

Otros astros, otros mundos

Por Luis Felipe Rodriguez

La búsqueda de planetas similares a la Tierra en otras estrellas ha avanzado rápidamente en los últimos años. Hará falta una nueva generación de poderosos telescopios para establecer si estos planetas son habitables, o incluso si están ya habitados, pero en los años siguientes podríamos por fin saber si no estamos solos en el Universo.



Imagen: NASA



Para cuando leas este artículo, el número de planetas descubiertos fuera de nuestro Sistema Solar podría haber rebasado los 2000 (el 15 de junio era de 1932). Nos referimos a estos planetas externos a nuestro Sistema como exoplanetas. Hace poco más de 20 años no sabíamos con certeza de la existencia de ningún exoplaneta. Pero la ciencia es muy poderosa: una vez que se encuentra la manera correcta de hacer las cosas (en este caso, cómo descubrir exoplanetas), muchos grupos comienzan a utilizar el método y los descubrimientos crecen de manera, podríamos decir, industrial.

¿Por qué a los astrónomos nos interesan los exoplanetas? Desde un punto de vista estrictamente astronómico, son cuerpos insignificantes que pesan típicamente entre una milésima y una millonésima de lo que pesa una estrella como el Sol. Más aún, no producen energía propia de manera importante y son sumamente difíciles de distinguir entre la radiación deslumbrante de sus estrellas. Por mucho tiempo los astrónomos nos conformamos con estudiar las estrellas, que son los cuerpos que producen energía e iluminan el Universo. Las estrellas son mucho más fáciles de estudiar que los oscuros y diminutos planetas, pero sospechábamos que, como nuestro Sol, las otras estrellas iban acompañadas de planetas, o mejor dicho, exoplanetas.

La vida necesita un planeta

Sabemos que la vida, al menos como la entendemos, se tiene que dar en un planeta. Esta condición viene de que para la vida es esencial que haya agua líquida. Sin ésta, los organismos no podrían metabolizar los alimentos ni eliminar las toxinas. Ahora bien, el espacio que hay entre las estrellas es demasiado frío y el agua sólo existiría en forma de hielo; mientras que en la superficie de una estrella la temperatura es demasiado elevada y el agua sólo existiría en forma de vapor. Así, para obtener las temperaturas intermedias que requiere el agua líquida es necesario un planeta que gire alrededor de una estrella y que, por lo tanto, no esté tan frío como el espacio, ni

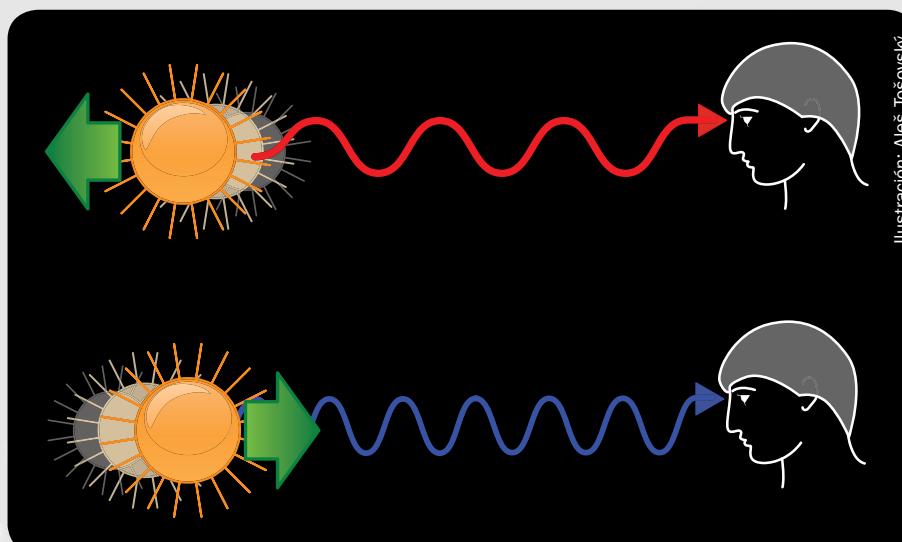
tan caliente como una estrella. De hecho, hay una zona alrededor de la estrella que se conoce como la zona de habitabilidad: la región donde puede haber agua líquida en los planetas. En nuestro Sistema Solar la zona de habitabilidad va de la órbita de Venus a la de Marte, con la Tierra convenientemente ubicada en medio. Estudiar exoplanetas es importante porque podrían albergar vida.

