

ACTIVIDAD: Meteorología exótica y lagos en Titán

Eta pa/curso	Educación Secundaria Obligatoria 4º curso
Área/materia	Ciencias de la Naturaleza: Química i Física
¿Destreza? ¿Objetivo?	Reconocer el objetivo de la lectura Buscar información Favorecer la interacción entre el lector y el texto
Tiempo de realización	2-3 sesiones de clase
Contenidos	Propiedades de las sustancias Cambios de estado Gases de la atmósfera Enlace químico
Competencia	Científica Comunicativa Digital
Materiales anexados	Anexo 1: Actividades para el alumnado (lectura en el anexo 2) Anexo 2: Texto completo: artículo de ELPAIS.com (1 de noviembre de 2006) en formato pdf (anexo 2.1) y texto (anexo 2.2.) y texto adaptado (anexo 2.3), con la información básica, por si algún alumno lo requiere. Se debe indicar al alumnado la versión con la que trabajarán: en línea, papel, versión íntegra o adaptada)

Autoras: Regina Civil y Àngels Prat

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

1. Antes de la lectura

Actividad 1

1. A continuación vamos a leer un texto sobre Titán. ¿Qué sabes de Titán?

Como punto de arranque de la actividad, se inicia una conversación en el aula entorno a Titán. Se pregunta qué saben de Titán. Esta conversación, conducida por la profesora o el profesor, debe ser breve, ha de servir de punto de arranque para crear el clima adecuado para interesar en el tema sobre el cual van a leer. La profesora o el profesor deben intervenir en esta conversación como un miembro más del grupo, y facilitar una participación dialogante, abierta, que recoja el máximo de intervenciones.

Actividad 2

2. a) ¿Qué te sugieren el título y el subtítulo del artículo?
b) ¿Qué nueva información te aportan las imágenes que acompañan el texto?
c) ¿Por qué crees que vamos a leer este texto?

Esta actividad esta planteada para desarrollarse primero individualmente y luego en gran grupo.

2a) Individual: Se da una de las tres versiones de lectura (anexo 2: PDF, completa o adaptada) al alumnado y se le pide que, sin leer el texto, fije la atención en el título, el subtítulo y las imágenes que acompañan el texto. Después de pensar brevemente en silencio, escriben sus anotaciones. Esta reflexión va a permitir hacerse preguntas, elaborar hipótesis sobre el contenido del texto, y así intentar llegar a los objetivos de la actividad.

2b y 2c) En gran grupo: Se ponen en común las respuestas y se pregunta por qué creen que van a leer este texto. Se puede llegar a consensuar un objetivo grupal. El profesor o la profesora deberán guiar el alumnado para que tome conciencia de que no sólo va a leer un texto sino que va a tener que trabajar sobre él comparando la información que recibe con lo que sabe para ser capaz de buscar más datos y responder con argumentación a las preguntas.

Se consideraran objetivos de la actividad mostrar a los alumnos y alumnas que leer un artículo de divulgación científica no sólo está a su alcance sino que es interesante para su formación ya que con la lectura se confirman o contrastan conocimientos y se aprenden otros nuevos. Deberá indicarse al alumnado que para ello es necesaria una lectura atenta y profunda, que permita valorar el contenido y así poder confirmar o refutar las propuestas o hipótesis que se hayan planteado. El profesor o la profesora deberán ayudar en caso que la clase no llegue a consensuar los objetivos.

2. La lectura

Actividad 3

3. Lee el texto completo. Si encuentras palabras que no entiendes, no te detengas en ellas e intenta comprender el sentido de lo que estás leyendo, en particular las ideas científicas que aparecen en la lectura.

(Acceso al texto completo en:

http://www.ajax.ehu.es/grupo/Prensa/Pais_1_Nov_2006.pdf (consulta 09/07/09))

Lectura del texto (adaptado o completo) en voz baja e individualmente. Se les aconseja que no se detengan en las palabras que no entienden, sino que centren el esfuerzo en encontrar los contenidos científicos. Con esta lectura se pretende familiarizar al alumnado con textos de divulgación científica de la prensa general, al alcance de cualquier lector ya que, en este caso, si bien el autor del artículo es un científico, no se trata de una revista especializada.

Actividad 4

4. El autor presenta unos hechos e hipótesis sobre los lagos de metano en Titán. ¿Qué palabras y expresiones de la lectura te permiten afirmar que en Titán existe un ciclo comparable al del agua en la Tierra?

