

El misterio de las atmósferas planetarias

Ángela Posada-Swafford.



MIT Knight Fellow Class of 2000-2001
Science writer, producer, lecturer
aswafford@alum.mit.edu
www.angelaaposadaswafford.com

LAS MOLÉCULAS QUE MÁS RÁPIDO SE PIERDE POR LA FALTA DE GRAVEDAD DE UN PLANETA, SON LAS MÁS LIGERAS. EN ESTE ORDEN, LOS GASES QUE PRIMERO SE EVAPORAN SON:

Hidrógeno
Helio
Agua (vapor)
Oxígeno
Dióxido de carbono

GASES QUE ESTÁN PERDIENDO LAS ATMÓSFERAS DE ALGUNOS DE LOS PLANETAS Y LUNAS DEL SISTEMA SOLAR, ACTUALMENTE:

La tierra: Hidrógeno, helio
Venus: Hidrógeno, helio
Marte: Hidrógeno, carbono, oxígeno, nitrógeno, argón
Titán: Hidrógeno, metano, nitrógeno
Plutón: Hidrógeno, metano, nitrógeno

Esferas de colores que navegan majestuosamente en medio de un firmamento eternamente negro, los planetas de nuestro Sistema Solar tienen la capacidad de sorprendernos constantemente. Una de las características más subyugantes y menos estudiadas de estos mundos, aún extraños, es su tremenda variedad de atmósferas. Y es que, cuando la mayoría de nosotros pensamos en planetas o lunas, nos imaginamos su superficie, sus trazos geológicos, su ausencia o presencia de formas de vida, y hasta el interior de su núcleo. Pero desechamos la atmósfera porque damos por sentado que casi ninguno de ellos tiene una.

No obstante, existen diferentes 'personalidades' de atmósferas planetarias, que van desde delgadas capas de cebolla, hasta gruesas mantas de invierno, compuestas de distintas combinaciones de gases. Por ejemplo, la Tierra y Venus tienen más o menos el mismo tamaño y masa, y sin embargo la superficie de Venus hierve a 460 grados centígrados bajo un océano de dióxido de carbono que se cierra sobre ella, con un peso comparable al de un kilómetro de agua. Marte también tiene una atmósfera que es principalmente dióxido de carbono, pero es extremadamente delgada y sujeta a vientos huracanados. Por su parte, los planetas gigantes de gas –Júpiter, Saturno, Neptuno y Urano, están agobiados por pesadas capas de hidrógeno, helio, metano y amoníaco. Y aunque Callisto y Titán, las lunas de Júpiter y Saturno, son de un tamaño similar una de la otra, Titán exhibe una atmósfera rica en nitrógeno, mientras que su gemela Callisto esencialmente no tiene aire.

¿Qué causa estos brutales extremos? Y, ¿qué significan esas diferencias en la historia y el futuro de la evolución de nuestros vecinos planetarios y de nuestra propia Tierra? Saberlo nos ayudará además a determinar qué planetas más allá de nuestro sistema podrían ser habitables.

Un planeta puede adquirir su manto gaseoso de muchas formas: pudo liberar vapores de su interior, puede capturar materiales volátiles de cometas y asteroides cuando éstos lo golpean, y su gravedad puede atraer gases del espacio interplanetario. Pero los científicos se han dado cuenta de que el escape de los gases que componen la atmósfera de un planeta juega un papel tan importante como el de su adquisición.