La búsqueda de exoplanetas tiene una larga historia pero hasta hace poco los telescopios e instrumentos utilizados no tenían la sensibilidad necesaria para detectarlos. De hecho, los primeros exoplanetas conocidos se detectaron indirectamente: no se observó el planeta, sino su débil influencia gravitacional sobre su estrella. La gravedad de una estrella es mucho más grande que la de los planetas, pero éstos, en su movimiento alrededor de la estrella, le imprimen un leve bamboleo. Técnicamente hablando, el exoplaneta y la estrella orbitan alrededor de un punto situado entre ambos, el centro de masa, que está mucho más cerca de la estrella que de los posibles planetas, por eso el bamboleo de la estrella es pequeño. Este movimiento puede medirse estudiando la luz que emite la estrella. Lo que buscamos en la radiación es el llamado efecto Doppler: cuando la estrella se aleja, la longitud de las ondas electromagnéticas que emite se

hace más larga, mientras que cuando la estrella se acerca la longitud de onda se hace más corta (como ocurre con el ruido de un vehículo que nos rebasa: cuando se acerca se oye más agudo y cuando se aleja más grave).

Los primeros exoplanetas

Como ocurre frecuentemente en las ciencias los primeros descubrimientos ocurrieron de manera fortuita cuando se estudiaba otra cosa. En 1992, mientras observaban en ondas de radio el pulsar llamado PSR1257 +12, Aleksander Wolszczan, del Observatorio de Arecibo, Puerto Rico, y Dale Frail, del Observatorio Nacional de Radioastronomía, en Socorro, Nuevo México, encontraron que el pulsar se bamboleaba periódicamente, lo que sólo se podía explicar si lo orbitaban dos planetas con masas de unas cuatro veces la de la Tierra. Desde entonces se ha encontrado un solo ejemplo más de pulsar con exoplanetas. Los pulsares son lo que queda de la explosión de estrellas 10 o más veces más masivas que el Sol. Esta explosión, conocida como supernova, es tan violenta que los planetas que giran alrededor de la estrella deberían evaporarse. No se sabe bien por qué existen estos exoplanetas (hay varias teorías en competencia). En vista de la escasez de casos y de que la radiación del pulsar debe



El efecto Doppler. Las ondas que emite un cuerpo que se aleja se alargan, mientras que las de un cuerpo que se acerca se acortan.

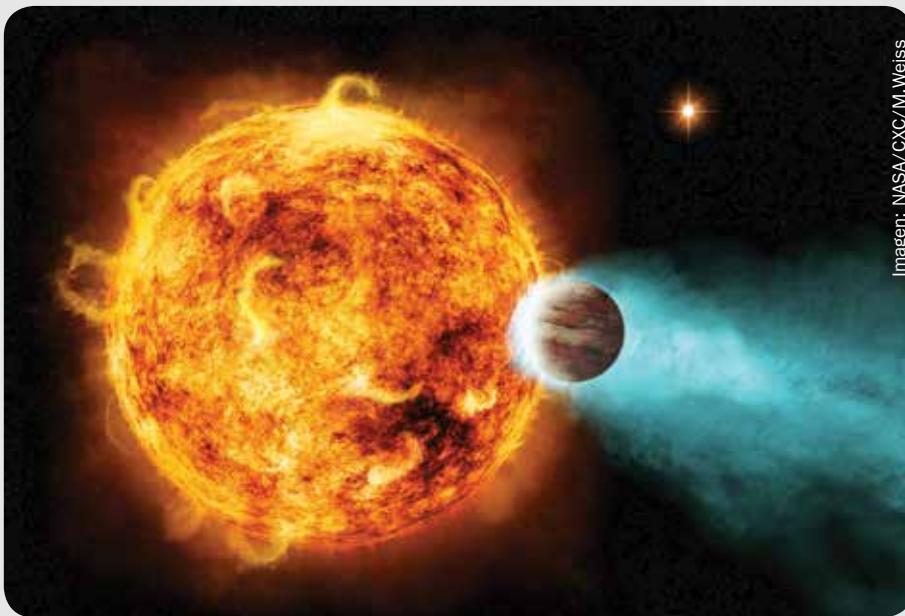


Imagen: NASA/CXC/M. Weiss

Ilustración de cómo se vería de cerca un Júpiter caliente.

dejar estos exoplanetas más estériles que un bisturí antes de la operación, no se ha hecho mayor esfuerzo para encontrar más ejemplos.

