



Memoria del 47º Taller de Actualización Bioquímica, Facultad de Medicina; UNAM

Planetas extrasolares.

Extrasolar planets.

Julieta Fierro^{1*}.

1. Instituto de Astronomía, UNAM

*Correspondencia. Instituto de Astronomía, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, CDMX, CP 04510 Tel. +52 (55) 5622-3923, julieta@astro.unam.mx

Introducción

Uno de los grandes descubrimientos de este siglo es el de los planetas extrasolares, exoplanetas, mundos fuera del sistema solar. Grandes pensadores como Giordano Bruno pensaban que existían otros mundos que giraban en torno de estrellas distintas al Sol; las ideas de Bruno le costaron la vida, fue quemado en la hoguera. En cambio, ahora la búsqueda de nuevos mundos recibe vasto apoyo de la comunidad científica internacional, incluido México.



Figura 1. Se han descubierto miles de planetas extrasolares, algunos poseen agua, otras atmósferas con oxígeno o inmensos sistemas de anillos. (Fotografía Adam Makarenko)

En este texto se describirá cómo se descubren y analizan los exoplanetas, ya que debido a su enorme distancia no se pueden observar directamente; reflejan muy poca luz de sus estrellas. Por ejemplo, desde Próxima Centauri, la estrella más cercana al Sol, no podríamos observar a la Tierra con nuestros mejores telescopios, su intensa luz la opacaría.

Aquí se analizarán las propiedades de los planetas extrasolares, muy en particular los que son semejantes a la Tierra, por ser relativamente pequeños, poseer líquido y un campo magnético que desvía los rayos cósmicos letales; pues lo que se pretende es algún día descubrir vida extraterrestre.

En cuanto le ponga el punto final a este texto va a perder actualidad. Cada vez hay más telescopios buscando nuevos mundos con aparatos más poderosos.

En general se considera que un sistema planetario está formado por una estrella, en el caso de nuestro sistema es el Sol, y una serie de planetas y cuerpos menores: planetas enanos, satélites, asteroides, cometas, anillos. Cabe mencionar que se han descubiertos mundos como Júpiter con varios satélites, que no tienen estrella; se les conoce como flotadores libres.

Los planetas más estudiados pertenecen al sistema solar, debido a su cercanía se han realizado misiones espaciales a estos mundos, para explorarlos directamente o fotografiarlos y estudiar sus

propiedades por medio de la espectroscopía; el análisis de la luz que reflejan de su estrella.

Las comparaciones son útiles para poner en perspectiva los objetos. Es decir, entender como ocurre el calentamiento global en otros lados o la formación de montañas y satélites. Si observamos miles de sistemas solares podemos comprender cómo se forman, evolucionan y se extinguen, reciclando su materia para formar nuevos astros.

Cuando nace una estrella a partir del medio interestelar, suele rodearse de un disco de gas y polvo. La parte interior del disco se halla tan caliente que se evapora. En la zona intermedia, donde la temperatura es de cientos de grados, se subliman los hielos y sobreviven las sustancias refractarias. En cambio, en las regiones más alejadas de la estrella, donde la temperatura es menor de 100° C, todas las partículas permanecen en el disco. Los planetas y otros mundos pequeños se forman por la aglomeración de materia de estos discos circunestelares. Según la cantidad de materia disponible, la composición química y la temperatura, será la clase de mundos que se forme. Existen planetas sólidos y gaseosos, algunos con zonas líquidas.

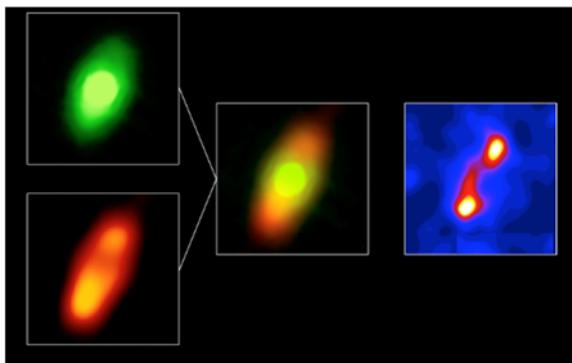


Figura 2. Observaciones del disco circunestelar en torno de la estrella Fomalhaut tomadas con el telescopio espacial Spitzer, en distintas frecuencias (24 y 70 micras, ambas combinadas, y 450 micras. (Fotografía NASA, Caltech)

En el sistema solar, los mundos cercanos al sol son pequeños y rocosos, mientras que los lejanos son grandes y gaseosos. Esto se debe a que cerca de nuestra estrella se evaporaron casi todas las sustancias, como el helio y el hidrógeno. Además, en torno al sol había menos materia que aglomerar. Los planetas gigantes como Júpiter y más lejanos no sólo se formaron con hidrógeno, helio y otras sustancias volátiles; son de mayor tamaño porque aglomeraron más materia. En la actualidad se piensa que parte del agua superficial tanto de Venus como de la Tierra

llegó después de su formación. Los cometas ricos en H₂O chocaron con estos mundos.