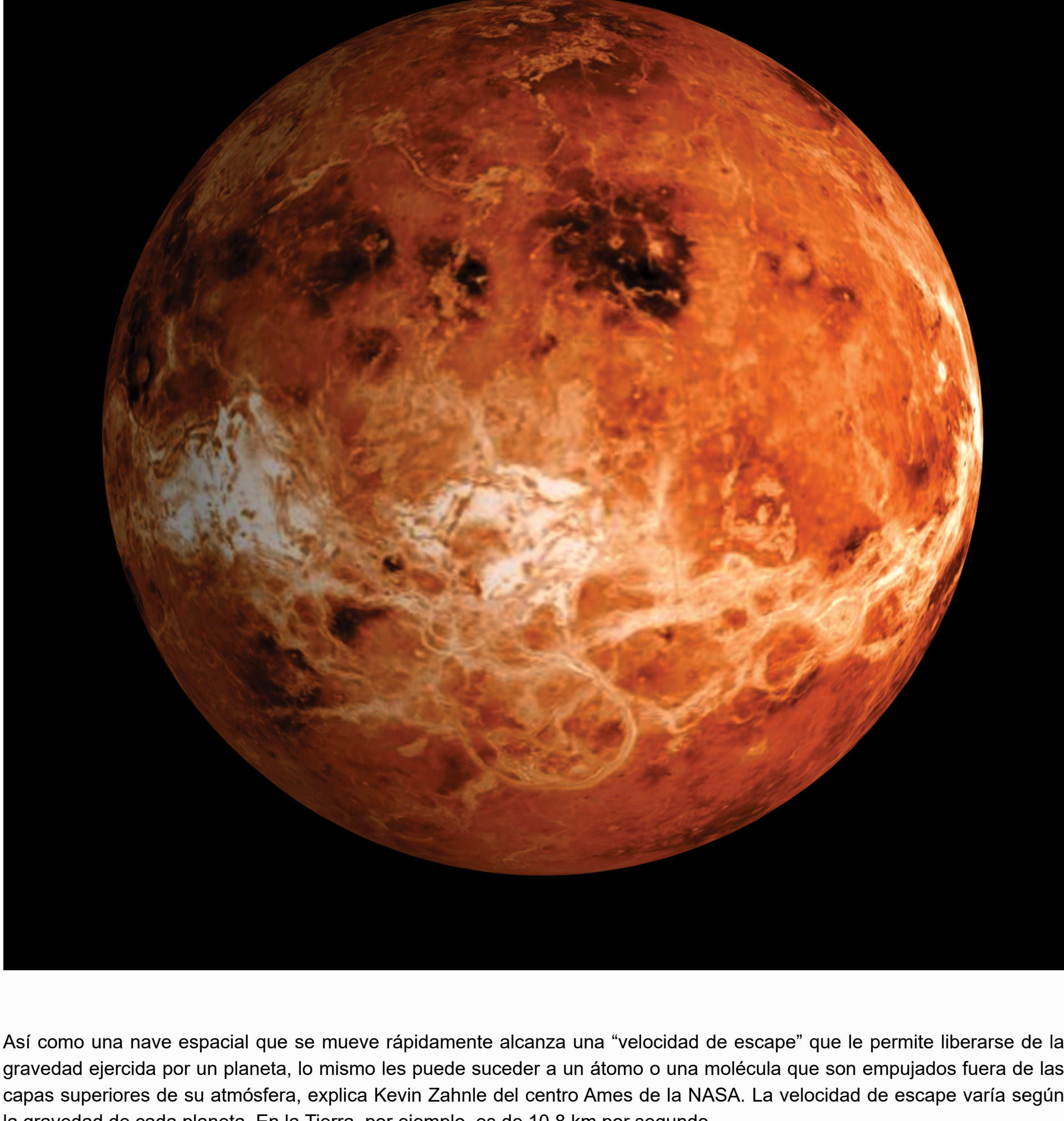
"Aunque la atmósfera de la Tierra nos puede parecer tan permanente como las rocas, lo cierto es que continuamente estamos perdiendo aire al espacio", dice David Catling, científico planetario de la Universidad de Washington en una entrevista. "La tasa de pérdida actual es pequeñísima, apenas unos kilos de hidrógeno y 50 gramos de helio (los dos gases más ligeros) por segundo. Pero incluso ese goteo pudo resultar importante durante un período de tiempo geológico".

O como decía Benjamin Franklin, 'un pequeño goteo puede hundir a una gran nave'.

Catling lleva años estudiando los mecanismos que causan esta continua pérdida de gases, y compara a las atmósferas de los planetas y lunas terrestres (rocosos) con las ruinas de castillos medievales: remanentes de riquezas que han sido saqueadas muchas veces a lo largo de su historia, mientras que las atmósferas de las lunas más pequeñas o de los cometas, incapaces de mantenerse unidas por la falta de gravedad de sus mundos, son como fortines pobres mal defendidos y muy vulnerables.

