

Figura 1: Un planeta que orbita alrededor de su estrella alcanza a pasar delante de ésta, como en el Sistema Solar vemos a veces a Mercurio o a Venus pasar delante del disco solar. Esta situación se ilustra aquí para el sistema XO-1.

Los planetas extrasolares

Dr Frédéric S. Masset
Instituto de Ciencias Físicas, UNAM
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

Hasta los años noventa. Los únicos planetas que conocíamos eran los de nuestro Sistema Solar. Los libros de astronomía presentaban invariablemente a los nueve planetas que daban la vuelta al Sol, de Mercurio a Plutón, que en esa época no había sido aún degradado al rango de planeta enano. Todos estos planetas con excepción de Plutón, habían sido estudiados de cerca por sondas interplanetarias, y se conocían sus propiedades con un abrumador lujo de detalles. Sin embargo, muy poco se sabía sobre su proceso de formación. A partir del estudio de meteoritos, se sabía que el Sistema Solar se formó hace 4.6 mil millones de años, y aunque existían diversas teorías, los detalles del proceso de formación se desconocían. Una de las teorías planteaba que una estrella había pasado muy cerca del Sol y le había arrancado -por efecto de marea- un filamento de materia en el cual se habrían condensado los planetas. Este modo de formación (no obstante las dificultades teóricas que implica explicarlo) requería de un encuentro fortuito entre estrellas (aquí el Sol y una estrella vecina), por lo que la formación de planetas ocurría entonces como un proceso poco probable y casi milagroso. Otra teoría afirmaba que los planetas se formaban en hipotéticos discos que rodean y giran en torno a las estrellas nacientes. Esta teoría

había sido sugerida hace más de 200 años por Kant y Laplace, al notar que las órbitas de los planetas de nuestro Sistema Solar están todas en el mismo plano, y que los planetas dan la vuelta al Sol en el mismo sentido. En esta teoría, la formación de planetas era algo que se producía de manera natural al mismo tiempo que la estrella acababa de formarse en el centro del disco. Aun así, los detalles de las etapas de formación se vislumbraban sólo a grandes rasgos. ¿Qué tan comunes serían entonces las características de nuestro Sistema Solar? ¿Era frecuente en el universo la existencia de sistemas solares con planetas rocosos, poco masivos como la Tierra en órbitas cercanas al Sol, y planetas gigantes gaseosos como Júpiter orbitando más lejos?

Hoy en día, si bien no se tienen todas las respuestas, se ha aprendido mucho. Se ha descubierto que, efectivamente, las estrellas nacientes están rodeadas de discos que giran en torno a ellas. El hecho de que los planetas se forman en estos discos ya no se cuestiona, y las teorías alternativas se han vuelto completamente obsoletas. Pero sobre todo, se han descubierto planetas fuera del Sistema Solar, orbitando otras estrellas diferentes a nuestro Sol: para diferenciarlos de los planetas del Sistema Solar, se les llama *exoplanetas* o *planetas extrasolares*. Esta aventura empezó en 1992, cuando Alex Wolszczan y Dale Frail descubrieron planetas de masa 2.8 y 3.4 veces la de la Tierra orbitando en torno a un pulsar. Como en muchos casos

de detección de planetas, no los observaron directamente ya que la luz que emiten es demasiado tenue para ser detectada. Se usó en este caso el hecho de que los pulsares son como faros en el Universo, que emiten haces de luz con una precisión metronómica. Si dicho faro se aleja del observador entre dos pulsos de luz, el segundo pulso de luz se tarda un poco más en llegar, y al observador le parece entonces que el periodo del pulsar es mayor a su periodo real. Lo contrario ocurre si el pulsar se acerca. Wolszczan y Frail observaron que el periodo del pulsar no era constante, y se dieron cuenta que las variaciones que detectaban podían explicarse perfectamente si se suponía que el pulsar estaba rodeado por dos planetas con órbitas y masas bien definidas que forzaban el pulsar a un complejo baile alrededor del centro de masa del sistema. Por muy espectacular que fuera este hallazgo, no tuvo tanto eco fuera de la comunidad de la astrofísica profesional, quizás porque los pulsares son residuos de explosiones de estrellas, y no se tienen muchas expectativas sobre las posibilidades de vida en los pequeños planetas que se condensaron tras una de esas explosiones.

