

EXOPLANETAS ESCONDIDOS EN LA LUZ

POR: JORGE ZULUAGA CALLEJAS*

"Ver" un exoplaneta ha sido una hazaña sin precedentes, un logro que ha requerido aplicar avanzadas tecnologías ópticas y el desarrollo de ramas teóricas enteras para analizar pequeñas cantidades de información. El Grupo de Física y Astrofísica Computacional, FACom, de la Universidad de Antioquia, está participando en esta revolución científica que en unas décadas podría cambiar lo que sabemos sobre cómo se organiza el Universo a pequeña escala y resolver uno de los más importantes interrogantes: ¿existe vida en otros lugares del Universo?

El año 1995 presencié el nacimiento de una nueva rama de la astronomía: la ciencia de los exoplanetas. Desde ese entonces hemos sido testigos de un verdadero “big bang” en nuestro conocimiento sobre los planetas. Hasta ese año, todo lo que sabíamos sobre ellos se reducía a lo que habíamos aprendido de los ocho planetas del Sistema Solar. Hoy, gracias a avances impresionantes en las tecnologías que nos permiten estudiar la luz de las estrellas, casi 2.000 planetas se han unido a esta cortísima lista. Lo que hemos aprendido en estos 20 años sobre los planetas, más allá de la reducida muestra de nuestro propio sistema planetario, nos ha dejado sin aliento.

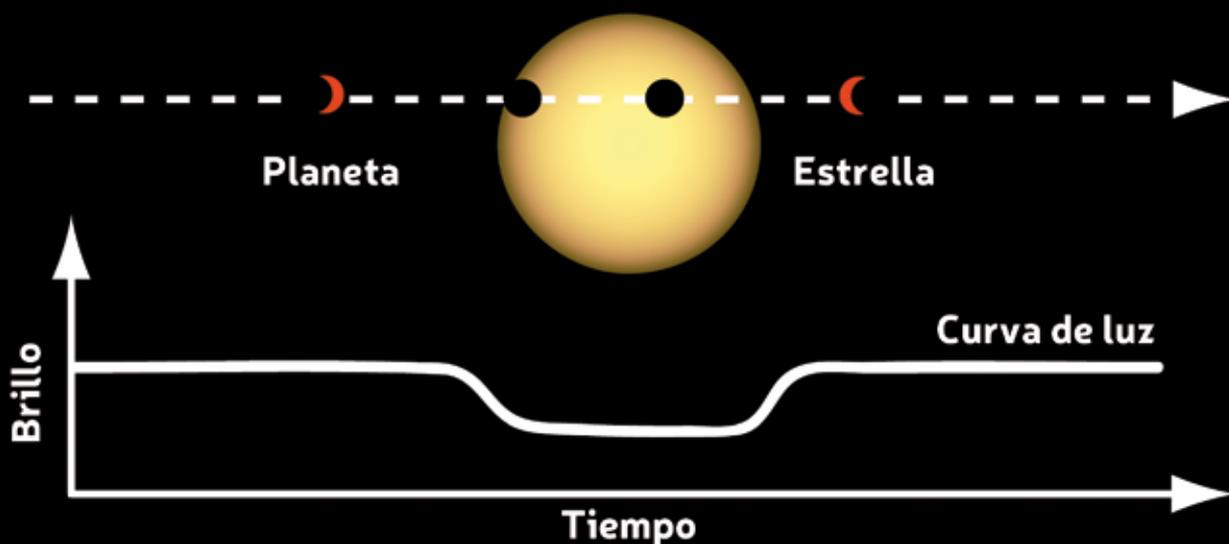
¿Cómo se detecta la presencia de un objeto pequeño y “opaco”, perdido en medio de la luz de las estrellas? El brillo de la mayoría de las estrellas supera por un factor entre 1 y mil millones de veces la tenue luz dispersada por los planetas que eventualmente lo

ellos solo se conocen por sus efectos indirectos.

A la fecha existen diversos métodos para buscar y estudiar estos cuerpos. Tres resaltan por su poder e ingenio.