Con la intención de ayudarles a analizar el texto y descubrir que con sus conocimientos pueden comprender el contenido, se pide al alumnado que busquen individualmente aquellas expresiones o palabras del texto relacionadas con el descubrimiento del ciclo del metano en Titán.

A continuación, y agrupados de forma heterogénea, alumnos y alumnas discuten sobre las respuestas individuales y se aseguran haber comprendido el contenido de la lectura. Esta discusión puede ser útil también para resolver entre iguales las dudas de vocabulario particulares.

Finalmente, se ponen en común las aportaciones de todos los grupos. El profesor o la profesora deben dirigir esta discusión de manera que aflore el máximo número de contenidos científicos, entre los que destacamos: *Titán posee una atmósfera que guarda semejanzas y diferencias con la de la Tierra, tiene nieblas permanentes y nubes cargadas de metano. Este metano pasa de un estado físico a otro (gas-líquido) en función de la temperatura, es decir se evapora y condensa en un ciclo comparable al del agua en la Tierra.* Para conseguirlo será de utilidad dar más importancia a las ideas que a las palabras concretas.

3. Después de la lectura

Actividades 5, 6 y 7

Las preguntas de las actividades 5, 6 y 7, clasificadas en:

- de opinión y argumentación
- de búsqueda de información y
- relacionadas con los contenidos curriculares

deben responderse primero individualmente por escrito para después ser discutidas en pequeños grupos o parejas de trabajo. Se proponen preguntas de distinta dificultad para llegar a todo el alumnado y dar la oportunidad a aquellos que van más allá de reflexionar de acuerdo con su capacidad.

5. Preguntas de opinión y argumentación

- a) ¿Cómo caracterizas al autor del texto y en qué te basas para hacerlo?
- b) ¿Qué tipo de texto ha escrito y cuál crees que era su intención al escribirlo?
- c) ¿Hay correspondencia entre la lectura y el título? Explicalo.
- d) ¿Qué hipótesis defienden el autor y su colaborador acerca de la meteorología de Titán?
- e) ¿En qué argumentos se basan para hacer sus aportaciones?
- f) ¿Qué relación hay entre la hipótesis planteada y los descubrimientos de la nave Cassini?
- g) Comenta la última frase del texto.

Las preguntas anteriores pretenden hacer ver al alumnado que el conocimiento científico se tiene que justificar y argumentar de manera fundamentada. El texto, escrito por un astrofísico vasco español de renombre internacional, presenta la hipótesis de la formación de nubes de metano capaces de generar lluvias abundantes en Titán. Los alumnos y las alumnas encontrarán en el texto datos aportados por la nave Cassini que permiten verificar esta hipótesis (se descubren lagos de líquido y lechos fluviales en el polo norte de Titán), y los argumentos que el autor esgrime para defenderla (la sucesiva formación y desaparición de las nubes de hidrocarburos por debajo de la niebla).

6. Preguntas de búsqueda de información

En los siguientes ejercicios, no olvides indicar las fuentes de información consultadas.

- a) En el texto aparecen distintos datos cualitativos y cuantitativos de Titán. Recógelos en una tabla y busca información comparativa de la Tierra.
- b) ¿En qué estado físico se encuentra el metano a $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$? Busca información sobre el punto de ebullición y el de solidificación del metano y compáralos con los del agua.
- c) ¿Qué otras sustancias tiene la atmósfera de Titán y cuáles son comunes con la de la Tierra?
- d) En 1908, Josep Comas i Solà, científico catalán, descubrió que Titán tenía atmósfera. Busca información sobre este científico y describe brevemente su descubrimiento relacionándolo con la lectura.
- e) ¿Qué sabes de la sonda europea Huygens y de la nave espacial Cassini?

La finalidad de estos ejercicios es abrir nuevos interrogantes, promover que los alumnos y las alumnas quieran saber más. La búsqueda y procesamiento de información en la fase individual puede realizarse en el aula o en casa.

Los ejercicios del apartado 6-a permiten usar una forma no verbal de la comunicación científica, las tablas. En las ciencias experimentales, una primera manera de presentar los datos es en forma de tabla. Al pedir a los alumnos y las alumnas que hagan este ejercicio, les ponemos en la piel de los científicos cuando recogen información para después compararla, ya que las tablas permiten establecer relaciones entre los objetos de que se habla. Se trata, pues, de una tarea científica que da rigor al trabajo.

