

## En busca de Tierras extrañas en otros Soles II.

Dr. Carlos Chavarría-K.  
Instituto de Astronomía, UNAM.

Por lo extenso del material sobre el tema de planetas en otros estrellas, con particular hincapié en planetas extrasolares “sólidos”, v.gr. planetas muy parecidos a nuestra Tierra, consideramos conveniente extendernos más sobre el tema en esta nota. Los planetas extrasolares “sólidos” (exoplanetas sólidos o “rocosos”), v.gr. con densidades específicas muy parecidas a las de los planetas internos del sistema solar (la Tierra tiene una densidad específica de 5.5 gramos por centímetro cúbico) y que contrastan por factores entre 3 y 5 con las menores densidades de exoplanetas “gaseosos”, con densidades muy similares a la de Júpiter ( $= 1.33 \text{ g cm}^3$ , son de especial interés para nosotros ya que tienen posibilidades de albergar “Vida” como la conocemos aquí en la Tierra. En un artículo anterior mostramos que le es relativamente sencillo a los astrónomos descubrir exoplanetas como Júpiter desde la Tierra y, por supuesto, desde el espacio. Hoy intentaremos presentarles el enorme reto que representa para los científicos encontrar un exoplaneta “sólido” con características similares a la Tierra.

A continuación trataremos de explicar la selección de estrellas convenientes y más sobre las condiciones y dificultades que debe satisfacer el planeta “sólido” huésped:

- a) Recordemos que para que haya aminoácidos, v.gr. las estructuras elementales para construir las proteínas y el ácido desoxiribonucleico ADN tan necesarios para la “Vida”, se necesita además del Hidrógeno, de los elementos químicos Carbono, Nitrógeno y Oxígeno, entre otros más. El proceso para formar “Vida” como la conocemos aquí en la Tierra también requiere de un tiempo comparable a la fase más longeva de la estrella como cuerpo autoluminoso, que es cuando fusiona en su centro al hidrógeno para convertirlo en Helio. En nuestro caso, estamos hablando de unos cuatro mil quinientos millones de años ( $4.5 \times 10^9$ ), es decir, como la mitad de lo que existirá el Sol en esa fase termonuclear. Una estrella no es más que una bola o pelota de gas incandescente, calentada desde su interior, compuesta de varios elementos químicos en distintos grados de excitación y de ionización, dependiendo de su temperatura superficial. Los átomos son excitados de un nivel base a uno superior por colisiones de otras partículas movidas por el calor. Si la temperatura es lo suficientemente alta o la energía requerida para “arrancarle” un electrón a un átomo es baja entonces se ioniza al átomo. Es relativamente sencillo demostrar con simples leyes de la hidrostática (Física de fluidos en reposo) que a mayor masa de la estrella, mayor es su temperatura superficial y la termodinámica nos enseña que entre más caliente un gas, mayor será el grado de ionización y de excitación de los elementos químicos (o moléculas) que componen a la estrella. Descomponiendo en un arcoiris a la luz proveniente de una estrella con ayuda de un espectrógrafo y registrándola en un espectrograma para luego estudiar las líneas espectroscópicas en absorción que aparecen en él, podremos escoger a aquellas estrellas que sean similares en

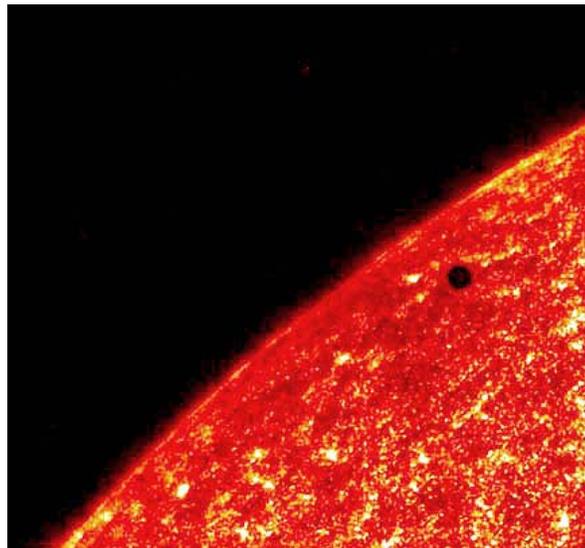
temperatura, composición química, masa y estado evolutivo (v.gr. edades) al Sol. Resulta haber algo así como diez mil millones ( $10 \times 10^9$ ), de estrellas así solo en nuestra Galaxia.