No es de sorprender que lo primero que se halló al buscar otros mundos fueron los discos circunestelares, anillos de polvo que reflejan luz de la estrella o que emiten luz infrarroja proveniente de su calentamiento. Un disco de materia refleja una mayor cantidad de luz que un planeta. Está formado por gas y muchísimos trillones de granos de polvo, este material se aglomerará para dar origen a nuevos mundos.

Para hallar planetas que giran en torno a otras estrellas se han empleado métodos indirectos. Podemos suponer, en una primera aproximación, que una estrella se mueve en línea recta. Si tuviera uno o varios cuerpos masivos girando en torno suyo, la atraerían primero en una dirección y después en otra; en consecuencia, su trayectoria en lugar de ser recta sería ondulante. Y precisamente durante los últimos años se han descubierto centenares de estrellas con estas variaciones de velocidad, lo cual permite conjeturar que tienen compañeros muy débiles y que algunos de ellos serían planetas.



Figura 3. La trayectoria ondulante de una estrella delata la presencia de una compañera. Se trata del movimiento combinado de la trayectoria recta de la estrella y a atracción que sobre ella ejerce su compañera cuando está de un lado de la órbita y transita al opuesto. (Fotografía David Darling)

Hasta este siglo se lograron descubrir así los primeros exoplanetas, gracias a observaciones minuciosas y poder de las computadoras para analizar los datos. Incluso, se construyó el telescopio espacial Kepler, para estudiar los tránsitos de los exoplanetas; cuando pasan delante de su estrella. Al hacerlo absorben parte de su luz. Dependiendo de la cantidad de luz que absorben se puede estimar su tamaño, así como determinar si tienen atmósfera o anillos ¡Existe un súper Saturno 200 veces más grande que el nuestro! La luz que absorben los exoplanetas también indica si tienen atmósfera y de qué está compuesta.

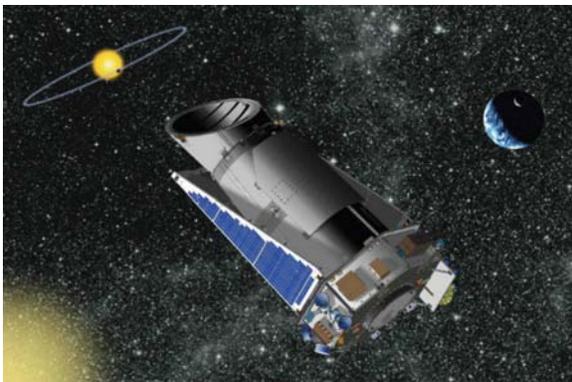


Figura 4. El telescopio Kepler. Se construyó para analizar los tránsitos de exoplanetas. (Fotografía XXXXX)



Figura 5. Para conocer las características de los nuevos mundos se analiza la cantidad y calidad de luz que absorben al pasar delante de su estrella. (Fotografía Projet Saint-Exupery)

De los múltiples planetas descubiertos algunos muestran problemas por resolver. Por ejemplo, se encontró un mundo similar a Neptuno muy cerca de su estrella. En principio se piensa que los planetas cercanos a las estrellas deberían estar compuestos principalmente de rocas, como Mercurio o la Tierra, en cambio los más distantes, que se formaron en zonas donde el intenso calor solar no produjo evaporación de sustancias volátiles, se crearon mundos como Neptuno. Así, este descubrimiento sugiere que los mundos pueden migrar; es decir se forman lejos de sus estrellas y después cambian de órbita posiblemente por la colisión con algún otro cuerpo.



Figura 6. Se han descubierto cuatro planetas en torno de la estrella Cervantes. Rocinante se asemeja a la Tierra, podría tener agua líquida y Sancho posee anillos. Además, el sistema planetario de Cervantes posee un anillo de planetas enanos y asteroides más allá de Sancho. (Fotografía Muy Interesante)

Cuando Copérnico propuso que la Tierra gira en torno al Sol y Galileo probó su idea se provocó un

escándalo, ya que se demostró que no estábamos en el centro del universo. Ahora ya sabemos que nuestro sistema solar es uno de miles, cientos son similares a la Tierra, comprobamos una vez más que no somos nada especial.

