

José de la Rosa Canales y Sebastián Mendoza-Téllez

# La atmósfera de Titán y el origen de la vida

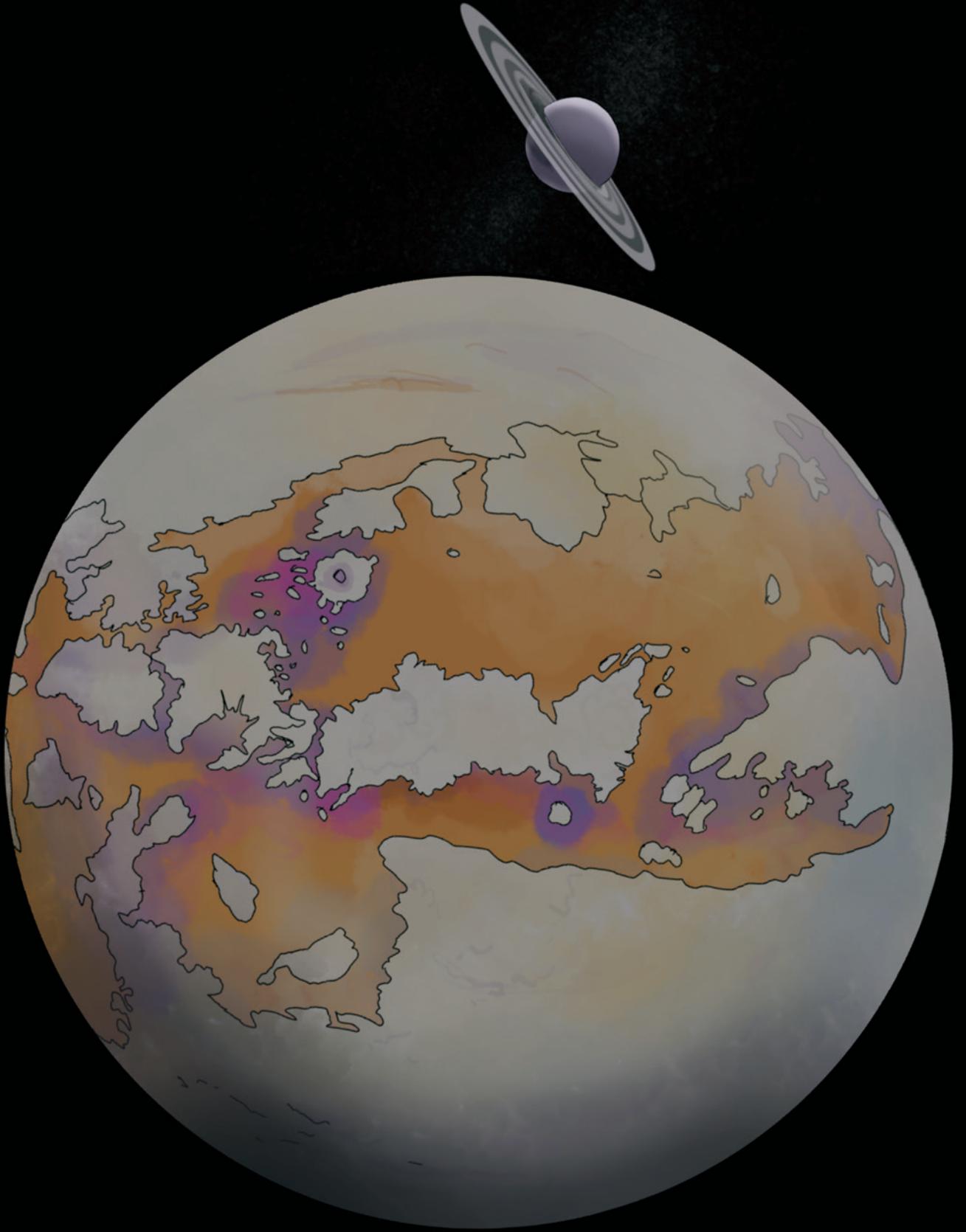
Titán, la luna más grande del planeta Saturno, ha sido visitada por varias misiones espaciales, entre ellas la Voyager 1 y la Cassini-Huygens, gracias a lo cual actualmente es posible asegurar que sus componentes atmosféricos se combinan para formar moléculas orgánicas, como las que se piensa que eventualmente condujeron a la vida en la Tierra. Revisemos por qué vale la pena mandar una nueva misión espacial a Titán.