El primero utiliza sutiles cambios en el color de la estrella, inducidos por el aún más sutil movimiento que el planeta produce sobre ella. Siendo la gravedad un fenómeno mutuo, la estrella no es ajena a las fuerzas que producen sus planetas. Como resultado ellas se mueven en estrechas órbitas alrededor del centro de masa de la familia planetaria.

Pero detectar este movimiento con cambios en el color de la luz de la estrella (efecto Doppler) es más fácil de decir que hacer. En primer lugar el cambio de color es completamente imperceptible. Por esto los astrónomos buscan el cambio en los colores



Método de los tránsitos planetarios.

En algunos sistemas extrasolares los planetas pasan por delante de su estrella produciendo una disminución sutil en el brillo de la misma que puede ser detectado con instrumentos muy sensibles.

Ilustración NASA Ames. <http://www.nasa.gov/>

rodean. El área observada de los enanos planetarios es entre 100 y 10.000 veces menor que el de su estrella central y su masa entre 1.000 y 300.000 veces menor. A esto se suma que la máxima separación entre los planetas y sus estrellas es hasta 1 millón de veces menor que la distancia que nos separa de ellos. ¡Es como intentar ver la punta de la antena de un automóvil desde unos 1.000 km de distancia!

En todos los casos, increíblemente, la presencia de los exoplanetas sólo se revela a través de los efectos secundarios que tienen en su entorno inmediato. A pesar de que ya se han observado las imágenes borrosas de unos cuantos exoplanetas, la mayoría de

que faltan en la luz de la estrella y que producen las denominadas “líneas espectrales”. La longitud de onda de estas líneas se modifica sutilmente con el movimiento. El problema es que de la misma manera que cambian las líneas lo hace el fondo sobre el que aparecen. La detección de este cambio sólo puede realizarse si se compara el espectro de la estrella con el espectro de una fuente en reposo, producido por lámparas que producen delgadas líneas de emisión. Estos avanzados instrumentos son capaces de medir cambios menores de una cien millonésima en la longitud de onda de la línea, lo que permite calcular velocidades estelares con una precisión menor a ¡4 km/h! Esto ha permitido detectar planetas diminutos