Reconocer la importancia del escape de los gases atmosféricos, dice Catling, cambia nuestra perspectiva del Sistema Solar. "Durante décadas nos hemos preguntado por qué Marte tiene una atmósfera tan delgada, pero ahora nos cuestionamos cosas como ¿por qué la tiene aún? o ¿sería la atmósfera de Titán aún más rica en nitrógeno de lo que es hoy? ¿Cómo hizo Venus para quedarse con todo ese dióxido de carbono y perder toda su agua? ¿Será que el escape de hidrógeno en la Tierra ayudó a armar el escenario que dio origen a la vida compleja? ¿Podrá la Tierra algún día convertirse en otra Venus?"

Velocidad de escape



Así como una nave espacial que se mueve rápidamente alcanza una "velocidad de escape" que le permite liberarse de la gravedad ejercida por un planeta, lo mismo les puede suceder a un átomo o una molécula que son empujados fuera de las capas superiores de su atmósfera, explica Kevin Zahnle del centro Ames de la NASA. La velocidad de escape varía según la gravedad de cada planeta. En la Tierra, por ejemplo, es de 10.8 km por segundo.

En varias recientes publicaciones científicas Catling y Zahnle han delineado detalladamente tres formas en que los gases pueden desarrollar esta velocidad de escape: a través del calor, las reacciones químicas, o el impacto por un asteroide.

"El escape térmico del aire es el más común porque todos los planetas son calentados por el sol, y se deshacen del exceso de calor evaporando el aire del borde superior de la atmósfera literalmente átomo por átomo", escribe Zahnle en *Nature*. En las capas inferiores las partículas son más numerosas y están confinadas por ellas mismas, pero por encima de los 500 kilómetros de altura el aire es tan tenue que no hay nada que detenga a un átomo o molécula que haya adquirido la suficiente velocidad de escape para volar hacia el espacio. El calor, entonces, es la razón de que Mercurio carezca de atmósfera, por ejemplo.

"En general el hidrógeno es el gas más ligero y por eso es el que más fácilmente puede vencer la gravedad de un planeta", explica Catling en su libro *Planetas y vida*, la emergente ciencia de la astrobiología. "Pero en la Tierra ese es un proceso lento porque la mayor parte de ese gas se queda enredado en forma de lluvia y metano en las capas inferiores. De todas formas hay unos cuantos átomos de hidrógeno que logran escapar, y eso ha tenido y tendrá consecuencias enormes".

Catling propone, por ejemplo, que la concentración de oxígeno en nuestra atmósfera no se debe a la acumulación de organismos fotosintéticos hace 2.4 mil millones de años, sino al escape del hidrógeno, que en ese entonces debió ser mucho mayor. "La pérdida de hidrógeno en el pasado cuadra con el exceso neto de material oxidado en la Tierra actualmente. Y aunque ahora este planeta parece estar liso ante el escape de hidrógeno, eso cambiará, ya que cada mil millones de años el sol se pone un 10% más brillante, calentando y humedeciendo el aire de tal forma que el goteo se convertirá en un torrente".

Otra forma más dramática de perder aire por medio del calor ocurre cuando la atmósfera superior de un planeta absorbe demasiada luz ultravioleta de sol, se recalienta y se expande hacia afuera súbitamente, eyectando moléculas a la velocidad de la luz. Por eso se le llama "escape hidrodinámico". Según Los expertos, las atmósferas más vulnerables en este sentido son las ricas en hidrógeno porque al inflarse acarrea con ellas a otros tipos de gases más pesados –algo así como un viento del desierto que barre con granos de arena de todas clases.

Hay quienes opinan que Venus fue una víctima de escape hidrodinámico, el cual posiblemente se llevó consigo todo un "océano" de hidrógeno, que a su vez arrastró al oxígeno, dejando a Venus cargada de dióxido de carbono. Sin tener agua para mediar las reacciones químicas que convierten al CO2 en minerales tales como la piedra caliza, el gas no tuvo otra alternativa que concentrarse en la atmósfera, creando el inhóspito mundo que vemos hoy.

