velocidad radial de sus estrellas centrales. El siguiente paso, y más importante, debe de ser el descubrimiento de planetas con un tamaño y temperatura similares a los de la Tierra y que ofrezcan las condiciones básicas para albergar vida. Es en este caso cuando verdaderamente podríamos hablar de "otros mundos". Sin embargo, el empleo del método de la velocidad radial plantea un obstáculo insuperable: estos planetas son tan

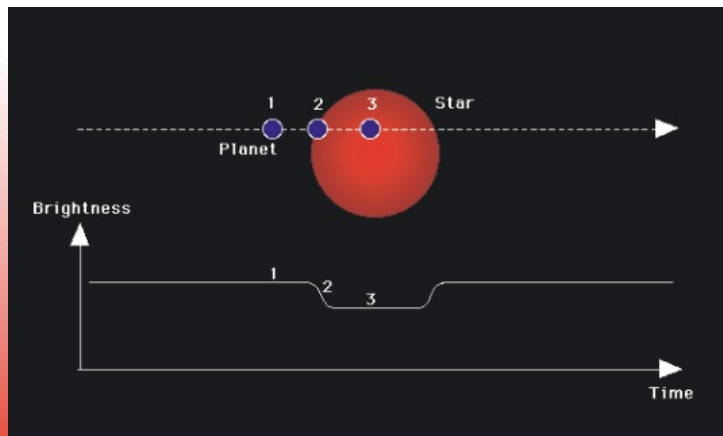


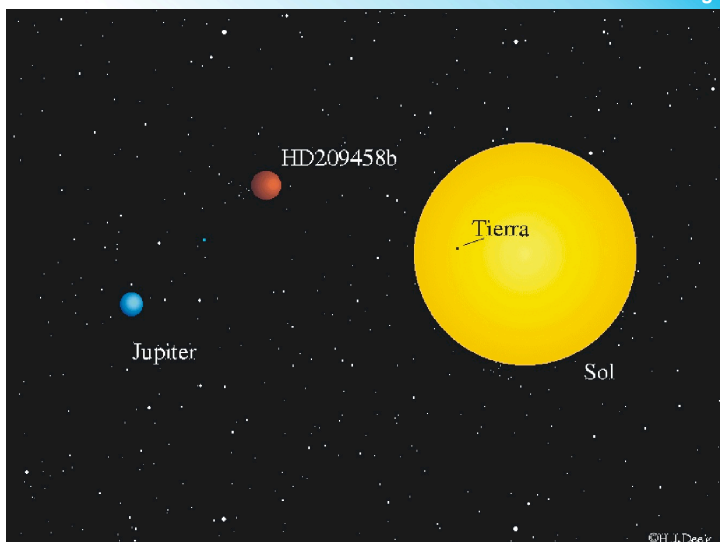
Fig. 1

pequeños y ligeros que las variaciones de velocidad radial que originan en sus estrellas centrales son demasiado pequeñas para medirlas sobre el fondo del "ruido" emitido por los movimientos de las superficies mismas de las estrellas.

“cazar planetas con tránsitos tampoco es simple”

Las limitaciones de este método implican la necesidad de buscar otros. El de los tránsitos podría ser un buen candidato. Es muy simple en su concepto: consiste en medir el cambio del brillo de una estrella cuando uno de sus planetas pasa por delante de ella, con lo que oscurece parte de la misma (Fig. 1). Pero "cazar" planetas con tránsitos tampoco es simple. En primer lugar, para tener tránsitos, se requiere que las órbitas de los planetas estén inclinadas de tal manera que pasen por delante de su estrella central. La probabilidad para que este alineamiento se produzca es del orden de un 1% en estrellas al azar. Como no se sabe la inclinación de las órbitas planetarias, la solución radica en observar un gran número de estrellas simultáneamente. En segundo lugar, puede ocurrir que se tenga que esperar bastante tiempo para detectar un tránsito: el paso de un planeta delante de su estrella dura sólo unas horas, lo cual ocurre solamente una vez durante su periodo orbital, pudiendo durar éste pocos días o varios años. Por último, un planeta es minúsculo en comparación con su estrella, y sólo puede ocultar una pequeña fracción de luz estelar durante su tránsito. Esta fracción puede suponer aproximadamente el 1% en el caso de un planeta del tamaño de Júpiter delante de una estrella como el Sol, o sólo un 0.01% durante el tránsito de un planeta terrestre delante del mismo tipo de estrella (Fig. 2).