- b) Un compromiso entre la distancia del exoplaneta al astro central, el albedo de su superficie (su albedo es la capacidad de reflejar a la luz que le incide), la composición de su atmósfera y la rapidez de giro sobre su eje determinan la temperatura que regirá en su superficie. El rango de temperaturas donde existe la "Vida" aquí en la Tierra es muy estrecho. El tiempo que requiere el exoplaneta para darle una vuelta al astro anfitrión nos da información de la distancia que los separa y fija, de alguna manera, la temperatura superficial del trabante. Buscamos exoplanetas "sólidos" con un período entre 220 y 690 días terrestres, aproximadamente, y que corresponde a un "año" de Venus y de Marte respectivamente, que son los planetas vecinos donde hay dudas razonables de que deje de existir "Vida".
- c) La atmósfera y la rotación sobre el eje de giro del planeta huésped sirve de cobija ya que nos protegen de cambios extremos de temperatura entre el día y la noche, y es un escudo que nos protege de las radiaciones dañinas del Sol como son la luz ultravioleta y la radiación corpuscular, así como de la radiación cósmica. Debe contener suficiente Hidrógeno y Oxígeno, principalmente en forma de humedad ( $H_2O$  condensada). La "Vida" es muy suceptible a estas últimas restricciones: en un desierto como Atacama (República de Chile), probablemente el lugar más seco de la Tierra, los biólogos no han encontrado "Vida", ni siquiera trazas de ADN en sus partes centrales, debido a la falta de humedad. La "Vida" también es prácticamente inexistente en lugares extremos, por ejemplo las partes centrales del Artico o del Antártico, las zonas más profundas del Océano Pacífico (-10,900 metros cerca de Nueva Zelandia), así como en los picos más altos en el Himalaya (+8000 metros). Sin duda estas son las restricciones más difíciles de satisfacer y que hacen ínfimas a nuestras posibilidades de encontrar a un planeta extrasolar tipo Tierra capaz de albergar "Vida".

La dificultad de detectar trabantes tipo Tierra en otros soles estriba en su tamaño, su masa y a la distancia que se deben encontrar del astro central. Las variaciones en la velocidad espacial (v.gr. el "bamboleo") de un sistema astro-exoplaneta con las características como las del sistema Tierra-Sol son muy pequeñas: El planeta y el astro giran alrededor de un punto común llamado centro de masa y se encuentra como a 450 km del centro del astro y en dirección de la línea que une el astro con el planeta. La amplitud de ese bamboleo de 450 km de la estrella así como las variaciones de su velocidad (como 9 centímetros por segundo) no son detectables, ni desde el espacio. Para estrellas cercanas, objetos a unos 60 años luz o menos, el planeta alcanza a separarse angularmente de la estrella por "bamboleo" por unos 0.10 segundos de arco, una distancia medible desde la Tierra con los grandes telescopios y con óptica adaptativa actualmente en uso, o desde el espacio con el telescopio espacial "Hubble" o su sucesor, el telescopio "James Webb". Sin embargo, el contraste entre el astro autoluminoso y el planeta que refleja la luz como un espejo pero tan "sucio" como su albedo, lo hace, al menos

temporalmente, prohibitivo. El contraste es aproximadamente de  $1/10,000,000,000$  en el visible y  $1/1,000,000$  en el infrarrojo cercano (disminuye el “contraste” en el infrarrojo porque el planeta tipo Tierra emite luz propia a esas frecuencias). Mas adelante, dentro de 10 o más años será posible medir estos contrastes pero con coronógrafos e interferómetros espaciales. En la actualidad, el método más prometedor para detectar exoplanetas “sólidos” es midiendo los tránsitos (v.gr. eclipses).