La primera detección de exoplanetas girando alrededor de una estrella normal ocurrió en 1995, cuando los astrónomos suizos Didier Queloz y Michel Mayor detectaron un exoplaneta en órbita alrededor de la estrella 51 Pegasi, una estrella bastante parecida al Sol y situada a 50 años-luz de la Tierra. Queloz y Mayor en realidad estaban buscando una pequeña estrella en órbita alrededor de 51 Pegasi, pero su método era tan sensible, que les permitió detectar un cuerpo mucho más pequeño. Como en el caso de los pulsares, la detección se hizo de manera indirecta, a partir del bamboleo de la estrella.

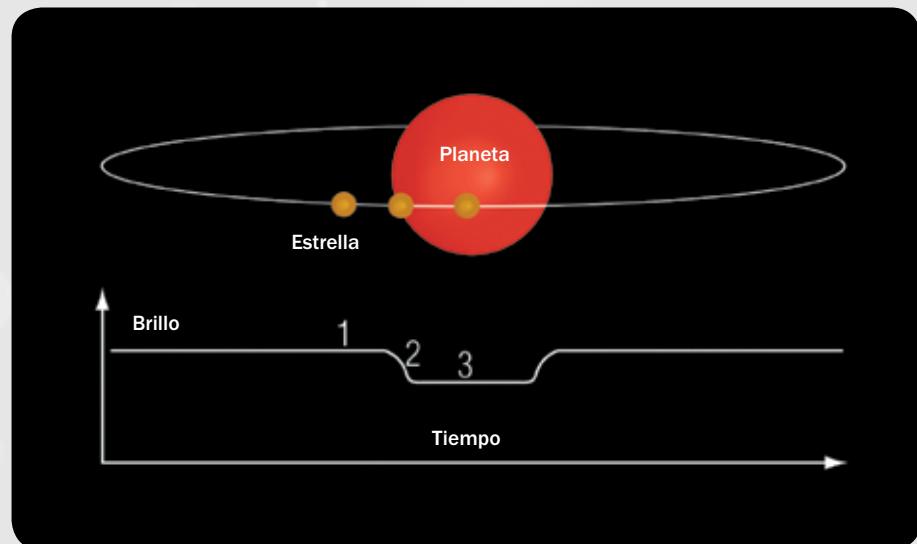
Por supuesto, en aquella época todos los astrónomos pensábamos que los sistemas de exoplanetas serían parecidos a nuestro Sistema Solar, con planetas pequeños y rocosos (como la Tierra) cerca de la estrella y planetas grandes y gaseosos (como Júpiter) lejos de la estrella. Pero desde el primer descubrimiento se hizo evidente que esta suposición no era válida. El planeta de 51 Pegasi tenía una masa como de la mitad de la de Júpiter (así pues, era grande), pero completaba una órbita alrededor de su estrella en 4.2

días mientras que Júpiter la completa en 11.9 años. Esto implica que el exoplaneta está sumamente cerca de su estrella, a sólo una centésima de la distancia entre la Tierra y el Sol (los astrónomos llamamos *unidad astronómica*, UA, a la distancia entre la Tierra y el Sol). En contraste con el exoplaneta de 51 Pegasi, Júpiter está a cinco UA del Sol, o sea, unas 500 veces más lejos de su estrella.

A partir del descubrimiento de Queloz y Mayor, rápidamente se empezaron a des-

cubrir más y más exoplanetas. La mayoría de los primeros exoplanetas tienen una masa parecida a la de Júpiter, pero orbitan muy cerca de sus estrellas, y por lo tanto están muy calientes. Se les conoce como “Júpiteres calientes”.