Fig. 2



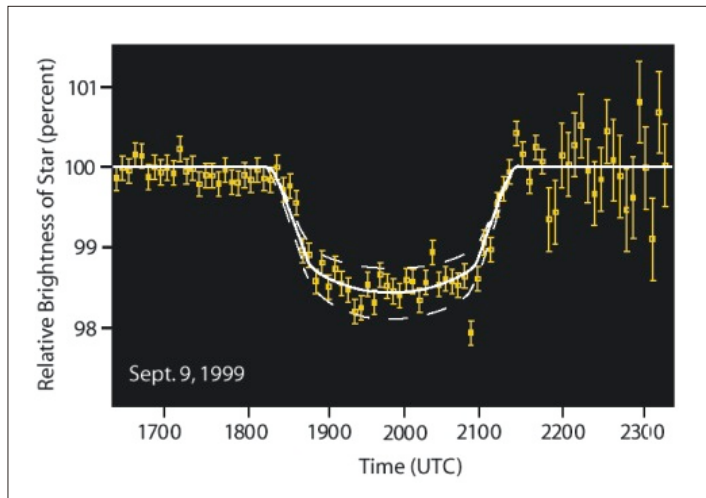


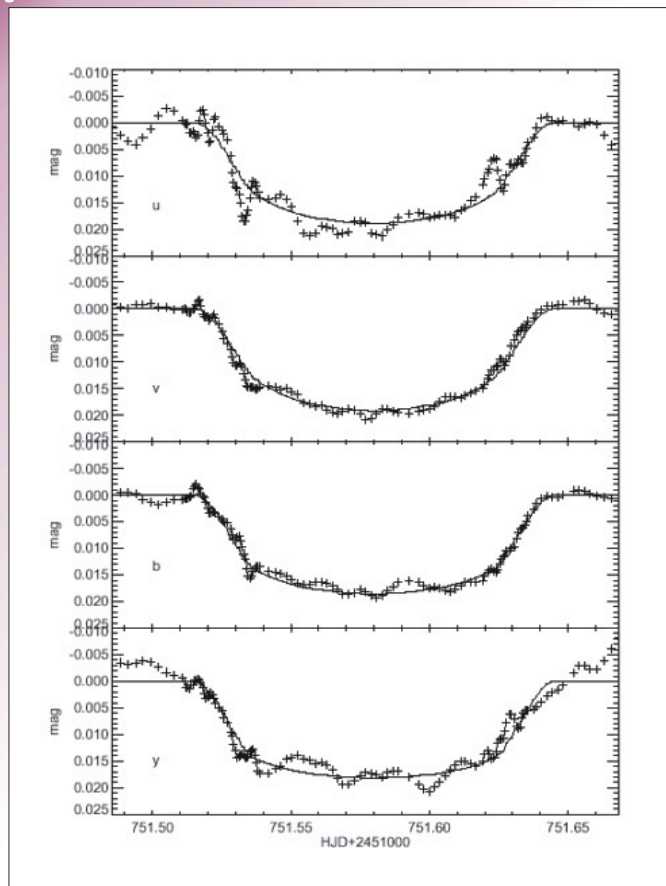
Fig. 3

Estos factores han sido los principales obstáculos para el *descubrimiento* de planetas extrasolares con el método de los tránsitos. El primer proyecto observacional llevado a cabo con este método fue el proyecto "TEP (Transit of Extrasolar Planets)" durante los años 1994-2000. Bajo la dirección de L. Doyle (SETI en EEUU) y de uno de los autores (HD), el TEP reunió más de mil horas de observaciones de la estrella binaria eclipsante CM Dra desde telescopios en EEUU, España, Francia y Rusia entre otros. Esta estrella fue elegida al considerar que un planeta que gire alrededor de un sistema binario debería estar en el mismo plano que la estrella central. Así, un sistema binario eclipsante también tendrá que mostrar eclipses de sus planetas más cercanos. Con este proyecto no se llegó a detectar ningún candidato convincente con un diámetro mayor o igual a 2.5 veces el terrestre. Posteriormente, en 1999, los investigadores Charbonneau, Brown y colaboradores detectaron el primer tránsito planetario, aunque se trataba de un planeta descubierto anteriormente con el método de las velocidades radiales (Fig. 3). Este planeta, de la estrella HD209458, es un típico representante de los "Júpiter calientes" -un planeta con 1.4 veces el diámetro de Júpiter, que rota alrededor de su estrella central en sólo 3.5 días, y que tiene una temperatura superficial de varios cientos de grados-. Debido a la relativa facilidad para observar este tránsito, que ocurre cada 3.5 días con un descenso del brillo del 1.8% durante 3 horas, se produjo una verdadera bonanza en cuanto a tomar observaciones de curvas de luz de este sistema. Se llevaron a cabo observaciones tanto desde el telescopio espacial Hubble como desde telescopios de aficionados a la Astronomía. También participamos

desde el Observatorio de Sierra Nevada con el telescopio de 90cm. Tomamos las que son hasta la fecha las mejores curvas de luz obtenidas desde la Tierra (Fig. 4). En muy poco tiempo, este planeta se ha convertido

en el mejor estudiado de todos los extrasolares: el simple hecho de causar tránsitos fija la inclinación de su órbita muy cerca de 90° . El método de las velocidades radiales permite adicionalmente medir la masa de los planetas, aunque sólo multiplicada por un factor $\sin i$, donde i es la inclinación. Puesto que con la observación de tránsitos se conoce i , la masa verdadera del planeta puede fijarse. El tamaño del planeta también puede evaluarse según el cambio de brillo de la estrella durante el tránsito, lo que además permite derivar su densidad. Todos estos parámetros se conocen actualmente con una precisión mejor que el 5%. Las curvas de luz de alta precisión tomadas desde el OSN se han utilizado además para medir por primera vez la distribución del brillo sobre el disco de la estrella central (la función de "oscurecimiento hacia el borde"). Recientemente, Charbonneau y sus colaboradores han publicado los primeros rasgos espectroscópicos de la atmósfera del planeta, empleando comparaciones del espectro del HD209458 dentro y fuera del tránsito (Fig. 5).