La caza de *exoplanetas* o *planetas extra-solares* realmente despegó a finales de 1995, cuando dos astrónomos del observatorio de Ginebra, Michel Mayor y Didier Queloz, reportaron el descubrimiento de un planeta en torno a una estrella parecida al Sol al que se le llamó 51 Peg b, la estrella número 51 de la constelación de Pegaso. Para detectarlo, usaron un método parecido al que se usó para los pulsares: si bien las estrellas de tipo solar no emi-

ten pulsos de luz, las radiaciones electromagnéticas que emiten obedecen leyes similares a los pulsos y su frecuencia cambia cuando se acercan o alejan del observador. Este efecto, llamado efecto Doppler cuando se aplica a ondas (sean electromagnéticas, como la luz, o sonoras), es el que permitió inicialmente el descubrimiento de muchos planetas en torno a estrellas de tipo solar, como 51 Peg b. Estos planetas presentaban propiedades sorprendentes: eran planetas gigantes, como Júpiter o Saturno, pero en órbitas muy cercanas a su estrella, dándole la vuelta en unos pocos días (en nuestro Sistema Solar, Júpiter da la vuelta al Sol en casi 12 años y Saturno en 29, mientras que Mercurio, el planeta más cerca al Sol, le da la vuelta en 88 días. Mientras más cerca está un planeta del Sol, más breve es su órbita. Recibieron por esta razón el nombre genérico de "Júpiteres calientes". En gran parte, esto se debía a un sesgo observacional. Estos planetas masivos y de órbita pequeña eran los más fáciles de detectar: cualquier planeta que no respondía a estos dos requerimientos quedaba fuera de alcance de los métodos de detección de aquel entonces. Sin embargo, el mero hecho de que existieran no dejaba de sorprender. Ninguna teoría podía explicar cómo planetas se habían podido condensar en regiones tan calientes y tan cercanas a la estrella. La explicación más probable era que se habían formado mucho más lejos y se habían acercado a su estrella bajo la acción de las fuerzas de marea del disco que los rodeaba cuando se formaban. Este proceso, llamado migración planetaria, ya había sido sugerido por teóricos en los años 80 del siglo pasado,

pero por falta de sustento observacional, no habían recibido mucho eco. Naturalmente, las cosas cambiaron cuando se detectaron Júpiteres calientes, con la cual la migración planetaria se convirtió en tema de estudios intensos en las dos últimas décadas. Las técnicas de caza de *exoplanetas* empezaron a cambiar de rumbo cuando, en 1999, se detectó el primer tránsito de un *exoplaneta* delante del disco de su estrella. En algunos casos, un planeta que orbita alrededor de su estrella alcanza a pasar delante de ésta, un poco como en el Sistema Solar vemos a veces a Mercurio o a Venus pasar delante del disco solar. Es esta situación la que se representa en la imagen de la Figura 1, para el sistema XO-1. Cuando esto ocurre, el planeta nos quita un poco (¡aunque muy poco!) de la luz del Sol, cuya intensidad baja mínimamente durante todo el tránsito. Es esta disminución muy pequeña de la intensidad de una estrella lo que indica que un planeta está pasando delante de ella. No se puede observar el disco de la estrella, y muchísimo menos la pequeña mancha oscura del planeta delante de ella, ya que las estrellas se ven como puntos brillantes en los telescopios más potentes. Solamente se detecta la diminuta baja de luminosidad. A pesar de lo sutil e indirecto de este método, es suficiente para que podamos recabar mucha información sobre el planeta: el periodo de su órbita (que es el tiempo entre dos tránsitos consecutivos), la distancia del planeta a la estrella, y también qué tan grande es el planeta. Si mediante otro tipo de observaciones podemos inferir su masa, entonces sabemos cuál es su densidad, y así deducir si se trata de un planeta de tipo