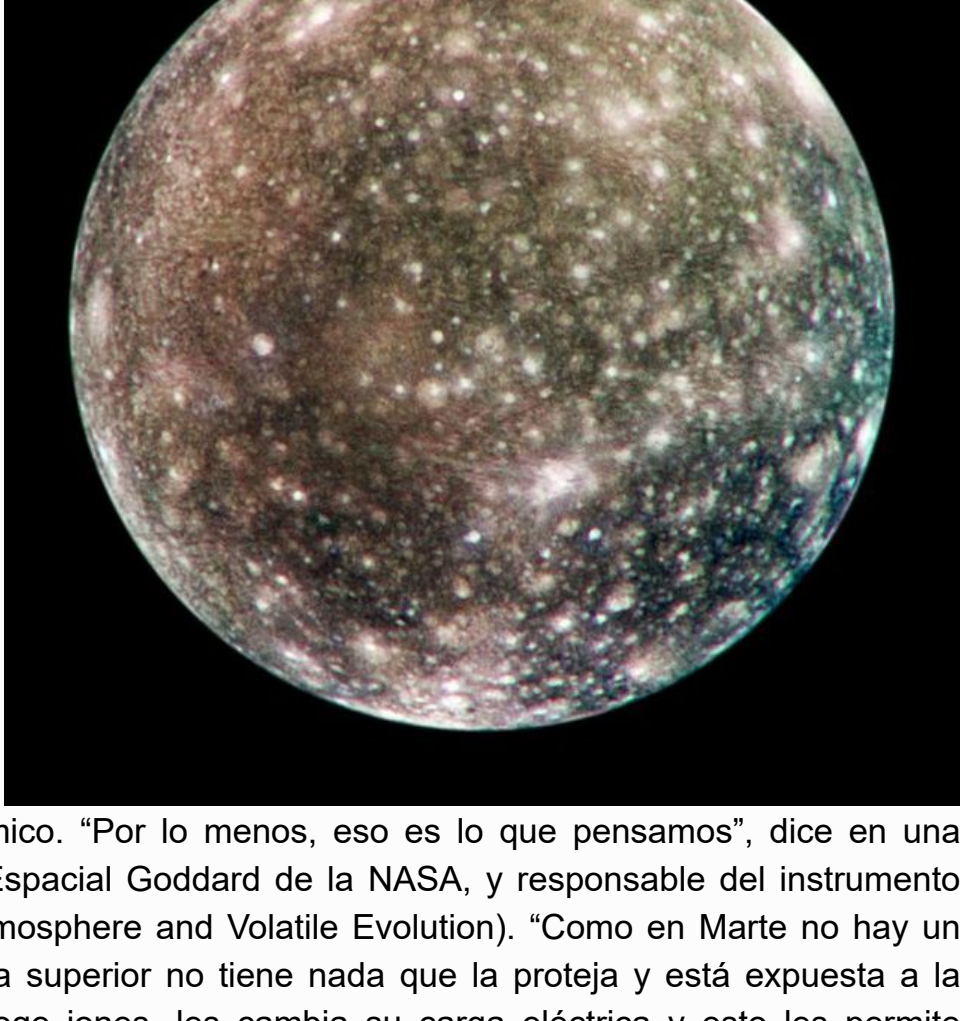
El mismo mecanismo también podría explicar la falta de aire en la luna Titán. Cuando descendió allí en 2005, la sonda Huygens de la Agencia Espacial Europea halló una gran disparidad de nitrógeno entre Titán y la Tierra. Ambos cuerpos celestes solían tener cantidades parecidas del gas, lo que hace suponer que Titán ha debido perderlo de forma drástica. Eso significa además que Titán tenía una atmósfera mucho más gruesa de la que tiene hoy.

Partículas cargadas de trucos

En algunos planetas, incluyendo a la Tierra moderna, el aire también se pierde por reacciones químicas. Estas reacciones causan colisiones entre partículas, las cuales catapultan a los átomos hacia afuera a toda velocidad.

Una reacción química típica tiene que ver con los iones de hidrógeno (es decir partículas eléctricamente cargadas). Por lo general los iones permanecen anclados a la atmósfera gracias al campo magnético del planeta. Pero cuando un ion de hidrógeno se estrella contra un átomo neutral del mismo gas, captura su electrón, y se convierte en uno inmune al campo magnético. Otra ruta de escape es seguir las líneas del campo magnético que no se curvan nuevamente hacia el planeta sino que se adentran hacia el espacio.