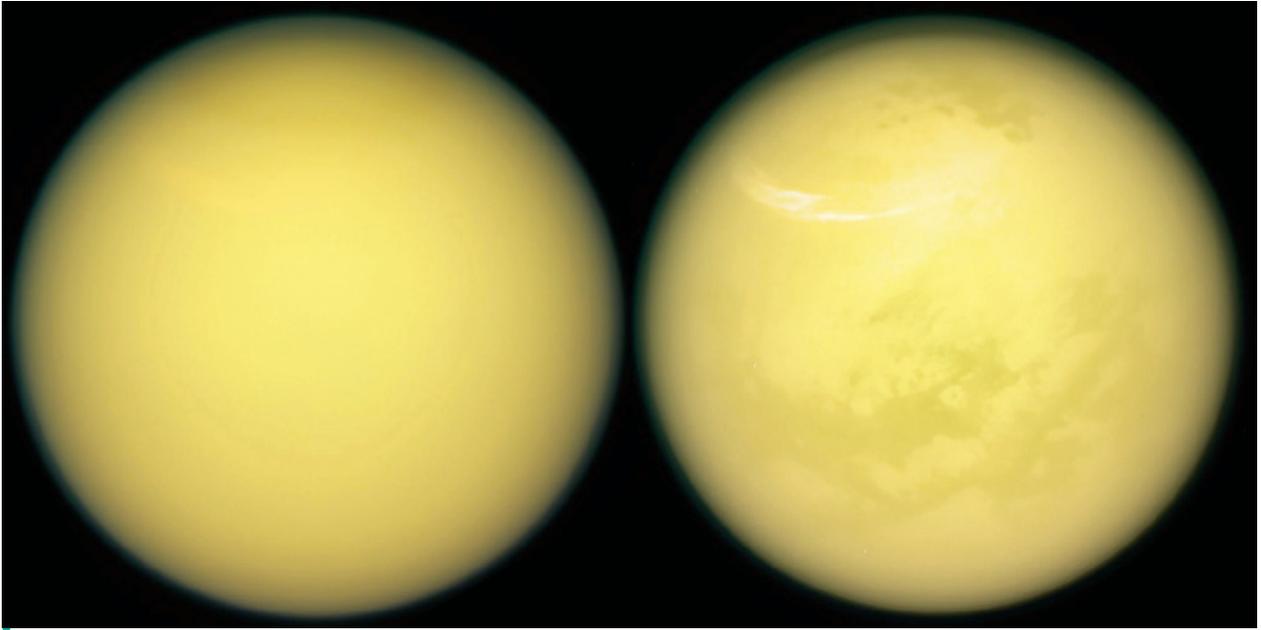
## Luna Saturni

**T**odos hemos escuchado hablar de Saturno, un planeta gigante y gaseoso que se encuentra en las lejanías de nuestro sistema solar; sin embargo, pocos saben que está acompañado de Titán, su satélite natural más grande, una luna impresionante en donde se presentan fenómenos atmosféricos muy familiares para los humanos.

Titán fue descubierto accidentalmente en 1665 por el astrónomo holandés Christiaan Huygens, quien lo llamó *Luna Saturni*. El astrónomo neerlandés estaba tratando de estudiar con su telescopio, a profundidad, los anillos de Saturno, descubiertos por Galileo Galilei en 1610, cuando observó un punto muy característico que rodeaba a Saturno: Titán, una de las 146 lunas conocidas hasta el momento de Saturno. Titán se encuentra 9.5 veces más alejada del Sol que la Tierra, su periodo de rotación es de 16 días terrestres y el de traslación es de 30 años terrestres, y su tamaño es casi el del planeta Mercurio, por lo que se considera un cuasi planeta.

¿Qué hace tan especial a Titán? En 1944 Gerard Kuiper, astrónomo neerlandés nacionalizado estadounidense, observó que el satélite tenía una atmósfera densa que se parecía mucho a la de la Tierra. Este descubrimiento desató el interés de los investigadores, sobre todo de la NASA, de que se considerara al satélite como un destino para futuras misiones espaciales. Es importante mencionar que antes de 1980 se pensaba que Titán era la luna más grande de todo nuestro sistema solar.





**Figura 1.** Estas dos imágenes de Titán ayudan a ejemplificar el papel de las misiones espaciales como la Cassini-Huygens, que reveló características de la superficie y de la atmósfera del satélite imposibles de ver en el pasado. Créditos: NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute.

### Visitando Titán

A pesar de la urgencia por explorar Titán, no fue sino hasta 1979 cuando por primera vez la misión espacial Pioneer 11 observó el satélite y confirmó algunos cálculos que los científicos desde la Tierra habían realizado, como su masa y temperatura; sin embargo, nadie esperaba que Titán fuera, a simple vista, de color naranja.