Estos resultados fueron algo decepcionantes para los astrónomos interesados en la posibilidad de vida extraterrestre. Aquellos exoplanetas no tenían superficie sólida, sino que, como Júpiter, eran bolas gigantescas de gas que además estaban muy calientes. Sin embargo, fue fácil entender que se trataba de lo que en la ciencia se conoce como un sesgo observacional. La técnica que estábamos empleando hasta ese momento favorecía la detección de planetas que fueran 1) grandes —para que su gravedad afectara lo más posible a su estrella—, y 2) cercanos a su estrella —porque la gravedad disminuye con la distancia—. Júpiter pesa unas 300 veces lo que pesa la Tierra, y era de esperarse que se detectaran primero exoplanetas similares a él, pero cercanos a su estrella. Supongamos que arrojamos al mar una red con huecos de 20 cm. Al final de la pesca descubrimos que sólo sacamos peces de más de 20 cm, lo que no quiere decir que no haya peces más pequeños, sino que para sacarlos necesitamos una red más fina. Para encontrar exoplanetas más pequeños y más alejados de su estrella —más pare-



El tránsito de un exoplaneta alrededor de su estrella; se produce una pequeña disminución en el brillo de la estrella.

cidos a la Tierra— hacía falta desarrollar otro método de detección.

El satélite *Kepler*

Si bien la técnica más utilizada para detectar exoplanetas era buscar el leve bamboleo inducido en su estrella, otros métodos se fueron desarrollando con el tiempo. En 1999, se confirmó la existencia de un exoplaneta girando alrededor de la estrella HD 209458. El exoplaneta ya se había detectado con el método del bamboleo (conocido como método de velocidad radial). La confirmación por otro método fue posible porque, por un golpe de suerte, su órbita está orientada de tal manera que desde la Tierra lo vemos pasar (o transitar) frente a su estrella. Cada vez que lo hace, obstruye levemente la luz de la estrella y la disminución de la luminosidad se puede medir. El método que consiste en medir pequeñas disminuciones de la luz de la estrella se llama método del tránsito.

Los cálculos indicaban que el método del tránsito era mejor para detectar planetas similares a la Tierra y que lo óptimo sería realizar las observaciones desde un observatorio espacial. En 2006, la Agencia Espacial Francesa puso en órbita el satélite COROT, el cual detectó un exoplaneta que era el más parecido a la Tierra hasta entonces. Se llama COROT-7b y se le

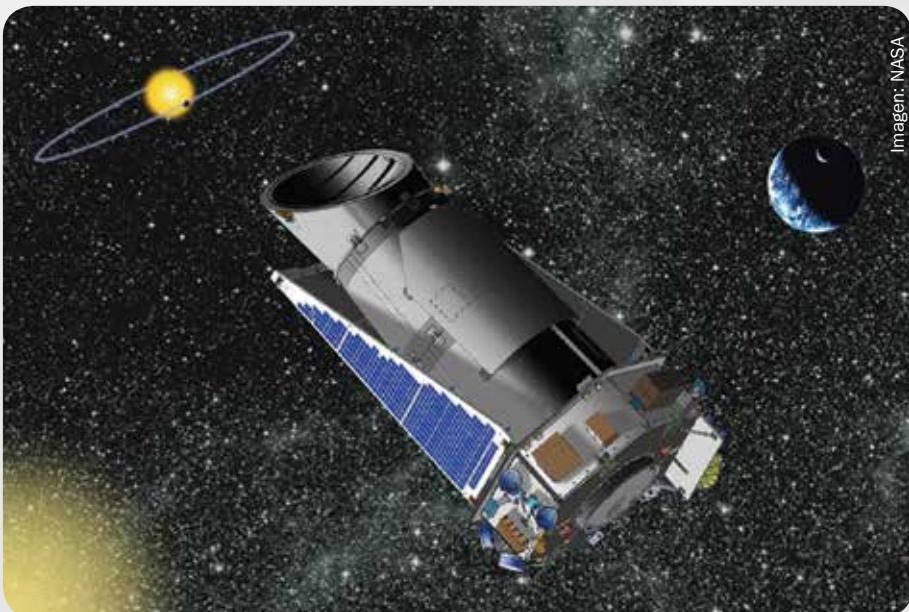


Imagen: NASA

Ilustración del satélite *Kepler* en órbita.

determinó un diámetro 1.7 veces mayor que el de la Tierra y una masa unas ocho veces más grande. Desafortunadamente, el planeta está muy cerca de su estrella (a solo 0.02 UA) y tiene una temperatura de aproximadamente 2 300 °C, demasiado alta para la vida.