Sabemos que los grandes planetas del Sistema Solar poseen decenas de lunas, algunas con agua, como Europa y Calixto de Júpiter, y otras con atmósfera como Titán, de Saturno. Los nuevos exoplanetas recién descubiertos también podrían tener satélites sorprendentes aun cuando sean demasiado débiles para ser fotografiados.

Es interesante notar que la estrella más cercana a la Tierra posee dos planetas. Sin embargo, está tan lejos, 4.2 años luz de distancia, que viajar hasta allá nos tomaría miles de años, aun con las naves más poderosas hasta ahora construidas.



Figura 7. Hasta ahora se han descubierto dos planetas que se trasladan en torno de la estrella más cercana: Próxima Centuari. (Fotografía NASA/JPL)

Como adivinará el lector, el gran interés que se ha puesto en descubrir planetas con atmósfera, hielo y agua se debe a la curiosidad de encontrar vida fuera de la Tierra, en particular que sea inteligente. Cabe señalar que hasta la fecha no se ha descubierto ninguna estructura compleja de moléculas similar al ADN en ningún exoplaneta.

La zona habitable

Se piensa que para que exista vida extraterrestre debe haber agua líquida. Al menos en la Tierra la vida requiere de este líquido; facilita el intercambio de nutrientes. Además, se requiere de un planeta que posee elementos químicos como en carbono, el nitrógeno y el oxígeno en abundancia. En el caso del Sol la zona habitable está en un anillo más o menos a la distancia de la Tierra. Venus está en la zona demasiado caliente y Marte donde ya es muy fría; está en el límite y por eso todavía se tiene la esperanza de encontrar vida allá.



Figura 8. Algunos de los múltiples exoplanetas habitables. (Telescopio de Arecibo)

Al inicio se buscaron exoplanetas en torno de estrellas brillantes, porque es más sencillo analizar astros muy luminosos que débiles. Sin embargo, poco a pocos se fueron descubriendo mundos con agua en torno de las estrellas más pequeñas, las enanas rojas. Estas estrellas viven mucho más que el Sol, si tuvieran planetas con vida tendría más tiempo para evolucionar y ser capaz de desarrollar una civilización. Las estrellas enanas rojas son mucho más abundantes que el resto, a la naturaleza le es más sencillo formar objetos pequeños que grandes, se requiere menos materia. Existen millones de enanas rojas cercanas a la Tierra. Así que ahora se están construyendo telescopios especiales para analizarlas y descubrir si tienen compañeras, incluso uno estará en México, es parte del proyecto Saint-Ex, en honor del autor del *Principito*, Antoine de Saint-Exupery.

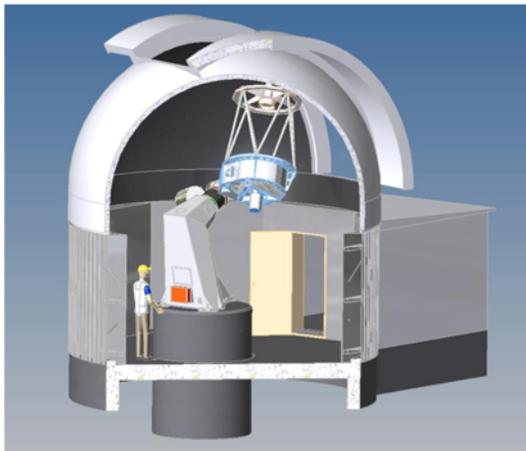


Figura 9. El telescopio robotizado Saint-Exupery. Está colocado en la Sierra de San Pedro Mártir, ya está operando exitosamente. (Projet Saint-Exupery).

Existen zonas en torno de las estrellas llamadas zonas habitables dónde es posible que se desarrolle la vida; se conocen como zonas habitables. Si el planeta está muy cerca de la estrella se calienta mucho y si está muy lejos está congelado, lo que impide que haya agua líquida en la superficie.