Las misiones espaciales Voyager 1 y 2 sobrevolaron Titán en 1980 y 1981, respectivamente, confirmando que su atmósfera era densa (1.5 veces más densa que la de nuestro planeta), pero no sólo en gases, sino también en aerosoles (sólidos suspendidos) de color pardo-anaranjado que hacían imposible “ver” la superficie del satélite, con lo cual se demostró que Titán no era la luna más grande de nuestro sistema solar, sino la segunda después de Ganímedes, un satélite natural de Júpiter. Adicionalmente, la misión Voyager 1 determinó la composición atmosférica de Titán, la cual está constituida principalmente por nitrógeno ( $N_2$ ), metano ( $CH_4$ ), así como rastros de hidrocarburos (compuestos orgánicos de carbono e hidrógeno) y nitrilos (compuestos orgánicos nitrogenados que contienen el grupo CN). Observaciones adicionales demostraron que en Titán

existe un ciclo comparable al ciclo hidrológico de la Tierra, sólo que de metano; es decir, este compuesto se encuentra en distintas fases: en forma de nubes, lluvia y quizá un océano global. Sin embargo, ni con las observaciones realizadas con el telescopio espacial Hubble en 1994, se pudo confirmar esto. La temperatura en la superficie es de  $-180\text{ }^\circ\text{C}$ , debido a la inversión térmica, lo cual impide que el agua se encuentre en estado líquido.

La incógnita de la composición de la superficie de Titán se pudo resolver hasta inicios del 2005, cuando la misión espacial Cassini-Huygens arribó al satélite. Ésta constaba de un orbitador (Cassini) y una sonda de descenso (Huygens), que tenía como principal objetivo el descender a la superficie de este satélite y ahogarse en el supuesto océano global. La sorpresa fue grande cuando las primeras imágenes fueron analizadas: Titán tiene una superficie sólida (véase la Figura 2), o al menos una parte de su superficie lo es, como en la Tierra. La misión confirmó también que Titán es único entre las lunas congeladas de Saturno porque tiene una atmósfera densa y compuesta principalmente por nitrógeno, como la de la Tierra, lo que lo convierte en la única luna con una dinámica atmosférica similar a la de nuestro planeta, ya que



**Figura 2.** La primera imagen a color de la superficie de Titán. Imagen capturada por la sonda de descenso Huygens. Créditos: NASA/JPL/ESA/University of Arizona.

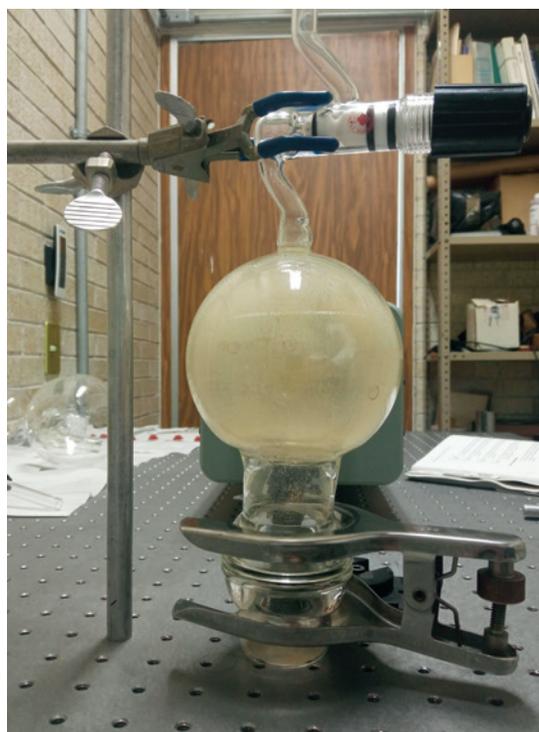
presenta nubes y tormentas que se conectan con los mares, lagos y ríos de metano, el compuesto orgánico más simple que existe.

### *¿Podría haber vida en Titán?*

La vida es uno de los conceptos más estudiados en la actualidad; se aborda desde distintas perspectivas multidisciplinarias que tratan de comprender qué es y cómo funciona. Sin embargo, no existe un acuerdo que nos ayude a definir dicho concepto. En su lugar, existen cientos de procesos relacionados con la vida que deben estudiarse por separado. Los requerimientos que tiene la vida como la conocemos son tres: presencia de agua líquida, fuentes de energía y bioelementos; sorprendentemente, Titán los tiene. Sin embargo, al parecer en el satélite se trata de procesos previos a la vida, conocidos como prebióticos. Aunque no se descarta la posibilidad de la existencia de vida microbiana extremófila (por ejemplo, metanógenos) que pudiera vivir a temperaturas extremadamente bajas (psicrófilos) como las que tiene el satélite.

