

Venus y la posible detección de biomarcadores en su atmósfera

El descubrimiento de una molécula simple formada por fósforo e hidrógeno, el fosfano, en la atmósfera de Venus ha desatado una tormenta mediática sobre la existencia de actividad biológica en este planeta. ¿Tiene o ha tenido Venus las condiciones adecuadas para permitir la existencia de vida? Yendo más allá, ¿hasta qué punto podemos afirmar que podemos detectar vida en otros cuerpos del Sistema Solar? ¿Qué implicaciones tendría?

En uno de los probables escenarios de génesis de vida, ésta habría aparecido en las fuentes hidrotermales de los fondos oceánicos que, al emitir diversos gases como hidrógeno molecular, dióxido de carbono, metano y ácido sulfídrico en ausencia de oxígeno y en un ambiente ácido, podrían haber formado las primeras moléculas orgánicas y, tras ellas, producir la actividad biológica primordial. ¿Es éste un mecanismo “universal”? Cuando se detecta una molécula relacionada con la vida, ¿cómo podemos asegurar que tiene origen biológico, especialmente si la detección es a distancia?

¿Qué es un biomarcador?

Aunque es una idea fuertemente arraigada, la presencia de agua líquida no implica necesariamente la aparición o desarrollo de vida. Tampoco la presencia de oxígeno per sé, sino la interacción oxígeno molecular (O₂) con otras sustancias simples como es el nitrógeno (N₂), el vapor de agua (H₂O) o el metano (CH₄) junto al dióxido de carbono (CO₂).

En nuestro planeta los seres vivos están “ensamblados” por algunos de los elementos químicos más frecuentes en el Universo: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. También incluyen cantidades significativas de azufre, magnesio, calcio, fósforo, sodio, potasio y cloro, además de algunos elementos menos frecuentes pero esencial, denominados oligoelementos.

En general un biomarcador, concepto extendido por [Berd Simoneit](#), es un compuesto químico cuya presencia revela de manera inequívoca la actividad biológica en un determinado medio. En el registro geológico terrestre podemos encontrar algunos indicadores como los restos preservados en fósiles de lípidos o membranas, o, de mucha menor duración, azúcares o aminoácidos. En otros ambientes, como en Marte, se esperaría detectar la presencia de biopolímeros y lípidos si hubo vida hace más de 3500 millones de años.

Entre los múltiples subproductos de diversas reacciones biológicas en nuestro planeta se encuentra el fosfano o fosfina, representado por el símbolo PH₃, y formado por un átomo de fósforo y tres de hidrógeno. Este compuesto está presente en zonas cenagosas, en donde es generado por células anaeróbicas (que no utilizan oxígeno para producir energía), aunque se desconocen todos los detalles metabólicos del proceso. Pero el fosfano no es un biomarcador unívoco y se requiere la determinación de su abundancia y su interacción con otros compuestos químicos presentes en su medio para verificar más allá de toda duda que su origen es biológico. Entre las alternativas para su formación están las fotoquímicas y las que implican algún tipo de actividad geológica.

