



Los gases de los exoplanetas ¿y de la vida?

Edgar Vargas

*Para todos aquellos que nos
estimulan a imaginar otros mundos*

Todas las formas de vida que conocemos producen gases, algunas lo hacen con tal abundancia que sus productos son parte fundamental de la atmósfera terrestre. Algunos de estos gases son muy olorosos, es una característica de la vida. Con base en esto algunos científicos examinan los gases que detectan en otros planetas y satélites del Sistema Solar –o en otros sistemas planetarios– y que podrían ser producto de hipotéticos seres vivos ubicados a cientos de años-luz de distancia.

Los otros mundos

Desde hace poco más de 20 años se empezaron a descubrir y clasificar exoplanetas (ver en *Cienciorama*, “[Observación de planetas en otras estrellas](#)”). La lista ha crecido exponencialmente en los últimos años, especialmente desde el lanzamiento del telescopio espacial Kepler en el 2009, cuyo propósito es

justamente detectar exoplanetas. Para mayo de 2017, en el portal <http://exoplanets.org/> se registraron casi 3 mil exoplanetas confirmados y al menos 2,300 objetos que son candidatos a ser clasificados como tales. Debo aclarar que sólo estamos estudiando una pequeña fracción de nuestro vecindario galáctico, la Vía Láctea, por lo tanto, apenas estamos en los albores del estudio de los exoplanetas y es obvio pensar que su número crecerá todavía más en los próximos años.

Pero siendo sinceros lo que más nos gustaría saber es si de las características que podemos observar de los exoplanetas desde la Tierra y con los telescopios espaciales, podemos inferir que hay alguna actividad biológica, en otras palabras, otros seres vivos. Si quieres conocer algunas ideas sobre la búsqueda de vida extraterrestre puedes ver en *Cienciorama* “[¿Dónde está todo el mundo?](#)”.

Estudiar las propiedades físicas generales de los exoplanetas conocidos hoy día es lo más común (ver figura 1). Actualmente tenemos ideas de su tamaño, cercanía a su estrella anfitriona, periodos de traslación y rotación, así como posibles indicios de las composiciones de las masas planetarias dada su densidad. Sin embargo, para verdaderamente buscar seres vivos, necesitamos conocer otro tipo de detalles; por ejemplo, la composición química exacta de la masa planetaria en sí, de su superficie y su interior, y desde luego, las posibles atmósferas que los circundan.