Pero el satélite que fue determinante en la búsqueda de exoplanetas de tipo terrestre fue el *Kepler*, bautizado así en honor de Johannes Kepler, astrónomo que encontró las tres leyes del movimiento

planetario en el siglo XVII. El satélite fue puesto en órbita por la NASA en 2009, y no tardó en comenzar a reportar exoplanetas descubiertos por el método del tránsito. Contaba con una cámara digital de 95 millones de pixeles que le permitía medir simultáneamente el brillo de alrededor de 145 000 estrellas de una amplia región del cielo que incluye partes de las constelaciones del Cisne, la Lira y el Dragón.

¿Por qué observar tantas estrellas? Es muy poco probable que, por casualidad, la órbita de un exoplaneta esté orientada de modo que pase entre nosotros y la estrella. Como las órbitas están orientadas al azar, la mayoría de las estrellas no presentarán tránsitos. Por cada exoplaneta detectado por el método del tránsito debe de haber cientos más cuya órbita no está alineada adecuadamente. El satélite *Kepler* no tardó en empezar a reportar nuevos exoplanetas, la mayoría como Júpiter, pero entre ellos algunos de dimensiones similares a la Tierra.

Exoplanetas terrestres

Por desgracia, el *Kepler* dejó de funcionar en 2013. No fue posible repararlo porque, a diferencia de la mayoría de los satélites que están en órbita alrededor de la Tierra, el *Kepler* está en su propia



Los mejores candidatos a exoplanetas similares a la Tierra y ubicados en la zona habitable de su estrella que han sido descubiertos por *Kepler* (a enero 2015.) Se muestra la Tierra como referencia.

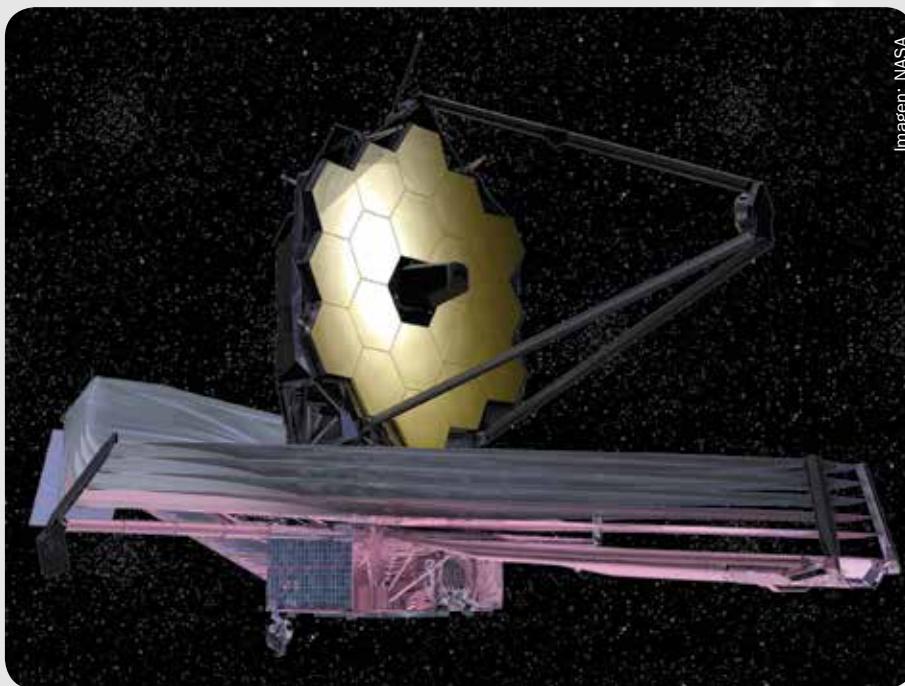


Imagen: NASA

Representación del Telescopio Espacial James Webb en órbita.