Plus ultra: en el Sistema Solar exterior y más allá

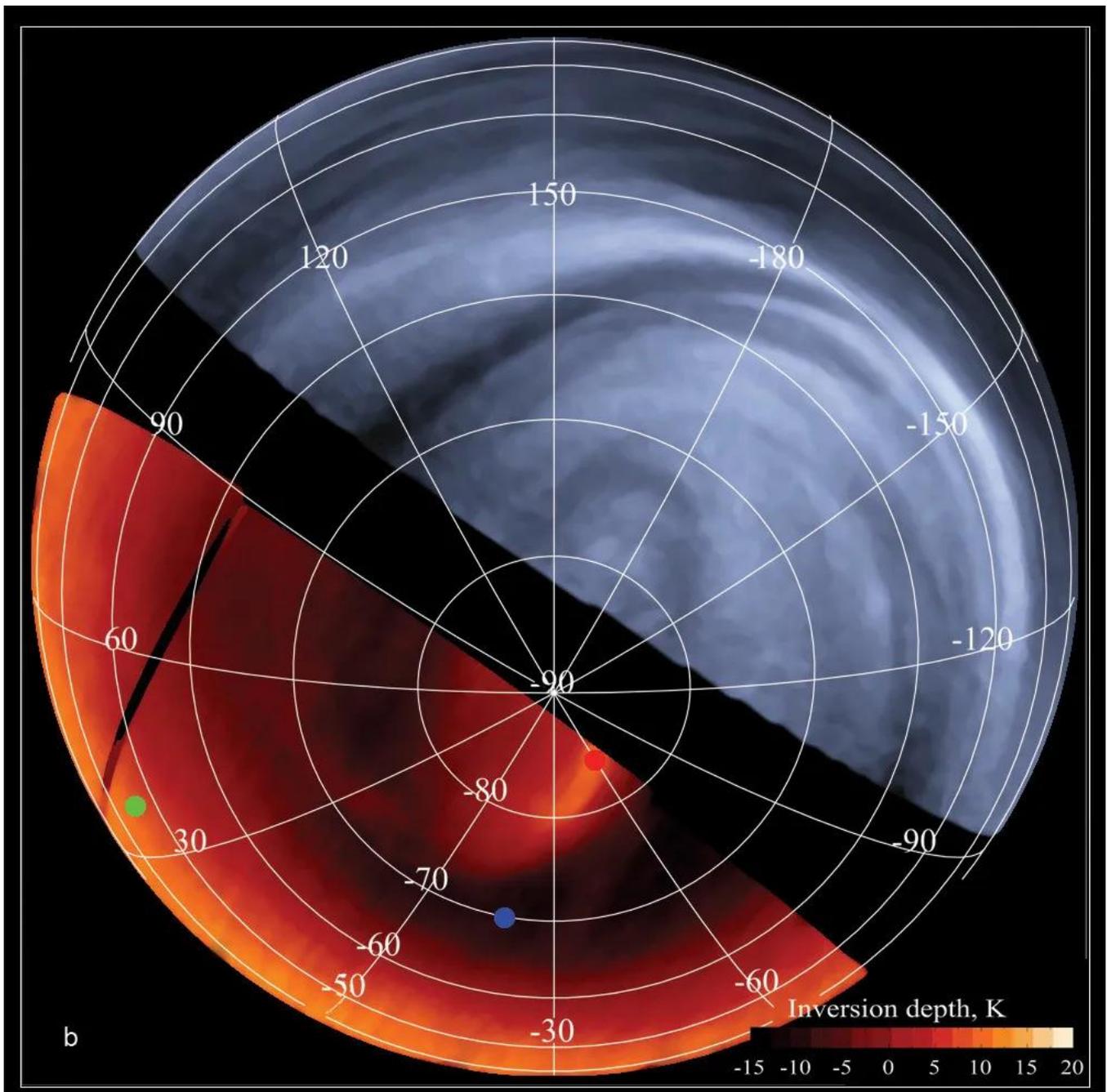
Además de en la Tierra y ahora en Venus, el fosfano se ha detectado en otros planetas del Sistema Solar, en concreto en [Saturno](#) y [Júpiter](#). Las primeras detecciones se realizaron a mediados de los años 70 mediante la medida de bandas de vibración y rotación alrededor de 10 y 5 micras. Más recientemente se ha detectado en la [atmósfera de estrellas evolucionadas](#), en concreto de la estrella CW Leonis, mediante el uso del observatorio espacial Herschel, de la ESA.

El siguiente paso sería la posible pero muy compleja detección en [exoplanetas](#). En las proximidades del Sol ya conocemos sistemas planetarios bastante complejos y algunos tienen planetas en órbitas dentro de la conocida como [Zona de Habitabilidad](#), en la que, debido a la adecuada irradiación de la estrella central, el agua podría estar líquida. Éste es el caso de Trappist-1, cuyo sistema contiene al menos siete planetas, estando tres de ellos dentro de la región orbital que permitiría la existencia de agua potencialmente líquida. Se trata, por tanto, de un nuevo desafío en los estudios de las propiedades atmosféricas de estos exóticos planetas. En cualquier caso es necesario hacer hincapié en el hecho de que las condiciones que definen [la habitabilidad no implican que exista necesariamente actividad biológica](#).

Venus, el otro hermano de la Tierra

Aunque Marte, catalogado como [el hermanastro menor de la Tierra](#), ha sido hasta ahora objetivo prioritario de las investigaciones astrobiológicas dadas sus características geológicas y meteorológicas, Venus también ha recibido una notable atención, habiendo sido el destino de [más de 40 misiones científicas](#). En algunos casos se trata de vuelos cercanos con objeto de redirigir la nave hacia otros cuerpos del Sistema Solar, como será el caso de la nave [BepiColombo](#) de la ESA, lanzada en 2018 y que pasará cerca de Venus el 15 de octubre de 2020, para alcanzar una órbita alrededor de Mercurio en 2025. La primera misión que se puede clasificar como éxito fue la soviética [Venera 4](#), que estudió la atmósfera venusiana durante el descenso en 1967. Posiblemente las que han proporcionado más datos han sido la americana [Magellan](#) (lanzamiento en 1989, en Venus desde 1990 hasta 1994) y la europea [Venus Express](#) (lanzamiento en el 2005, en Venus desde 2006 hasta 2015). En la actualidad continúa operativa la japonesa [Akatsuki](#), lanzada en 2010 y que ha estado estudiando la atmósfera desde 2015.