7. Preguntas relacionadas con los contenidos curriculares

- a) El texto habla de distintos hidrocarburos. ¿Qué son los hidrocarburos y de dónde se obtienen? ¿Cómo clasificas el metano entre los hidrocarburos?
- b) Desde el punto de vista del enlace químico, ¿qué semejanzas y diferencias más notables hay entre la molécula de agua y la de metano?

Para responder esta actividad se deben aplicar los conocimientos sobre hidrocarburos, moléculas y enlace químico. Son preguntas que dan contenido a la actividad global. Se espera que en cuarto de ESO sean capaces de identificar el metano como sustancia compuesta de hidrógeno y carbono, el más sencillo de todos los hidrocarburos y combustible fósil de uso habitual en hogares y transporte. Por otra parte, se pide también que comparen la molécula que forma el metano con la del agua, covalentes ambas pero con distinta polaridad y por lo tanto inmiscibles.

Actividad 8

8. Reflexiones posteriores a la realización de la actividad

- a) ¿En qué medida la lectura del texto modifica lo que ya sabías?
- b) ¿Qué te ha sorprendido de la lectura?
- c) ¿Qué valoración te merecen las actividades que has realizado?

Para acabar, se propone una reflexión y valoración de lo que se ha aprendido tanto a partir de la lectura como con las actividades realizadas. Es indispensable que la profesora o el profesor piense, con anterioridad a la evaluación, qué espera que sus alumnos y alumnas aprendan para poder así valorar adecuadamente la calidad de su trabajo. Estos contenidos se deben compartir con el grupo. Deben saber qué se va a evaluar y cómo se va a hacer. Se sugieren distintos niveles de exigencia en la valoración final, por ejemplo, en la comprensión y explicitación de la idea principal, en la capacidad de argumentación, en la búsqueda selectiva y procesamiento de la información, y en la revisión de los contenidos científicos implicados en el texto.

CONSIDERACIONES DIDÁCTICAS

A continuación, se dan las siguientes pautas de funcionamiento:

El texto escogido es un artículo periodístico escrito por un científico español de renombre internacional lo que confiere fiabilidad a los datos expuestos. Se presentan tres versiones del mismo artículo y la profesora o profesor debe valorar cuál es la más adecuada a la variedad de competencia lectora y científica de su aula: versión 1) acceso directo Internet, formato PDF, versión 2) artículo completo, formato texto, versión 3) artículo adaptado, que contiene básicamente la misma información, però se han suprimido algunos fragmentos para facilitar su lectura a lectores menos expertos.

La actividad completa (lectura – búsqueda de información – respuesta a las preguntas) requiere un mínimo de dos horas para ser realizada. La primera hora se invertiría en la lectura, comprensión del contenido y respuesta a las preguntas de opinión. La segunda sesión se dedicaría a buscar y organizar la información y a responder las preguntas relacionadas con los contenidos de ciencia. Seguramente se necesitará una tercera sesión para cerrar adecuadamente la actividad. También cabe la posibilidad que algunos ejercicios puedan realizarse en casa, como la búsqueda de información.

Dado que alguna de las preguntas obliga a buscar la respuesta a través de internet, la actividad debería realizarse disponiendo de ordenador.

Las actividades se realizan a distintos niveles organizativos: individual, discusión en pequeños grupos, discusión en el grupo clase. Conviene que los grupos de trabajo sean heterogéneos y que en ellos haya una buena distribución de las responsabilidades para que todos los alumnos y las alumnas se sientan necesarios y útiles en el grupo. De esta manera se facilita la regulación del aprendizaje del grupo, ya sea a partir de la interacción entre iguales o entre iguales y el profesor o la profesora.

Se recomienda recoger las fuentes indicadas por los alumnos a fin de discutir con ellos sobre la fiabilidad. Se puede aprovechar la actividad para fijar unos parámetros de control de calidad. A título de orientación, se citan los siguientes:

- el autor es conocido
- la información está actualizada
- la información es objetiva
- la página tiene enlaces conocidos

Para concluir, en esta actividad se considera más importante hacer reflexionar al alumnado sobre fenómenos de ciencia, lo que saben y lo que pueden aprender que no adquirir muchos conocimientos.