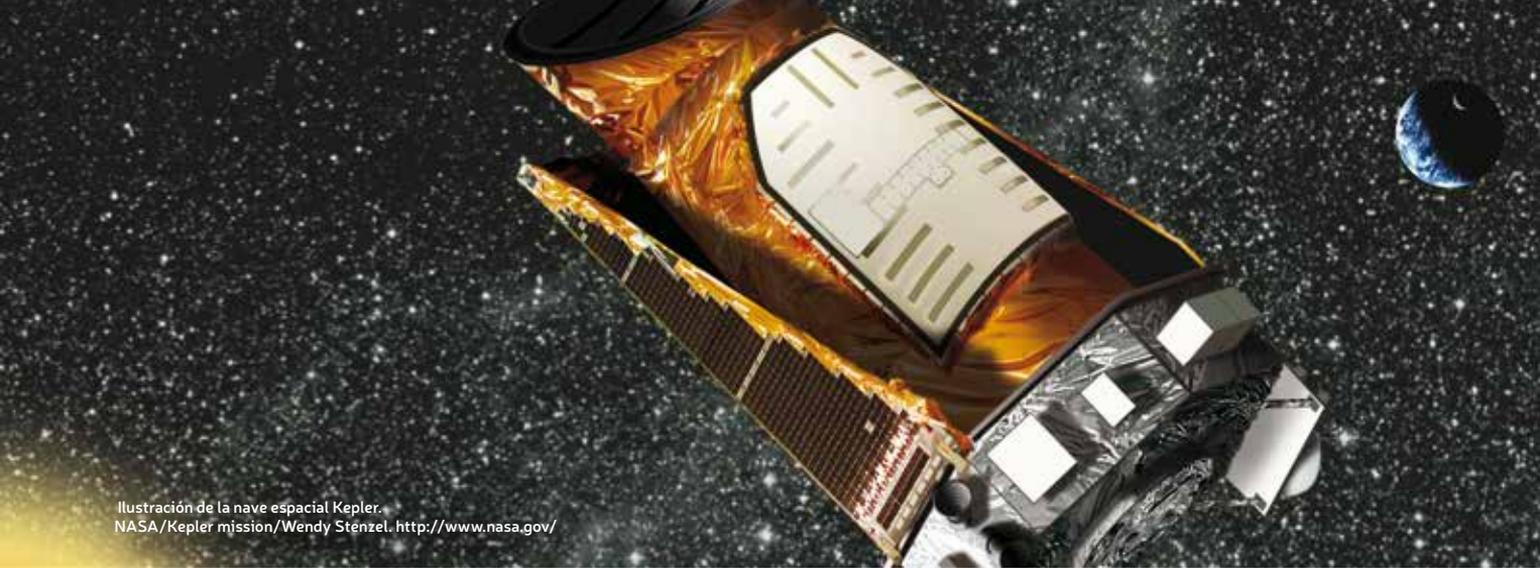


Ilustración de la nave espacial Kepler.
NASA/Kepler mission/Wendy Stenzel. <http://www.nasa.gov/>

—como la Tierra— que podrían albergar vida.

El segundo método depende de un milagro. Los planetas alrededor de otras estrellas giran en órbitas con orientaciones en el espacio completamente fortuitas respecto a nosotros. De vez en cuando la orientación de un sistema planetario extrasolar visto desde la Tierra es tal que un planeta que se mueva alrededor de la estrella central podría periódicamente eclipsarla. Con paciencia y observación de muchas estrellas es posible descubrir nuevos planetas usando estos tránsitos. Ese es el método que utilizó por más de 5 años el telescopio espacial Kepler. Con un espejo de apenas 50 centímetros y una sofisticada maquinaria de guiado, Kepler se convirtió en una de las misiones científicas más prolíficas de todos los tiempos. Una muestra: el análisis de sólo 3 años de sus datos ha revelado unos 700 planetas nuevos y 3.400 candidatos. ¡Un verdadero big bang de descubrimientos exoplanetarios!

Pero, de nuevo, detectar estos tránsitos es más fácil de decir que de hacer. Para planetas pequeños como la Tierra (que son la mayoría), el brillo de la estrella varía en menos de una diez milésima parte del valor normal. Es como si delante del farol de un vehículo se posara un zancudo y tratáramos de detectar su presencia observando el cambio en la cantidad de luz que lanza sobre la carretera. Peor aún es el hecho de que cambios tan sutiles en la luz pueden ser producidos por diversos efectos. Por un lado las estrellas no son faroles estables. Complejos efectos físicos hacen que su luz cambie en cantidades similares a las que esperamos por los tránsitos planetarios. Basta que una “mancha magnética” (como las que vemos sobre el Sol) aparezca en el momento menos indicado para que

Kepler vea el espejismo de un planeta. En julio de 2014 el estudio detallado de la actividad magnética de la estrella central del planeta Gliese 581 demostró que lo que en un principio se creyó era un planeta podría ser una ilusión producida por “acné estelar” (manchas oscuras en su superficie).

El tercer método es también el más ingenioso e increíble. Se apoya en una de las propiedades más exóticas del Universo: la naturaleza elástica del espacio. La luz que creemos llega en línea recta desde las fuentes más remotas, en realidad puede recorrer un camino azaroso determinado por los cambios en el espacio-tiempo producidos localmente por la gravedad de las estrellas y los planetas que encuentra en su camino. En condiciones muy particulares el efecto del espacio distorsionado alrededor de un objeto invisible (una estrella débil y lejana o un planeta) puede hacer que ese mismo espacio actúe como una “lente gravitacional”. Una estrella que pase detrás de un objeto desconocido e invisible, pero más cercano al observador, que por la misma razón no debería verse durante este eclipse fortuito (si asumimos que la luz viajara en línea recta), aparece como un espejismo. Múltiples imágenes repetidas varias veces alrededor del objeto invisible se proyectan en el cielo. Los telescopios en la Tierra no pueden distinguir cada una de las imágenes del espejismo, pero cuando se suma la luz de cada imagen se ve como si la estrella de fondo fuera más potente. El

Uno de los métodos de detección de exoplanetas, utilizado por el telescopio Kepler, es el del eclipsamiento periódico de una estrella por un planeta, detectable como la disminución de la luz observada de la estrella.

efecto final es que si miras con suficiente paciencia una estrella lejana, puede que en algún momento su brillo se incremente mágicamente por unas horas o días cuando un objeto oscuro pase por delante y actúe como una lente gravitacional.