órbita alrededor del Sol y muy lejos de la Tierra, pero para entonces la misión ya había transformado nuestra visión de los exoplanetas. Del análisis de sus datos han salido más de 1 000 exoplanetas. Y éstos son sólo los que presentan tránsitos vistos desde nuestra perspectiva. Estadísticamente se puede inferir que la mayoría de las estrellas tienen exoplanetas. Además, se estima que una de cada cinco estrellas tiene un exoplaneta de tipo terrestre situado en la zona habitable. Si bien la inmensa mayoría no han sido detectados directamente —y los argumentos a favor de su existencia son estadísticos—, el Universo se ve más hospitalario a la vida que nunca.

Además de los métodos de velocidad radial y de tránsito, se utiliza también la técnica de imagen directa, que consiste en obstruir la luz de la estrella y buscar el tenue brillo reflejado de los posibles exoplanetas. Con este método se han detectado unos 25 exoplanetas.

Otra manera de buscarlos es el método de microlentes gravitacionales. La gravedad desvía la luz como las lentes. Si una estrella cercana con exoplaneta pasa frente de una estrella lejana, la luz de ésta última se amplifica y es posible distinguir la contribución del exoplaneta. Como con

la técnica anterior, se han descubierto así una veintena de casos.

Océano lunar

El campo de la búsqueda de vida extraterrestre está en continua evolución, aunque hay quien dice que es una ciencia sin materia de estudio. El concepto de zona habitable, originalmente aplicado a los planetas situados a cierta distancia de sus estrellas, se ha extendido a las lunas que giran alrededor de algunos planetas.

Un caso especial es Europa, satélite de Júpiter. Europa no está en lo que se consideraría la zona de habitabilidad del planeta, pero pensamos que bajo su superficie de hielo podría haber un océano de agua líquida. La fuente de calor que mantiene fundido el hielo serían las

MÁS INFORMACIÓN

- Curiel, Salvador y Curiel Ramírez, Luis Alberto, "Búsqueda de exoplanetas", *Revista Digital Universitaria* (en línea). 1 de mayo de 2011, Vol. 12, No. 5.
- Golombek, Diego, *El telescopio de las estrellas*, Siglo XXI editores, Buenos Aires, 2015.

fuerzas de marea producidas por Júpiter, que comprimen y expanden el satélite conforme éste recorre su órbita (la gravedad decrece con la distancia, y por lo tanto actúa más intensamente sobre la parte del satélite que está más cerca del planeta que sobre la que está más lejos; esta diferencia se manifiesta como fuerza de marea).

¿Qué sigue?

Los exoplanetas de tipo terrestre que además están en la zona de habitabilidad de su estrella y cuentan con una atmósfera aunque sea tenue son los mejores candidatos a ser habitables, o incluso a estar ya habitados. Visitarlos queda descartado: aún no está disponible la tecnología para atravesar las enormes distancias que hay entre las estrellas, pero desde un telescopio en la Tierra o un satélite en órbita podemos estudiar la radiación electromagnética que refleja o emite el exoplaneta. La vida afectaría la composición química de la atmósfera del exoplaneta, lo que podríamos detectar desde aquí. Entre los gases que se consideran como indicadores de vida está el oxígeno molecular, el óxido nitroso y el metano. Sin embargo, se reconoce que la presencia de uno solo de estos gases, aun el oxígeno molecular, no basta para concluir que el planeta alberga vida. Habrá que estudiar los otros gases presentes, así como las características de la superficie planetaria.

Recientemente, el Congreso de Estados Unidos aprobó un presupuesto de 18 500 millones de dólares para la búsqueda de vida en nuestro Sistema Solar (hasta ahora sólo se ha encontrado en la Tierra) y para enviar una misión no tripulada a estudiar el satélite Europa. Se espera que el Telescopio Espacial James Webb, que se pondrá en órbita en 2018 a un costo aproximado de 10 000 millones de dólares, determine la composición química de muchos exoplanetas, lo cual será el siguiente paso para determinar su habitabilidad. Quizá en el transcurso de nuestras vidas se pueda establecer que hay otros ejemplos de vida en el Universo. ●

Luis Felipe Rodríguez es investigador en el Centro de Radioastronomía y Astrofísica, Campus Morelia, de la Universidad Nacional Autónoma de México.