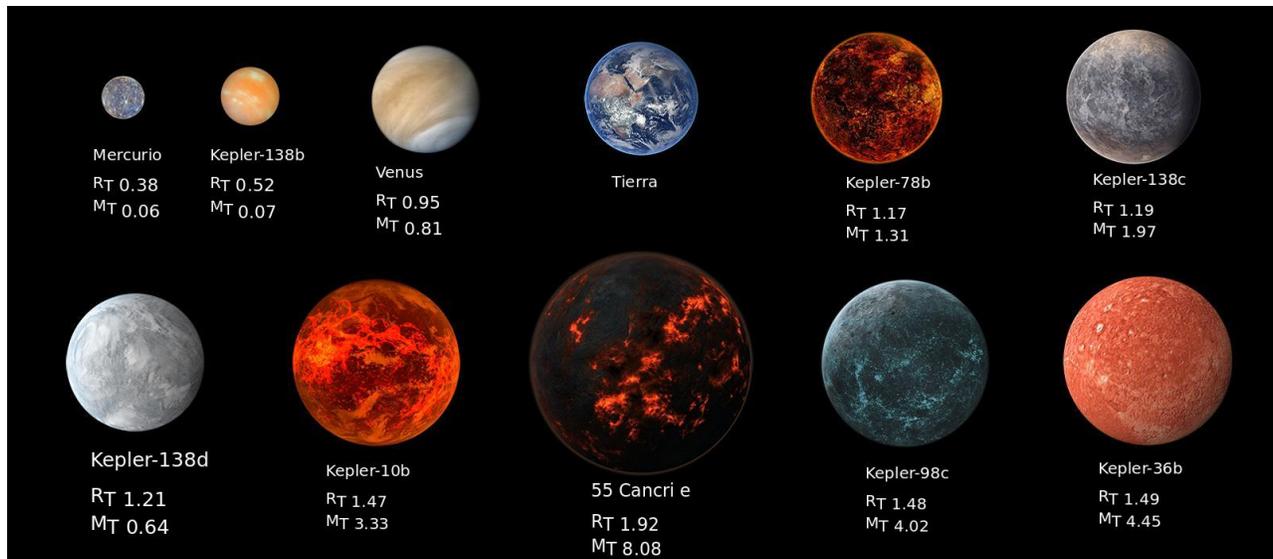


Figura 1. La imagen muestra los radios y masas de algunos planetas –fotos reales– y exoplanetas –recreaciones artísticas– comparados con los de la Tierra. En estos ejemplos, a excepción del exoplaneta Cancri, el cuarto planeta de la estrella Cancri, los demás se llaman Kepler por ser exoplanetas de sistemas planetarios descubiertos con el telescopio espacial Kepler. De esta manera Kepler 36-b es el primer exoplaneta (empiezan a contarse con la letra b del abecedario) de la estrella número 36 descubierta con ese telescopio espacial.

Los “oloroscopios” reales

Muchos piensan que sólo los astrónomos estudian el cosmos, pero estos colegas necesitan ayuda. Los profesionales de la química también tenemos muchas cosas que estudiar en él; y si queremos deducir si hay o no vida en los exoplanetas, hay que estudiar sus propiedades químicas. A manera de chiste, siempre le cuento a mis amigos que estoy estudiando química para una profesión que aún no se inventa, pero que será muy importante en unos años: “catador de exoplanetas”.

Sin embargo existe un problema de fondo: los exoplanetas están en lugares muy lejanos, no es viable mandar robots o sondas como los enviados a planetas y satélites de nuestro sistema planetario, para estudiar sus propiedades químicas (ver en *Cienciorama* “[Otro mundo es posible](#)”). Por ejemplo, el planeta Próxima b, que es el exoplaneta más cercano a la Tierra, está a poco más de 4.2 años luz de distancia, algo así como 4.014×10^{13} km –10 seguido de 13 ceros–. Una sonda viajando a unos 50 mil km/h, o sea casi a la máxima velocidad que alcanzó la sonda New Horizons que tardó nueve años en llegar a Plutón, ¡tardaría unos 80

mil años en llegar! Y eso que es el exoplaneta más cercano.

En este punto seguramente te surge la pregunta de cómo se puede estudiar la composición química de algo que está decenas o cientos o miles de años-luz de distancia. Respuesta: con el uso de la espectroscopía, que es la vista-olfato que tienen los científicos para estudiar cuerpos a muy grandes distancias. Los espectroscopios son aparatos que usamos tanto en la Tierra como en el espacio y son las herramientas que literalmente nos ayudan a ver más allá de lo visible. Con ellos “catamos” de qué tipo de cuerpo celeste se trata así como su composición química (ver figura 2).

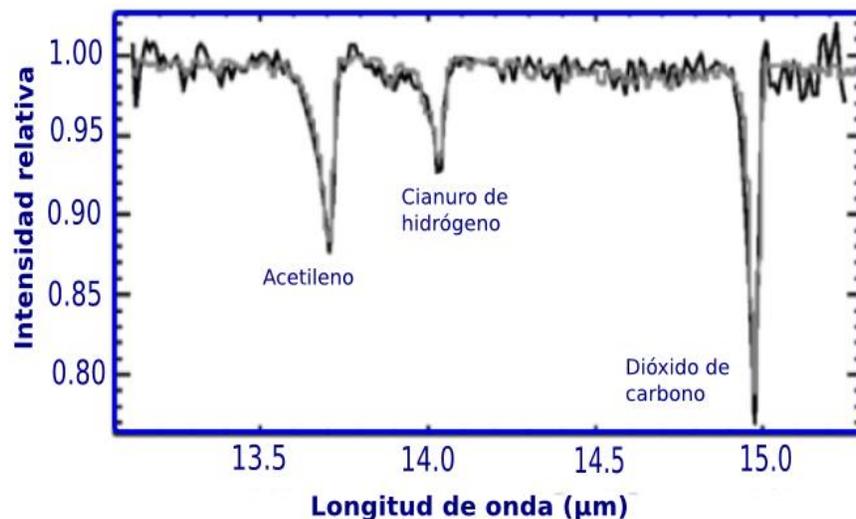


Figura 2. La gráfica muestra el estudio espectrográfico de una estrella en formación. Se registran las longitudes de onda emitidas por ésta y el resultado indica que está compuesta por acetileno (C_2H_2), cianuro de hidrógeno (HCN) y dióxido de carbono (CO_2).