ANEXOS:

1. Actividades para el alumnado (sin el texto)
2. Artículo:
 - 2.1 Artículo íntegro de la publicación periódica *El País* (EL PAIS.com) en formato PDF
 - 2.2 Artículo completo en formato texto
 - 2.3 Adaptación reducida del artículo en formato texto

La profesora o el profesor puede utilizar a su criterio la versión reducida o completa del artículo según crea conveniente.

REFERENCIAS

SÁNCHEZ LAVEGA, A. *Meteorología exótica y lagos en Titán* [en línea], 1 de noviembre de 2006. <http://www.ajax.ehu.es/grupo/Prensa/Pais_1_Nov_2006.pdf> [última consulta: 09/07/2009]

SÁNCHEZ LAVEGA, A. *Meteorología exótica y lagos en Titán* [en línea], 1 de noviembre de 2006. <http://www.elpais.com/articulo/futuro/Meteorologia/exotica/lagos/Titan/elpfutpor/20061101elpepifut_2/Tes>

ANEXO 1

ACTIVIDADES PARA EL ALUMNADO

1. A continuación vamos a leer un artículo sobre Titán. ¿Qué sabes de Titán?
2. Aproximación al artículo "Meteorología exótica y lagos en Titán":
 - a) ¿Qué te sugieren el título y el subtítulo del artículo?
 - b) ¿Qué nueva información te aportan las imágenes que acompañan el texto?
 - c) ¿Por qué crees que vamos a leer este texto?
3. Lee el texto completo. Si encuentras palabras que no entiendes, no te detengas en ellas e intenta comprender el sentido de lo que estás leyendo, en particular las ideas científicas que aparecen en la lectura.
4. El autor presenta unos hechos e hipótesis sobre los lagos de metano en Titán. ¿Qué palabras y expresiones de la lectura te permiten afirmar que en Titán existe un ciclo comparable al del agua en la Tierra?
5. Responde las siguientes preguntas de opinión y argumentación:
 - a) ¿Cómo caracterizas al autor del texto y en qué te basas para hacerlo?
 - b) ¿Qué tipo de texto ha escrito y cuál crees que era su intención al escribirlo?
 - c) ¿Hay correspondencia entre la lectura y el título? Explícalo.
 - d) ¿Qué hipótesis defienden el autor y su colaborador acerca de la meteorología de Titán?
 - e) ¿En qué argumentos se basan para hacer sus aportaciones?
 - f) ¿Qué relación hay entre la hipótesis planteada y los descubrimientos de la nave Cassini?
 - g) Comenta la última frase del texto.
6. Responde las siguientes preguntas de búsqueda de información. No olvides indicar las fuentes de información consultadas.
 - a) En el texto aparecen distintos datos cualitativos y cuantitativos de Titán. Recógelos en una tabla y busca información comparativa de la Tierra.
 - b) ¿En qué estado físico se encuentra el metano a $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$? Busca información sobre el punto de ebullición y el de solidificación del metano y compáralos con los del agua.
 - c) ¿Qué otras sustancias tiene la atmósfera de Titán y cuáles son comunes con la de la Tierra?
 - d) En 1908, Josep Comas i Solà, científico catalán, descubrió que Titán tenía atmósfera. Busca información sobre este científico y describe brevemente su descubrimiento relacionándolo con la lectura.
 - e) ¿Qué sabes de la sonda europea Huygens y de la nave espacial Cassini?
7. Responde las siguientes preguntas relacionadas con los contenidos curriculares:
 - a) El texto habla de distintos hidrocarburos. ¿Qué son los hidrocarburos y de dónde se obtienen? ¿Cómo clasificas el metano entre los hidrocarburos?
 - b) Desde el punto de vista del enlace químico, ¿qué semejanzas y diferencias más notables hay entre la molécula de agua y la de metano?