"Este proceso es responsable del 60 al 90 por ciento de la pérdida actual del hidrógeno de la Tierra y de Venus", escribe Zahnle. "Es como un truco de magia".

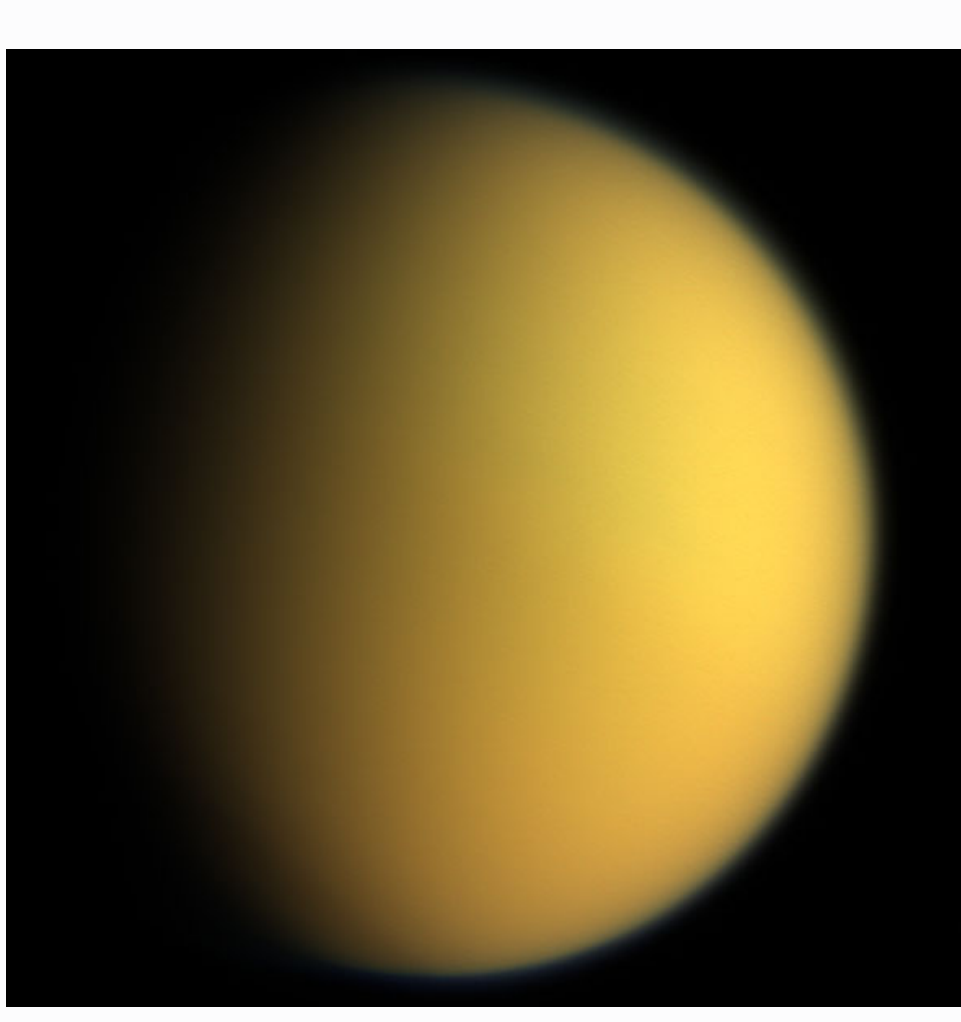


En una entrevista el científico planetario Jarred Espley, del Centro Espacial Goddard de la NASA, y responsable del instrumento magnetómetro que llevó a bordo la sonda MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile Evolution). "Como en Marte no hay un núcleo activo que genere un campo magnético, la atmósfera superior no tiene nada que la proteja y está expuesta a la fuerza bruta del llamado viento solar. El viento del sol recoge iones, les cambia su carga eléctrica y esto les permite escapar".