Los espectroscopios funcionan básicamente a partir de la detección de emisiones o absorciones de longitudes de onda a lo largo del espectro electromagnético, desde las ondas de radio hasta los rayos gamma, pasando por el infrarrojo, el visible, los rayos X y el ultravioleta. Es una herramienta poderosa que han usado los químicos desde el siglo XIX para estudiar elementos y compuestos químicos,

pero que los astrónomos también usan para saber de qué están hechos los cuerpos celestes (ver en *Cienciorama* “[Los nuevos elementos y sus arcoiris](#)”).

Con estas herramientas se puede elucidar la composición química de los objetos en el universo. Así sabemos de qué están hechas regiones de galaxias, las estrellas o las nubes moleculares; y se han encontrado cientos de moléculas de tipo orgánico; es decir, compuestos cuyo principal elemento es el carbono y que son básicos en los procesos biológicos de la Tierra.

Las bioseñales

La astrobiología es la disciplina científica que estudia el origen, evolución, distribución y futuro de la vida en el universo. Y en esta área del conocimiento muchas veces usamos de manera indistinta el término biomarcador o bioseñal para referirnos a algún elemento, compuesto o característica física o química que indica la existencia de algún proceso biológico, ya sea en el presente o del pasado. En este artículo usaré la palabra bioseñal porque la palabra biomarcador también se usa para las sustancias que se aplican en el área biomédica.

Las bioseñales pueden tener origen orgánico o inorgánico; pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas según si son residuos de productos orgánicos de desecho o compuestos derivados de ciertos procesos, como los estromatolitos (estructuras minerales de carbonatos producidas por los primeros microorganismos). Incluso pueden tener detalles tan finos como la homoquiralidad imperante en algunas biomoléculas: los L-aminoácidos y los D-azúcares, una característica tratada en *Cienciorama* en el artículo “La sutil y relevante historia de la mano derecha y su siniestra hermana”.

En este texto sólo nos centraremos en los gases, bioseñales de tipo químico detectables a distancia. La idea es buscar gases que se encuentren en las atmósferas de los exoplanetas, por lo que deben producirse en cantidades suficientes como para ser parte importante de ellas; es decir, se deben acumular y persistir en amplios intervalos de presión y temperatura. Pero estos requisitos deben estar ligados a una condición indispensable: deben ser estables al reaccionar, mezclarse o disolverse en el disolvente universal y medio donde se

desarrolla la vida como la conocemos: el agua líquida.

¿A qué huele la vida?

La premisa es sencilla: la vida produce gases como subproductos del metabolismo y algunos de éstos son tan abundantes que se acumulan en la atmósfera. Entonces debemos tomar dicho modelo y aplicarlo a los exoplanetas que consideramos más aptos para sostener vida. Se trata básicamente de que sean planetas de tipo terrestre, que se encuentren a una distancia tal de su estrella que puedan recibir suficiente energía para tener agua líquida, y que no estén tan cercanos a ella como para que el agua se evapore o se barra su posible atmósfera por algún fenómeno propio de la estrella. En la atmósfera se deben generar condiciones de presión y temperatura estables para el agua, que posibiliten en ella las reacciones químicas que la vida implica. Cuando un exoplaneta cumple estas características decimos que está dentro de la zona habitable de su sistema planetario (ver figura 3).



Figura 3.- Zona de habitabilidad estelar. Esta zona se caracteriza por tener las condiciones más propicias para sustentar la vida en los planetas o satélites que se

encuentran en ella. Depende de las propiedades de cada estrella.

Por ejemplo, hace unos meses hubo un gran revuelo mediático por el descubrimiento de que el sistema planetario de la estrella Trappist-1 tiene siete planetas, de los cuales tres están en la zona de habitabilidad. Sin embargo, otras cuestiones físicas, como la cercanía a la estrella, indican que la radiación de Trappist-1 ha barrido sus atmósferas, lo que vuelve muy improbable que se mantenga y se desarrolle vida en alguno de ellos.

Aunque ya se tiene la metodología general, aún está en progreso la tecnología para estudiar con toda precisión y exactitud las atmósferas planetarias y nos estamos preparando para cuando eso se logre, lo cual ya será pronto. Entonces te contaré cuáles podrían ser esos gases y bajo qué condiciones químicas se encontrarían.