Este método, que ha venido usándose para detectar cuerpos opacos en la Galaxia (agujeros negros o



Un ejemplo de uno de los proyectos futuros para la detección de exoplanetas alrededor de estrellas cercanas. El proyecto conocido como "New Worlds Observatory" usará una pantalla gigante en forma de flor para bloquear la luz de las estrellas y permitir ver los planetas débiles a su alrededor.
Ilustración NASA y Northrop Grumman. <http://www.nasa.gov/>

estrellas muertas y frías), está permitiendo hoy la detección de nuevos planetas. Un puñado de ellos ha sido detectado de esta manera. En marzo de 2014 la observación de una lente como esta reveló la que podría ser la primera evidencia de una luna alrededor de un planeta extrasolar.

¿Qué sigue? Una decena de proyectos están desarrollándose actualmente para incrementar nuestras capacidades de detectar o ver exoplanetas en las estrellas más cercanas: naves espaciales con una sombrilla gigante que tapa la luz de una estrella cercana para ver los planetas a su alrededor, telescopios espaciales múltiples para observar simultáneamente un objeto y anular la luz estelar dejando en evidencia la luz de sus planetas. Nos esperan seguramente muchos y fascinantes descubrimientos. Somos afortunados de vivir siendo testigos y actores de esta revolución.

Desde el año 2009 el Grupo de Física y Astrofísica Computacional, FACom, de la Universidad de Antioquia, viene desarrollando una línea en el área de la detección y física de exoplanetas y exolunas. Inicialmente con la colaboración de la doctora Diana Valencia de la Universidad de Harvard, hoy la línea ha tomado vuelo y el grupo se ha convertido en un referente internacional específicamente en el área

Actualmente hay una decena de proyectos en desarrollo que incrementarán nuestra capacidad para detectar o ver exoplanetas en las estrellas más cercanas.

de condiciones magnéticas para la habitabilidad planetaria. En el tema de detección y búsqueda de exoplanetas y exolunas el grupo trabaja en la elaboración de un catálogo de estrellas binarias que podrían, de acuerdo a sus predicciones, ofrecer condiciones mejores para la vida que las estrellas individuales. Este catálogo sería utilizado por observadores del mundo para buscar planetas alrededor de este tipo de sistemas. El grupo también trabaja en métodos para la detección de anillos planetarios alrededor de exoplanetas gigantes usando telescopios futuros, una hazaña que se cree posible y en la que espera participar activamente. La línea de investigación está conformada por los profesores Jorge Zuluaga y Pablo Cuartas, el físico Sebastian Bustamante y varios estudiantes de pregrado y posgrado, así como colaboradores internacionales. ✖

*Profesor Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Grupo de Física y Astrofísica Computacional, FACom.

GLOSARIO

Exoplaneta: Satélite de una estrella diferente al Sol, de características similares a los planetas de nuestro sistema solar.

Big Bang: Término despectivo con el que el astrónomo Fred Hoyle se refería a la teoría del origen del universo a partir de un estado de infinita densidad de materia y energía.

Efecto Doppler: Variación de la frecuencia de una señal ondulatoria debida al movimiento relativo entre la fuente y el observador, que se manifiesta como un aumento de la frecuencia cuando estos se acercan, y una disminución cuando se alejan.



Entre los planetas descubiertos se encuentran algunas rarezas, esta ilustración muestra una puesta de sol visto desde la Súper-Tierra Gliese 667 Cc. La estrella más brillante en el cielo es la enana roja Gliese 667 C, que es parte de un sistema estelar triple. Las otras dos estrellas más distantes, Gliese 667 A y B aparecen en el cielo. Los astrónomos han estimado que, solo en la Vía Láctea, hay decenas de miles de millones de mundos rocosos que orbitan alrededor de estrellas enanas rojas débiles.

Ilustración European Southern Observatory -
ESO/L. Calçada. www.eso.org