La atmósfera de marte está enriquecida con formas pesadas del nitrógeno y el carbono, añade Espley, lo cual sugiere que ha perdido hasta un 90 por ciento de su atmósfera antigua que contenía las formas más ligeras de estos dos gases. Una de las misiones de MAVEN es olfatear la atmósfera marciana para medir la tasa de escape de esas partículas y reconstruir la historia atmosférica del planeta rojo.

Otra consecuencia más sutil de la pérdida de gases al espacio es que las rocas del planeta se tienden a oxidar porque el hidrógeno se pierde con más facilidad que el oxígeno. Por eso Marte, Venus y hasta nuestra Tierra tienen rocas rojas. La gente no piensa en la Tierra como roja, pero en realidad gran parte de la corteza continental tiene ese color –escondido detrás de la vegetación.

Agujero desastroso



Pero todas estas formas de perder gas son insignificantes goteos comparados con la enorme grieta que produce un cometa o asteroide al chocar contra un planeta. Si los proyectiles son lo suficientemente grandes y veloces, no sólo se vaporizan a sí mismos, sino a una masa similar en la superficie. Esto produce un enorme cono de gases calientes que empujan al espacio al aire que está en la parte superior de la atmósfera. Entre más grande es el impacto, más ancho es el agujero de gases expelidos.

"El asteroide que contribuyó a extinguir a los dinosaurios hace 65 millones de años creó un cono de 80 grados de ancho, que dejó escapar una cien milésima parte de la atmósfera al espacio", escribe Catling en un artículo en *Scientific American*. "Un impacto más energético y más tangencial podría llevarse la atmósfera entera de un planeta".

Otro factor que determina el ancho del cono causado por un meteorito es la densidad atmosférica del planeta o luna que reciben el impacto. Entre más delgado sea ese aire, más atmósfera se pierde porque no hay nada que detenga a los átomos de salir volando hacia el espacio. Es lo que los expertos llaman "erosión por impacto". Y es también parte de lo que sucedió en Marte y en las lunas de Júpiter, que pasaron los expertos llaman "vecindarios llenos de asteroides asesinos".

"Lo extraño de Marte es que, dado su pequeño tamaño y ubicación, el planeta ha debido perder la atmósfera completa en menos de cien millones de años", dice Catling. "Pero aunque es delgada, aún tiene una. ¿Qué detuvo esa pérdida? Una respuesta es que simplemente Marte tuvo suerte. En contraste, Titán orbita relativamente lejos de Saturno, donde las velocidades de impacto de un asteroide son más bajas y las atmósferas pueden salir ilesas".

En diciembre de 2013, Catling y un grupo de colegas publicaron un estudio en la revista *Nature Geoscience* explicando por qué después de cierta altura (unos 50 mil pies –llamada la 'tropopausa') la atmósfera de los planetas, en lugar de enfriarse, se calienta. La respuesta, un tanto compleja, tiene que ver con la presión que hay a esas alturas, combinada con la absorción de luz infrarroja.

El punto es que muchos planetas presentan las mismas condiciones, y los astrónomos podrían usar el hallazgo para extrapolar las características sobre la superficie de planetas extrasolares y determinar si esos mundos son potencialmente habitables: la clave siendo si las condiciones de presión y temperatura permitirían la existencia de agua líquida en un planeta rocoso.

Así pues, aunque poco pensemos en ello, lo que pasa dentro de las atmósferas planetarias tiene mucho qué ver con lo que pasa sobre el planeta mismo. Las esferas celestes son mundos complejos. Tienen atmósferas, superficies, parajes subterráneos, magnetosferas y núcleos muertos o vivos. Todos ellos trabajan juntos, y si alguna de esas partes experimenta un cambio drástico, envía ondas de choque al sistema entero, y es cuando uno termina con resultados divergentes.

"Es cierto que por lo general la gente nunca piensa en las atmósferas superiores de los planetas y lo que sucede allá arriba", dice Jarred Espley, durante un recorrido por el Centro Espacial Kennedy. "Pero lo que yo encuentro fascinante al respecto es que se trata, con la excepción del impacto de un asteroide, de una catástrofe en cámara lenta. El hecho de que el viento solar, por ejemplo, puede erosionar una atmósfera por completo, y cambiar el curso de la historia de un planeta. Es un pensamiento completamente esotérico, y a la vez muy real".