Los gases de la vida

En primer lugar está el oxígeno (O_2), que en la Tierra se forma gracias al metabolismo de plantas y seres microscópicos como las bacterias y las arqueas. Este compuesto es muy reactivo, pero ocupa en la atmósfera una quinta parte de su proporción total: 21%. Para permanecer así la atmósfera debe ser alimentada continuamente, ya que el oxígeno es un elemento que reacciona fácilmente con casi todo lo que encuentra y siempre está renovándose; por eso se ha propuesto como una de las bioseñales a buscar. Si lo encontramos en gran proporción en algún lugar, seguramente hay “algo” que lo está produciendo continuamente y los organismos vivos serían los primeros sospechosos. Sin embargo, también lo producen los procesos atmosféricos, como la fotodescomposición del O_3 (ozono). Nuestro olfato de catadores estima que aun así es un buen candidato.

El metano (CH_4) es otro gas que serviría como bioseñal porque lo producen y requieren muchos seres microscópicos para obtener energía, y también lo producen grandes animales –como las reses– como desecho constante producto de su digestión. De hecho, por ser un gas con fuerte efecto invernadero y la ganadería una de las actividades más ampliamente distribuidas en el planeta, se

ha propuesto como uno de los factores que contribuyen al problema de la estabilidad de la temperatura en la Tierra: el calentamiento global. Por otro lado, puede ser un falso positivo, ya que también lo producen ciertos procesos geológicos como las ventilas hidrotermales o chimeneas en el fondo marino y los volcanes. Como buenos catadores de vida, el metano está en nuestra búsqueda.

El óxido nitroso (N_2O) también puede ser una bioseñal ya que es un gas producido por varias fuentes naturales como los desechos de los animales, o por la química del suelo, el océano o la propia atmósfera, y desde luego es parte de los productos de la oxidación de amoníaco (NH_3). Por ejemplo, la bacteria *Nitrosomonas* de origen marino, oxida el amoníaco para producir iones nitrito y N_2O . Además, desde hace un siglo es parte de las sustancias que se producen en gran cantidad debido a los fertilizantes nitrogenados comercializados desde entonces.

Otro gas que nos puede llevar a sospechar de la presencia de actividades biológicas en ciertos lugares, es el sulfuro de hidrógeno (H_2S). Es un gas producido a partir de muchos procesos biológicos, por ejemplo, los microorganismos (arqueas) de la especie *A. fulgidus* y *A. profundus*, viven en los fondos oceánicos y pueden extraer energía de compuestos químicos como los sulfatos que surgen de las ventilas hidrotermales y así producir H_2S . Por eso cuando se deduce que el satélite de Saturno, Encélado, podría tener ventilas hidrotermales, se aguzan los sentidos y renuevan las esperanzas de que podría sostener vida, y la detección de gases como éste sería un fuerte indicio (ver en la sección de noticias de *Cienciorama* “Procesos hidrotermales en Encélado”).

El clorometano (CH_3Cl) es un gas minoritario pero presente en nuestra atmósfera y juega un rol importante en la destrucción estratosférica del ozono. Es producido por algunos seres vivos como helechos y una familia de árboles tropicales llamada *Dipterocarpaceae*. Se ha supuesto que algunos planetas alrededor de estrellas enanas rojas tipo M, podrían producirlos en grandes cantidades y por tanto ser detectados. A partir de algunos estudios se sospecha que durante el periodo carbonífero –etapa geológica que inicio hace unos 359 millones de años y que terminó hace unos 299 millones de año– había en la

atmósfera terrestre clorometano en mucha mayor proporción de lo que encontramos ahora debido a la variedad de plantas que lo pudieron haber producido. Más aún, dada la amplia detección de percloratos en la superficie marciana, éstos se pudieron formar de manera importante de haber una alta presencia de clorometano en su atmósfera primitiva, lo que implicaría la posible existencia de vida en ese planeta en algún pasado remoto.