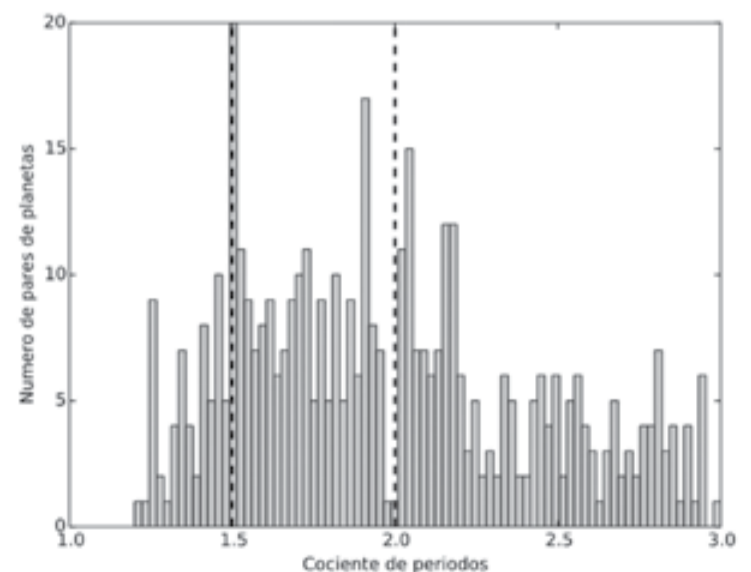


Figura 2: para todos los pares de planetas consecutivos en los sistemas planetarios de Kepler, calculamos el cociente de los periodos. Mostramos aquí el histograma de los resultados: vemos que muchos pares caen cerca de las dos líneas punteadas verticales, es decir cerca de 1.5 y 2.0. Sin embargo, en cada caso el pico aparece a la derecha de la línea punteada. En el caso de 2.0, se nota además una región casi vacía a la izquierda.

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial @acmor.org.mx



rocoso o gaseoso, y podemos elaborar modelos de su estructura interna.

El problema con este método es que la disminución de la luz de la estrella es verdaderamente pequeña: apenas uno por ciento para los planetas más grandes, y solamente una parte en diez mil para planetas parecidos a la Tierra. Las fluctuaciones de la atmósfera terrestre vuelven imposible la detección de variaciones tan pequeñas. Por ello para poder detectarlas es necesario ir al espacio, donde la intensidad de las estrellas (fuera de variaciones intrínsecas) es perfectamente estable. El pionero en este tipo de búsqueda fue el satélite CoRoT, construido por el Centro Nacional de Estudios Espaciales francés y por la Agencia Espacial Europea. CoRoT fue lanzado en 2006, y consistió en un telescopio de simplemente 27 centímetros de diámetro. Posteriormente, en 2009, se lanzó el observatorio espacial Kepler. Éste consiste en un telescopio de 1.4 metros de diámetro, asociado a 42 cámaras CCD con un total de 95 Megapíxeles. En el campo de los CCD se han escogido 170,000 estrellas blanco para las cuales se toma un valor de la intensidad cada me-

dia hora. Exactamente del mismo modo que con su predecesor, CoRoT, se trata de identificar tránsitos en las curvas de luz resultantes. Kepler tiene una gran ventaja sobre su predecesor. Su extrema sensibilidad le permite detectar en muchas ocasiones los tránsitos de varios planetas en torno a la misma estrella. La lista de los resultados y sorpresas aportados por Kepler es demasiado larga para mencionarse aquí de manera exhaustiva. Entre ellos escogimos presentar un resultado sorprendente asociado con las llamadas resonancias entre planetas. Una resonancia entre dos planetas ocurre cuando dan un número de vueltas enteras a su estrella en el mismo tiempo. Por ejemplo, Neptuno da exactamente tres veces la vuelta al Sol cuando Plutón da exactamente dos vueltas. Las resonancias son comunes entre las lunas de los planetas gigantes en el Sistema Solar: por ejemplo la luna lo da exactamente dos vueltas a Júpiter cuando Europa da exactamente una vuelta, así que el cociente entre el periodo de Europa y el de lo es exactamente dos. Si formamos el cociente de periodos entre dos planetas sucesivos en los sistemas descubiertos por