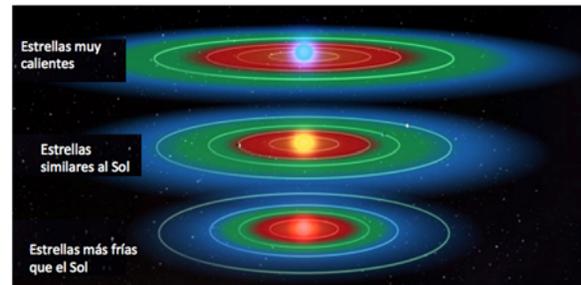


Figura 10. La zona habitable depende de la temperatura de la estrella. En esta figura se muestra en color verde. La zona roja está demasiado caliente y la azul demasiado fría para que exista agua líquida. (The Website of Learning)

Aunque las estrellas enanas rojas viven mucho más que el Sol producen mayor cantidad de rayos cósmicos, son estrellas muy activas. Así que de haber un mundo como la Tierra que gira en torno de una estrella pequeña, tendría que poseer un campo magnético muy intenso para escudarlo de los rayos cósmicos letales.

El telescopio TESS, *Transit Exoplanet Survey Satellite*, está dedicado a la búsqueda de planetas extrasolares que estén a menos de 190 años luz de distancia. Hasta la fecha ha encontrado 1 500 mundos. Es un telescopio que como Kepler mide los tránsitos de los planetas, su paso delante de la estrella vistos desde la Tierra. Al menos ya descubrió un

planeta TOI 700d que posee agua y cuya distancia es de 100 años luz; su diámetro es 1.2 veces el de la Tierra. Otros dos planetas giran en torno de esa estrella, uno cada 10 y el otro cada 16 días. Sin embargo, su temperatura es demasiado alta para poseer agua líquida. En cambio, TOI 700d tiene una órbita de 37 días, y dado que su estrella es mucho menos brillante que el Sol, se encuentra en la zona habitable.

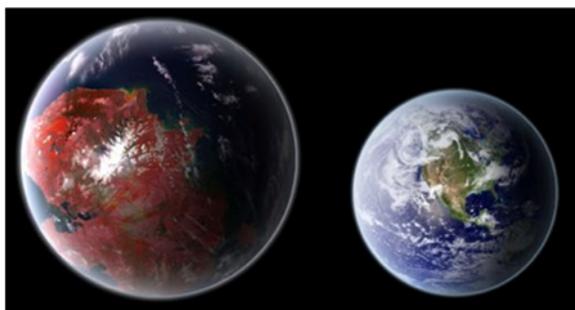


Figura 11. La estrella Kepler 442 posee uno de los planetas ideales para albergar vida. Sus estrellas es del tipo K, es decir vive más que el Sol, es rocoso por lo cual podría tener un campo magnético que lo protegería de la radiación X de su estrella. (Fotografía Universe Today)

Como mencionamos antes, hasta la fecha no se ha descubierto ningún rastro de vida fuera de la Tierra. Sin embargo, ahora con los más de 4000 nuevos mundos los grupos dedicados a buscarla están muy activos. Un grupo en particular, del proyecto SETI analiza la posibilidad de la detección de esferas de Dyson. Una civilización mucho más avanzada que la nuestra podría soñar en generar enormes esferas que rodeen a sus estrellas, con materiales tomados de un planeta gigante como Júpiter. Estas esferas capturarían toda la radiación de su estrella y vistas desde el espacio se vería como importantes emisores de radiación infrarroja y radiofrecuencias; que se podrían detectar con arreglos de telescopios tan poderosos como Alma.



Figura 12. Esfera de Dyson. (Fotografía J. Wong)

Los planetas Kepler-51 b, c y d son más o menos del tamaño de Júpiter. Se les conoce de manera informal como planetas de “algodón de azúcar” por tener una densidad similar a este dulce. La densidad tan baja se explica por su composición química, están compuestos principalmente de hidrógeno y helio. Se piensa que se formaron lejos de la estrella Kepler-51 y por eso están compuestos de elementos similares a los de la estrella y a los de nube que les dio origen. Ahora están más cerca de la estrella, así que se piensa que perderán parte de sus gases atmosféricos y terminarán siendo mundos semejantes a Neptuno, con una mayor temperatura debido a la cercanía con su estrella. Resulta que estudiar en particular a Kepler-51b, el más cercano a la estrella aportará elementos para comprender cómo puede ser la evolución de un mundo inmenso y gaseoso que evoluciona a uno más compacto si se aproxima a su estrella.