En la actualidad la atmósfera de Venus presenta unas condiciones muy distintas a la Tierra, tanto presente, caracterizada por la presencia de oxígeno molecular y moderadas presiones y temperaturas, como pasadas, en donde el carácter era ligeramente reductor, en donde el oxígeno estaría fijado en diversos compuestos.



Venus visto por la sonda europea [Venus Express](#) en el infrarrojo y ultravioleta, rangos del espectro electromagnético que acotan el visible. La detección de fosfano se ha realizado en el rango milimétrico. Crédito: ESA/MPS/DLR/IDA VIRTIS y ESA/VIRTIS/INAF-IASF/Obs. de Paris-LESIA.

Así, la temperatura superficial de Venus alcanza los 450 grados Celsius y una presión de 92 veces la de la Tierra a nivel del mar, y su extraordinariamente densa atmósfera está compuesta esencialmente de dióxido de carbono (el 96%, que genera un potentísimo efecto invernadero) y nubes de ácido sulfúrico, un compuesto que ataca estructuras esenciales de organismos vivos terrestres. Ésta no es la imagen idílica que se ha tenido del “lucero del alba”. Así, por ejemplo, el conocido divulgador Isaac Asimov imaginó en una novela de ciencia ficción un planeta sumergido en inmensos océanos de agua. Sin embargo, a unos 50 kilómetros de altura el ambiente es bien distinto, ya que la presión es similar a la terrestre y la temperatura se sitúa en torno a los 25 grados. Se trata, por tanto, de unas condiciones más adecuadas para la actividad biológica tal y como la conocemos. De hecho, en 1967 [Harold Morowitz y Carl Sagan postularon la posible existencia de actividad](#)

[biológica en la atmósfera de Venus](#). Otra característica notable es que, aunque probablemente no tiene placas tectónicas, seguramente presenta vulcanismo incluso en la actualidad.

El posible descubrimiento de fosfano en Venus

En el hostil ambiente de Venus presuntamente [se ha detectado de manera remota fosfano](#), en una abundancia que es unas 10,000 veces superior a lo esperado por mecanismos abióticos. Para ello se han utilizado telescopios situados en Chile y Hawaii ([ALMA](#) y [JCMT](#)). Debido a que la atmósfera de Venus es de carácter oxidante el fosfano debiera reaccionar rápidamente y debería desaparecer en un corto periodo de tiempo. Si se confirma la detección implicaría que se está produciendo de manera continua.

Los autores del trabajo, un equipo internacional liderado por Jane Greaves, han examinado los diferentes mecanismos conocidos de formación, incluyendo actividad volcánica, impacto de micrometeoritos o procesos físico-químicos dentro de las nubes, y han concluido que ninguno es capaz de dar cuenta de las medidas obtenidas.

Sin embargo, varios factores condicionan la detección: solo se ha verificado la presencia de una única característica espectral, cuando en general la detección de un compuesto químico requiere medidas en múltiples longitudes de onda o frecuencia, y el análisis ha sido complejo y podría incluir incluso contaminación debida a otras sustancias químicas. Por tanto, la confirmación requeriría la detección en otros rangos del espectro electromagnético. Esto es, más de una "huella digital" de esta molécula.

Así, aunque el trabajo del equipo de Greaves ha hecho todo lo posible con los datos disponibles, abriendo una sugerente puerta hacia una compleja actividad química en la atmósfera venusiana, posiblemente el origen del fosfano sea debido a reacciones fotoquímicas, aunque no se puede descartar completamente un origen geoquímico.

Venus, ¿próxima parada prioritaria?

Ante el presente dilema: origen biológico frente abiótico, y las fascinantes posibilidades que conlleva, ¿cómo hemos de proceder? La vía es clara, más datos y análisis más sofisticados. Durante los próximos meses probablemente distintos radiotelescopios en tierra e incluso en aeronaves, como es el caso de [SOFIA](#), apuntarán sus instrumentos hacia Venus e intentaran realizar observaciones de mayor calidad y nuevas detección de distintas características espectrales debidas al fosfano. Pero la aventura no terminará allí: la respuesta final tal vez venga de datos adquiridos in situ.