Pero, ¿por dónde empezar? Lo mismo nos hemos preguntado los integrantes de la Unidad de Laboratorios Dr. Rafael Navarro-González (ULRN) del Instituto de Ciencias Nucleares de la Universidad Nacional Autónoma de México, en donde, por más de 25 años nos hemos dedicado a simular en el laboratorio los procesos atmosféricos que ocurren no sólo en Titán, sino en prácticamente todas las atmósferas planetarias de nuestro sistema solar, con la finalidad de tratar de explicar los procesos físicos y químicos que ocurren en ambientes extraterrestres lejanos, para no tener que viajar hasta ellos, o al menos no por ahora.

Preparamos una atmósfera simulada de Titán (10% metano, 90% nitrógeno) por medio de una mezcladora de gases, la introducimos a un reactor de vidrio Pyrex y la sometemos a fuentes de energía que imitan las presentes en el satélite, por ejemplo: la luz ultravioleta con lámparas de deuterio o arco de xenón, los impactos de bólidos por medio de plasmas inducidos por láser o descargas tipo chispas, los rayos cósmicos por medio de fuentes de cobalto ( $\text{Co}^{60}$ ), etcétera (véase la Figura 3).



**Figura 3.** Simulación de la atmósfera de Titán realizada en la Unidad de Laboratorios "Dr. Rafael Navarro-González" del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM (Créditos: Sebastián Mendoza-Téllez).

Los compuestos generados son separados e identificados por medio de las técnicas acopladas (son instrumentos que trabajan en conjunto) de cromatografía de gases y espectrometría de masas, respectivamente; así es como hemos identificado una gran variedad de hidrocarburos y nitrilos, algunos de ellos ya han sido detectados en la atmósfera de Titán y otros posiblemente los detecten las nuevas misiones que se envíen en un futuro próximo. Adicionalmente, en nuestra simulación se generan también compuestos sólidos como los que le dan su característico color naranja al satélite, los cuales llamamos “tolinas” y son análogos a los aerosoles de Titán.

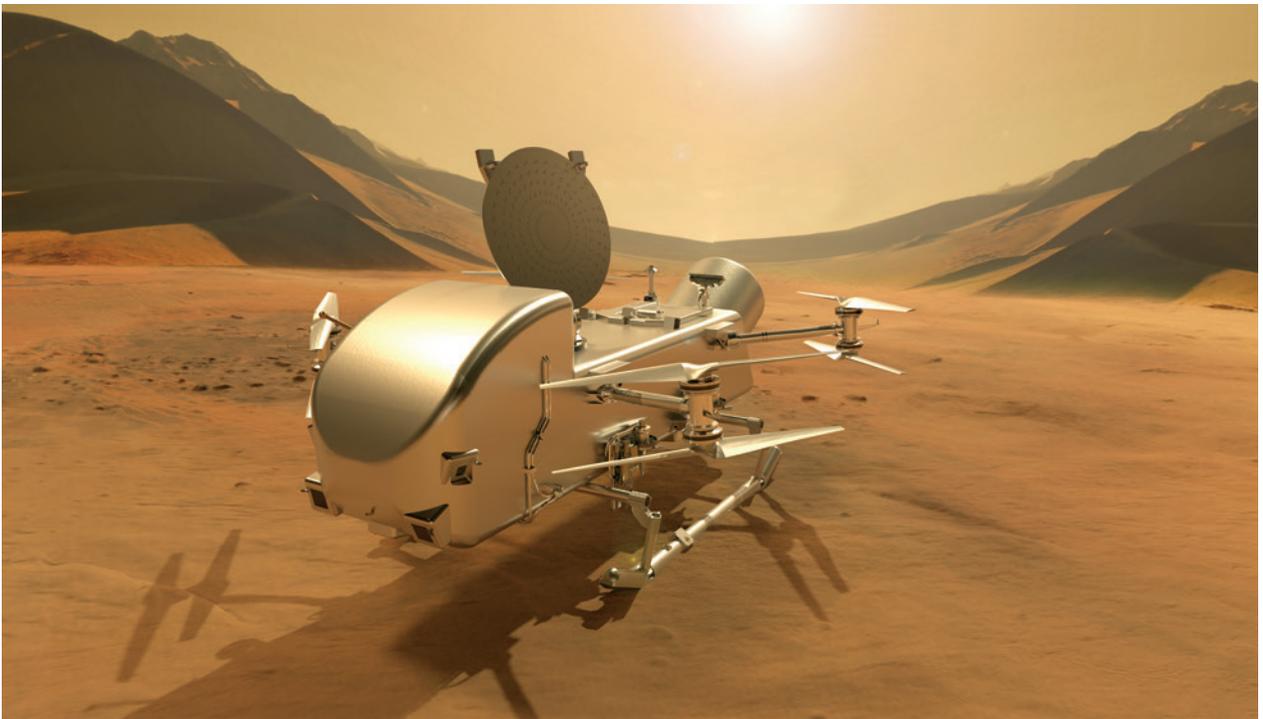
Al igual que la misión Voyager 1 y Cassini-Huygens, en México, integrantes de la ULRN, bajo el mando del doctor Rafael Navarro-González (fallecido), hemos identificado algunos compuestos orgánicos que se piensa jugaron un papel muy fundamental en la síntesis de las primeras moléculas de importancia biológica en la Tierra; como, por ejemplo, el cianuro de hidrógeno (HCN), un compuesto muy tóxico para los humanos, pero con el cual podemos explicar la formación de algunos aminoácidos, puri-