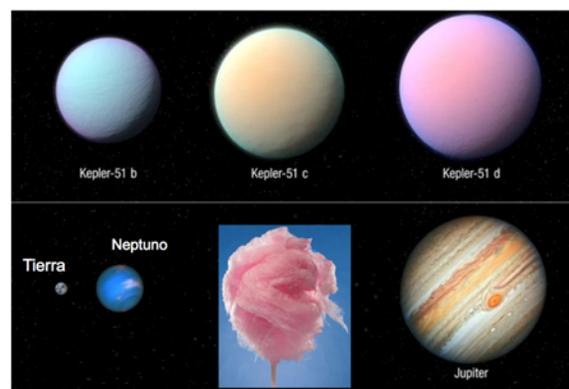


Figura 13. Los planetas Kepler b, c y d tienen densidades similares a los dulces de algodón. (Fotografía NASA)

Colisiones entre exoplanetas

Los sistemas planetarios también se analizan en radiación infrarroja; por ejemplo, el telescopio Sofia viaja a bordo en un jet en la estratosfera terrestre donde la densidad del aire permite observar el infrarrojo cercano. El gas caliente del medio interestelar emite en este tipo de radiación. Existen ocasiones en que dos mundos colisionan, se pueden fusionar y parte o la totalidad del material que contienen se convierte en rocas y polvo que se distribuye en forma de anillos. En el caso de BD+20 307 que está a 300 años luz de distancia el anillo rodea al sistema doble de estrellas.

Por ejemplo, en el Sistema Solar más allá de la órbita de Neptuno, donde la temperatura es gélida, sobreviven un anillo de gas de rocas y polvo, así como de innumerables cuerpos menos llamado el cinturón de Kuiper. El polvo es el resultado de

fusiones y colisiones de mundos pequeños abundantes en esa zona.



Figura 14. La colisión y subsecuente desintegración de dos exoplanetas de la estrella BD+20 307 pudo generar el anillo que rodea a la estrella. (Fotografía Sofia)

Planetas extra galácticos

Aunque parezca increíble se han descubierto planetas extra galácticos, es decir que forman parte de galaxias distintas a la Vía Láctea, a otros conglomerados estelares de cien mil millones de estrellas. No se puede emplear el método de las ondulaciones en las trayectorias de las estrellas en torno a las que orbitan los planetas, pues son imperceptibles desde la Tierra, debido a las enormes distancias que nos separan. Estos exoplanetas se descubren por el efecto de lentes gravitacionales: cuando los planetas pasan delante de sus estrellas

vistos desde la Tierra, desvían la luz de la estrella, como si se tratara de una lente, la intensifican y esto permite descubrirlos. El problema es que no se tiene la certeza si son planetas o pequeños hoyos negros.

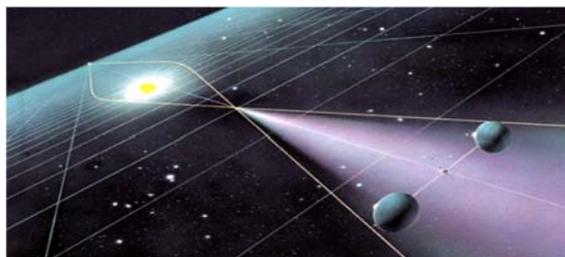


Figura 15. Principio de la lente gravitacional. Cuando los rayos de luz de un planeta lejano pasan cerca de un objeto masivo se desvían por el efecto de lente gravitacional. Esto hace posible observar varias imágenes múltiples de un mismo planeta extrasolar y analizarlo. (Fotografía Claudio Maccone)

Conclusión

El descubrimiento de planetas extrasolares inició este siglo. Se han descubierto miles, algunos con características similares a la Tierra, mundos con agua y atmósferas. Todavía no se encuentra evidencia de vida fuera de la Tierra; sin embargo, hay cada vez más evidencia que en múltiples sitios fuera de nuestro mundo podría florecer. El problema para descubrirla directamente es la enorme distancia que nos separa de las estrellas.



DRA. JULIETA NORMA FIERRO GOSSMAN

Es Investigador Titular de tiempo completo, del Instituto de Astronomía de la UNAM y Profesora de la Facultad de Ciencias de la misma. Ocupa la Silla XXV de la Academia Mexicana de la Lengua y es

miembro del Sistema Nacional de Investigadores en el máximo nivel.

Su área de trabajo ha sido la materia interestelar y sus trabajos más recientes se refirieron al Sistema Solar.

Su labor más destacada es en el área de divulgación de la ciencia. Ha escrito 41 libros de divulgación y decenas de publicaciones diversas. Participa activamente en programas de radio y televisión. Ha dictado centenares de conferencias en 40 países.

La Dra. Fierro ha recibido numerosas distinciones por su labor en divulgación de la ciencia, incluido el más importante: el Premio Kalinga de la UNESCO o el de la Academia de Ciencias del Mundo.