Kepler, vemos que dicho cociente, para muchos pares, se acerca a dos (como en el caso de Europa e lo) y a 1.5 (como en el caso de Plutón y Neptuno), como se ve en la figura 2. Sin embargo, estos cocientes no ocurren exactamente en éstos valores sino que son un poco más grandes. En la figura 3, que muestra en detalle la región de dos, se ve que el cociente no cae exactamente en dos sino más bien en 2.04. ¿A qué se deben estos números? Los planetas no nacieron fortuitamente en resonancia. Son los procesos de migración los que cambian poco o poco sus periodos hasta que se encuentren en resonancia. Una vez que un par de planetas cae en resonancia, ésta tiende a mantenerse a lo largo de su evolución. Esta es la evidencia de que si bien muchos pares de planetas cayeron en resonancia, algún proceso los sacó de ella y aumentó levemente los cocientes de periodos. El origen de este proceso es todavía debatido. Se ha sugerido que la turbulencia del disco, o las interacciones de los planetas con los numerosos asteroides que quedan después de su formación, podrían explicar este fenómeno, que nos da valiosa información indirecta sobre

las condiciones en que se forman los planetas, y que tenemos que descifrar.

A la fecha, Kepler ha detectado 1013 planetas (confirmados) en 440 sistemas planetarios. Aunado a esto, quedan 3199 candidatos pendientes de confirmación. Kepler ha permitido detectar numerosos planetas ubicados en la llamada zona habitable, donde el agua puede permanecer en

forma líquida en la superficie del planeta. La siguiente fase de la exploración planetaria, todavía incipiente, consiste en obtener espectros de planetas o de sus atmósferas. La búsqueda en esos espectros de marcadores que sugieran la posibilidad de vida, como la presencia de oxígeno o espectros típicos de las clorofilas, será una prioridad de las investigaciones futuras.

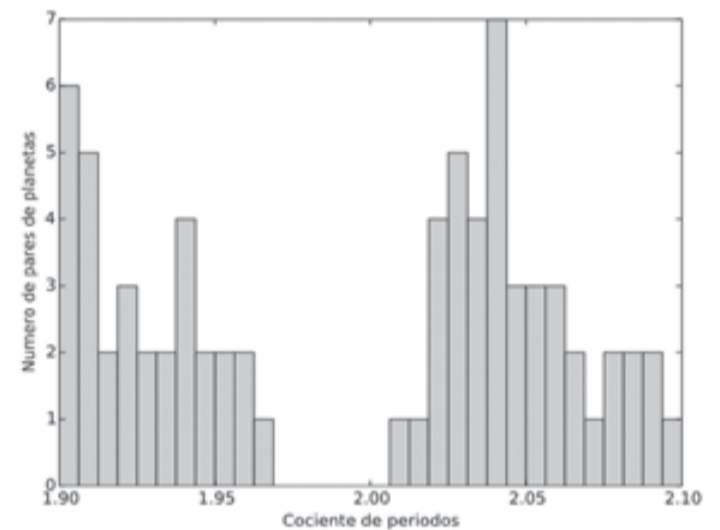


Figura 3: vista detallada de la porción cerca de 2.0. Se ve claramente que la vecindad de 2.0 está vaciada, y que el pico está desplazado hacia el valor 2.04. Un comportamiento similar se podría observar en la vecindad de 1.5.



Traen para ti la premier

“VOLANDO ALTO”

Sólo contesta lo siguiente y podrás ganar tu pase doble para disfrutar de esta gran película

Nombre del director

Nombre de los protagonistas

Menciona el slogan de La Unión de Morelos

Envía tus respuestas a
promociones@launion.com.mx

Cinépolis Galerías
Marzo 15; 20:00 hrs.