nas y pirimidinas (que son los componentes básicos de las macromoléculas que constituyen la vida), bajo las condiciones ambientales que se piensa tenía la Tierra antes de que la vida pusiera oxígeno (O<sub>2</sub>) en su atmósfera.

Gracias a nuestros estudios y a los de otros investigadores internacionales sobre las tolina, en la actualidad se tiene una propuesta para la estructura química de los aerosoles presentes en la atmósfera de Titán, los cuales están formados por compuestos orgánicos aromáticos que adicionan nitrógeno a su estructura. Esto indica que, si estos aerosoles se depositan en la superficie del satélite, es posible que reaccionen y formen compuestos orgánicos mucho más grandes, que quizá sean de interés prebiótico.

#### Aún falta mucho por visitar...

Es claro que los resultados obtenidos al simular los procesos atmosféricos que ocurren en Titán nos permiten predecir lo que podrían encontrar las futuras misiones que se envíen al satélite. Dragonfly (véase la Figura 4) es una de las misiones espaciales



**Figura 4.** Impresión artística del dron de Dragonfly en la superficie de Titán, la luna más grande de Saturno y un objetivo importante en la búsqueda de signos potenciales de vida más allá de la Tierra. Créditos: NASA/Johns Hopkins apl/Steve Gribben.

de la NASA que se han propuesto para continuar con las investigaciones relacionadas con la química prebiótica y el origen de la vida en el estudio de Titán. Se trata de una misión muy ambiciosa que propone utilizar la atmósfera del satélite para revolucionar la idea del robot explorador que todos tenemos gracias a las misiones espaciales encargadas de explorar Marte (como las del robot Curiosity). A diferencia de un robot explorador con llantas, parecido a un auto, la misión Dragonfly pretende utilizar un dron que volará de un punto de muestreo a otro y analizará tanto la superficie como la atmósfera de Titán. La misión está planeada para enviarse en 2027 y llegará a un lugar conocido como mar de arena de Shangri-La, muy cerca del ecuador de Titán, en el año 2034.

Los objetivos principales de Dragonfly son: estudiar la química prebiótica, el ciclo del metano, la geología, la mezcla de agua con compuestos orgánicos y posibles firmas biológicas del tipo químico. A través de los análisis que puedan realizarse por dicha misión, se podrán confirmar y esclarecer conceptos propuestos por los miembros de la comunidad científica que estudiamos Titán a profundidad. No obstante, para entonces ya habrán pasado al menos 30 años desde la llegada de Cassini-Huygens, evento que deslumbró a la humanidad al descubrirse que Titán no tiene una superficie completamente líquida, y más

de 50 años del vistazo colorido que nos regaló Voyager 1, misión que confirmó que Titán era un mundo de color naranja en donde hay procesos atmosféricos muy parecidos a los que ocurren en nuestro planeta. Pero, ¿qué sorpresa nos espera al continuar la exploración de Titán con la misión Dragonfly?

### José Guadalupe de la Rosa Canales

Unidad de Laboratorios Dr. Rafael Navarro González, Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM.

delarosa@nucleares.unam.mx

### Sebastián Mendoza Téllez

Grupo Interacción Micro y Mesoescala, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM.

sebastian.mendoza@atmosfera.unam.mx

### Lecturas recomendadas

Durand Manterola, H. J., E. Martínez Gómez y G. V. Y. Peña Cabrera (2006), "Titán: ¿una incubadora de vida?", *Ciencia*, 57(1):10-13.

Hörst, S. M. (2017), "Titan's atmosphere and climate", *Journal of Geophysical Research Planets*, 122: 432-482. Disponible en: <doi.org/10.1002/2016JE005240>.