Fig. 4



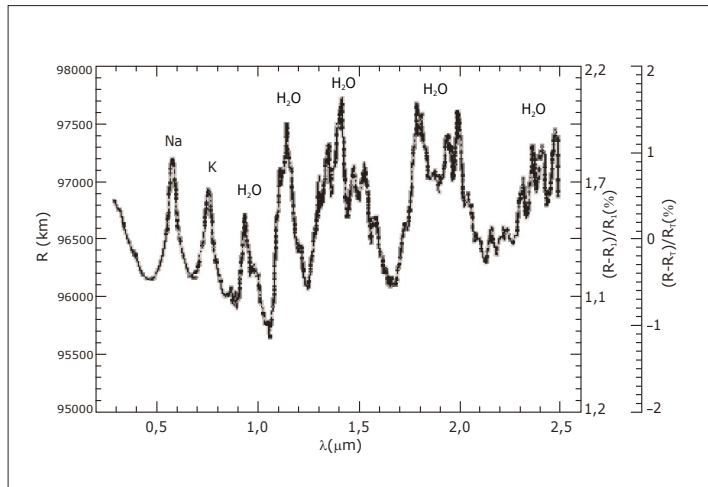


Fig. 5

Estos resultados nos llevan a la conclusión de que la detección de planetas con tránsitos ofrece muchas oportunidades para permitir un análisis profundo de los mismos. Aquí radica la motivación de varios experimentos con telescopios terrestres como el STARE de la Universidad Colorado (localizado en Tenerife), el 'Berlin Transit experiment', o la propuesta 'PASS' (Permanent all Sky Survey) de uno de los autores (HD), para rastrear todas las estrellas brillantes del cielo a fin de buscar la presencia de planetas con tránsitos. En todos estos casos se emplean cámaras CCD de gran campo para medir curvas de luz de miles de estrellas simultáneamente, con observaciones que durarán varios años. No obstante, las limitaciones en la precisión fotométrica a causa de nuestra atmósfera condicionan estos experimentos a detectar solamente planetas grandes con periodos orbitales de no más que unas semanas.

La gran promesa en este campo proviene de los proyectos espaciales. Fuera de la atmósfera, los límites de precisión fotométricos vienen causados fundamentalmente por el ruido estadístico en la llegada de fotones, y por los ruidos propios de los detectores CCD. En el espacio, es posible medir el brillo de una estrella con una precisión de un parte en 10^5 , lo cual permite la detección de tránsitos de planetas con el tamaño de la Tierra delante de una estrella como el Sol. Ahora hay tres misiones cuyo lanzamiento está previsto antes del fin de la presente década. La primera será COROT, encabezada por la agencia espacial francesa CNES, que cuenta con

una participación española significativa coordinada por el IAA. Esta misión se compone de un pequeño telescopio de 27cm de diámetro cuyo lanzamiento está previsto en octubre de 2004. Se espera que puedan detectarse al menos unos cientos de planetas "calientes". La detección de planetas equivalentes a nuestra Tierra será más fácil con las misiones siguientes, previstas para los años 2007 a 2009. Hablamos del proyecto "Eddington" de la Agencia Espacial Europea (ESA) y de la misión "Kepler", que aprobó la NASA estadounidense hace unas pocas semanas. Ambas misiones se llevarán a cabo con telescopios de, aproximadamente, un metro. Kepler

se destinará exclusivamente a la detección de planetas, mientras que las misiones europeas COROT y Eddington compartirán sus objetivos con estudios de astrosismología, los cuales también requieren fotometría de muy alta precisión.

Podemos decir que en estos momentos se compete para descubrir el primer planeta similar a la Tierra. Esperemos que la competencia se desarrolle de forma constructiva favoreciendo el avance y la complementariedad de los proyectos. De esta forma, podemos pensar que el sueño del hombre de encontrar una "Tierra hermana" pueda lograrse en un futuro próximo. De todas formas tal sueño se realizará muy probablemente mediante el método de tránsitos, que será con igual probabilidad el primero en detectar los primeros planetas en las llamadas "zonas habitables", o sea, regiones del espacio alrededor de las estrellas donde se supone la existencia de agua líquida durante unos cuantos miles de millones de años, la cual está asociada al origen de la vida (Fig. 6).

H. Deeg (IAC)

R. Garrido (IAA)

Fig. 6