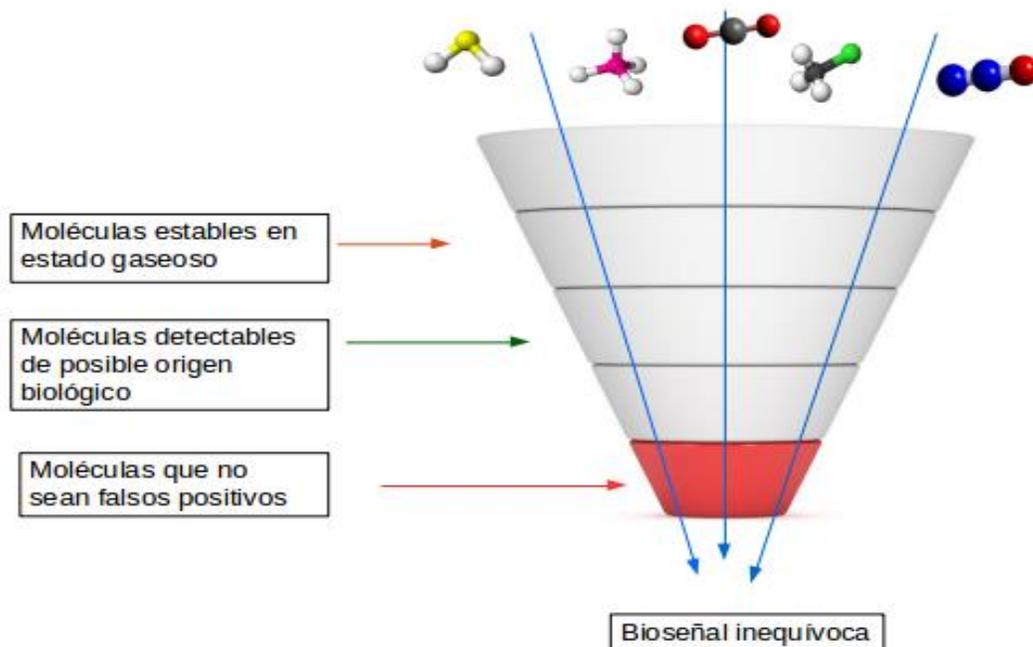


Figura 4. Esquema del concepto para elaborar una lista de moléculas gaseosas que podrían funcionar como bioseñales. El primer paso es filtrar aquellas moléculas que son estables y volátiles en las distintas condiciones de presión y temperaturas exoplanetarias pero en zonas habitables de las estrellas. El siguiente paso es que sean detectadas por medio de señales espectroscópicas que sugieran que son de origen biológico. Por último hay que descartar que las bioseñales no sean falsos positivos, es decir, que las moléculas que puedan servir como bioseñales, se generen por procesos que no tengan que ver con seres vivos, por ejemplo de tipo geológico o geoquímico.

Todavía se está construyendo la lista de las posibles bioseñales de tipo gaseoso

que se podrían buscar como indicios de vida fuera de nuestro planeta (ver figura 4). Instrumentos actuales como los telescopios espaciales Hubble y Kepler, pueden detectar planetas y con muchos malabares deducir posibles composiciones químicas de ellos. Una nueva generación de telescopios, como el James Webb –que será lanzado en el 2018– podrán observar y estudiar con más detalles las atmósferas de los exoplanetas y quizás eso nos acerque un poco más a descubrir seres vivos fuera de este planeta.

La cantidad de exoplanetas es inconmensurable, y de cada uno de ellos esperamos conocer sus propiedades físicas y químicas. Quizás un día, espero no muy lejano, analicemos, como una suerte de catadores de planetas, con toda precisión y exactitud sus gases y quizá hasta imaginemos sus aromas y podamos descubrir si hay vida en ellos, lo cual cambiaría nuestra forma de concebir el universo y nuestra existencia.

Para que se lo cuentes a quien más confianza le tengas.

Bibliografía

- Sara Seager y William Bains, “The search for signs of life on exoplanets at the interface of chemistry and planetary science” (6 de marzo de 2015), *Sci Adv* 2015, 1. doi: 10.1126/sciadv.1500047
- Seager, Bains y Hu, “A biomass-based model to estimate the plausibility of exoplanet biosignature gases”, *The Astrophysical Journal*, 775:104 (28pp), 1 de octubre 2013. doi:10.1088/0004-637X/775/2/104
- Seager, Bains y Petkowski, “Toward a List of Molecules as Potential Biosignature Gases for the Search for Life on Exoplanets and Applications to Terrestrial Biochemistry”, *Astrobiology*, volumen 16, número 6, 2016. DOI: 10.1089/ast.2015.1404

En Cienciorama:

- Octavio Lara, “Observación de planetas en otras estrellas”. http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/499_cienciorama.pdf
- Octavio Lara, “¿Dónde está todo el mundo?”. http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/470_cienciorama.pdf
- Carlos Velázquez, “Los nuevos elementos... y sus arcoíris”.

http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/358_cienciorama.pdf

- Pablo Martínez Sosa, “La sutil y relevante historia de la mano derecha y su siniestra hermana”. http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/309_cienciorama.pdf
- Edgar Vargas, “Otro mundo es posible”. http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/432_cienciorama.pdf