Tanto la agencia espacial americana NASA como la europea ESA están en proceso de selección de misiones a diferentes planetas del Sistema Solar y entre las diversas posibilidades se encuentran tres con destino a Venus: [VERITAS](#) y [DAVINCI+](#) en el primer caso y [EnVision](#) en el segundo. Tras la detección de fosfano y la posibilidad de que su origen sea biológico las posibilidades de que salgan adelante se incrementan y podrían experimentar incluso un cambio en su diseño y estrategia. En cualquier caso, Marte deberá permanecer como objetivo primario de los estudios astrobiológicos y no se debiera relegar las interesantes lunas de Saturno y Júpiter, Encelado y Europa.

¿Lecciones para el futuro?

El método científico, la herramienta básica de la actividad investigadora, necesita imaginación, abstracción y también retroalimentación. Pero, sobre todo, requiere una duda sistemática, una crítica exhaustiva de los procesos racionales que conducen a unas conclusiones determinadas. Si además se trata de la detección de posible vida fuera de nuestro planeta, [se debe ser excepcionalmente cauto](#). "Las afirmaciones extraordinarias requieren evidencias extraordinarias", frase popularizada por Carl Sagan y cuyo origen está en los escritos de David Hume (1711-1776) y Pierre-Simon Laplace (1749-1827) adquiere una relevancia primordial. La cautela nunca está de más en ciencia, pero en esta ocasión es esencial.

En cualquier caso, solo contemplar la posibilidad de vida fuera de nuestro planeta vuelve a empequeñecer a los seres humanos y representa el penúltimo ataque al antropocentrismo, tras los embestidas iniciadas por la [Revolución copernicana](#).

Yendo un poco más allá, la eventualidad de encontrar vida nos pone frente a un espejo, nos muestra claramente que la humanidad está en el mismo barco y todas las diferencias son nimias, que el planeta representa un todo en un equilibrio inestable. Regresando a Sagan, manifestó, a raíz de las imágenes tomadas por el Voyager conocidas colectivamente como un [punto azul pálido](#) (*Pale Blue Dot*): “Quizá no hay mejor demostración de la necedad de los prejuicios humanos que esta imagen distante de nuestro minúsculo mundo. Para mí, subraya nuestra responsabilidad de tratarnos los unos a los otros de una forma más bondadosa, y de preservar ese punto azul claro, el único hogar que jamás hemos conocido.” Ahora, más que nunca, cuando todos estamos siendo afectados por una terrible enfermedad. Como ha afirmado Antonio Guterres, secretario general de Naciones Unidas, “[La pandemia ha dejado al descubierto las fragilidades del mundo](#)”. Tal vez sea el momento adecuado de [reiniciar las prioridades](#) y volver a observar al mundo con asombro, humildad y reconocimiento.

Barrado, D. (2010): *Visiones de Gaia: la Tierra desde el espacio*. Madrid, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial Esteban Terradas

Barrado, D., “La Tierra y Marte: ¿gemelos o hermanastros?”, *OpenMind*, 2014. Disponible en: <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/fisica/la-tierra-y-marte-gemelos-o-hermanastros/>

Barrado, D., “Próxima parada: exoplanetas”, *Revista Telos*, 2017. Disponible en: <https://telos.fundaciontelefonica.com/mas-alla-de-la-tierra-proxima-parada-exoplanetas/>

Barrado, D., “Vivimos un punto de inflexión: la generación 2020 y la nueva sociedad”, *Revista Telos*, 2020. Disponible en: <https://telos.fundaciontelefonica.com/punto-de-inflexion-la-generacion-2020-y-la-nueva-sociedad/>

Bregman, J. D., Lester, D. F., Rank, D. M., “Observations of the v2 band of PH3 in the atmosphere of Saturn”, 1975, *Astrophysical Journal* 202, L55.

Greaves, J.S., Richards, A.M.S., Bains, W. et al., “Phosphine gas in the cloud decks of Venus”, 2020, *Nature Astronomy*. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41550-020-1174-4>

Larson, H. P., Treffers, R. R., Fink, U., “Phosphine in Jupiter’s atmosphere: the evidence from high-altitude observations at 5 micrometers”, 1977, *Astrophysical Journal* 211, 972

Morowitz, H., Sagan, C., “Life in the Clouds of Venus”, 1967, *Nature* 215, 1259

Sagan, C. (2003): *Un punto azul pálido*. Barcelona, Editorial Planeta.

Simoneit, D., “Molecular indicators (biomarkers) of past life”, 2002, *The Anatomical Record* 268, 186. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ar.10153>