- d) La Tierra tiene un diámetro 100 veces menor que una estrella como el Sol, de tal manera que un eclipse por el tránsito de un exoplaneta “sólido” por el disco estelar produciría una disminución de la luz que percibimos de él por un factor de  $1/10,000$  aproximadamente, una variación tan pequeña que quedaría enterrada en el ruido que producen los distintos movimientos indeseables de las diferentes capas que hay dentro de nuestra atmósfera terrestre. En la figura mostramos el tránsito de Mercurio por el disco del Sol.



Noten la diferencia de tamaños: es como detectar a 2 kilómetros en un rostro a una “peca” o un “lunar”. Tenemos que salirnos al espacio exterior para detectar con cierta certeza tan minúsculas variaciones de luz. En general, las estrellas de baja masa pueden tener variaciones intrínsecas en su brillo de ese orden producidas por perturbaciones en su interior, o tienen “imperfecciones” en su superficie tales como manchas estelares como las del Sol y que son moduladas con el brillo que vemos por la rotación de la estrella y no podemos discernir con suficiente confiabilidad su verdadera naturaleza si no disponemos de otra información adicional. Solo un seguimiento largo en el tiempo nos ayudaría a eliminar otras posibilidades. La sonda espacial COROT, que será lanzada por la Agencia Espacial Europea (ESA) dentro de dos años ha sido construida para medir unas 12,000 estrellas en búsqueda de planetas sólidos. COROT es el acrónimo de su nombre en inglés, **C**onvection **R**otation and Planetary **T**ransits.

- e) Es relativamente fácil estimar de los ángulos sólidos que proyecta el disco estelar visto desde el exoplaneta la probabilidad de que suceda un tránsito “positivo” para nuestros propósitos y resulta ser muy remota (como 0.5 % de probabilidad, o sea unos 5 de 1000 casos observados). COROT podría encontrar hasta 60 exoplanetas “sólidos”. Pero para sacarnos la lotería, no hay como comprar muchos números, o sea que debemos construir una sonda espacial que pueda medir simultáneamente a muchas estrellas y eso es lo que harán precisamente los satélites *Kepler* de la NASA (100,000 estrellas durante su vida útil que principia aproximadamente en el año 2007), y el satélite *Eddington* de la ESA (que medirá unas 500,000 estrellas y su lanzamiento está previsto para el 2008).
  
- f) Pero una vez encontrado un planeta sólido con todas las características que mencionamos arriba, tenemos que “sondear” su atmósfera para determinar si posiblemente tiene ‘Vida’. Se cree que si podemos detectar Oxígeno u Ozono en su atmósfera lo haría “El Candidato”. Claro que si tiene seres inteligentes (¿?) como nosotros, los detectaríamos sin problemas por el gran exceso de radiación que producirían a esas frecuencias sus equipos de radiocomunicaciones, de estaciones de radio y televisión, satélites, etc..... Además del Big Brother del norte, ¿habrá otro mundo que nos vigila?.

Es en los incisos (a) y (b) donde el Observatorio Astronómico Nacional esta haciendo su contribución: poniendo de lado a las 112 estrellas con planetas huéspedes conocidas en el presente, se han seleccionado a muchas estrellas relativamente brillantes y parecidas a nuestro Sol, a las cuales se les está dando seguimiento a su brillo, midiéndolo con un fotómetro (instrumento que mide la luz) especialmente construido para propósitos como el nuestro, con el afán de encontrar tránsitos o eclipses que indiquen la presencia de un planeta. Pensamos que si una estrella tiene al menos un planeta aunque sea “gaseoso”, la probabilidad de encontrar más planetas se incrementa, sobretodo si los exoplanetas se comportan como nuestro sistema solar. A los candidatos encontrados se les dará seguimiento próximamente desde el espacio con la sonda “COROT”. COROT podría estar reportando nuevos exoplanetas “sólidos” dentro de 4 o 5 años. Es muy probable que muchos de nosotros tengamos la fortuna de poder vivir esos momentos tan excitantes.