8. Reflexiones posteriores la realización de la actividad:

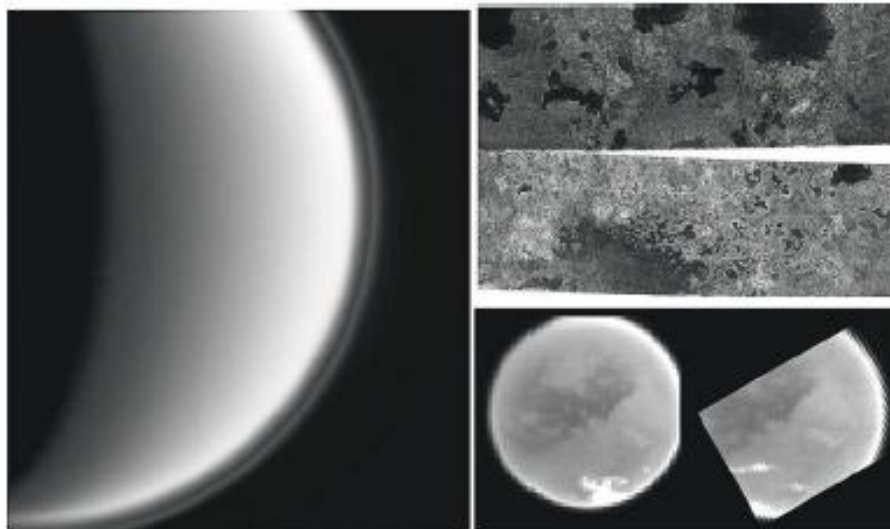
- a) ¿En qué medida la lectura del texto modifica lo que ya sabías?
- b) ¿Qué te ha sorprendido de la lectura?
- c) ¿Qué valoración te merecen las actividades que has realizado?

Meteorología exótica y lagos en Titán

Gigantescas tormentas generan en la mayor luna de Saturno densas nubes de metano líquido

Titán, el satélite más grande del planeta Saturno y segunda luna en tamaño del Sistema Solar con 5.130 kilómetros de diámetro, es el único que posee una densa atmósfera de gas nitrógeno, semejante a la terrestre. Una espesa y extensa niebla amarilla de hidrocarburos impide la visibilidad de su superficie, lo que ha hecho del satélite un mundo misterioso hasta hace unos pocos años. A más de 1.500 millones de kilómetros de distancia del Sol, las temperaturas en la superficie son gélidas, de unos 180 grados centígrados bajo cero, por lo que el agua se encuentra totalmente congelada en su superficie.

Los días de Titán, de 16 días terrestres de duración, son en realidad largos crepúsculos ya que sólo un 1% de la radiación solar llega a su superficie. Las primeras imágenes detalladas de la superficie tomadas en longitud de onda del infrarrojo cercano (las únicas capaces de atravesar la niebla) por la nave espacial Cassini, que llegó al planeta Saturno en julio de 2004, así como las obtenidas por la sonda europea Huygens que acompañaba a la anterior y que se posó en el satélite en enero de 2005, mostraron que sobre la superficie de este frío mundo, malida y quizás empapada, existen canales y estructuras fluviales socas de formación reciente. Pero es en particular el potente radar que lleva a bordo la Cassini el que está permitiendo escudriñar en detalle la superficie de esta luna di-



Diferentes aspectos de Titán visto desde la nave Cassini. A la izquierda, imagen de las capas de nieblas y, a la derecha, imagen radar de los lagos del hemisferio norte (arriba) y de las tormentas de metano sobre el polo sur (abajo). J. A. / NASA

El radar de la nave 'Cassini' lleva dos años escudriñando la superficie

dante los cortos periodos de sobre vuelo que está efectúa cada pocos meses. Y, así, a comienzos de agosto el radar descubrió lo que parece ser todo un conjunto de lagunas líquidas en las regiones polares del norte de este mundo. ¿Cómo pueden formarse estas lagunas y las estructuras fluviales observadas en un mundo tan frío? ¿Son un producto de las lluvias? ¿Y de ser así, qué es lo que llueve y en qué cantidad lo hace?

A finales del mes de julio, un par de semanas antes del descubrimiento de las lagunas por el radar de Cassini, Ricardo Hueso y yo mismo propusimos, en un trabajo publicado en la revista *Nature*, que sobre la superficie de Titán se producen gigantescas tormentas capaces de generar densas nubes formadas por gotas de metano líquido, un compuesto que jugará en ese mundo el mismo papel que el agua en la Tierra. Nuestra hipótesis se sustenta en las continuas observaciones de nubes brillantes que se forman y desaparecen rápidamente por debajo de la niebla, tal y como han sido detectadas en los últimos dos años desde la órbita de Cassini y por los rayosotelescopios terrestres en las cámaras de la isla de Hawaii.

Una de las regiones más prolíficas en la formación de estas extensas masas nubosas durante los dos últimos años ha sido el polo sur del satélite. A pesar de las bajas temperaturas de Titán, la región polar se encuentra actualmente saliendo del verano, por lo que el pequeño exceso de calor eleva ligeramente las temperaturas y proporciona la energía necesaria para desarrollar los episodios tormentosos.

Nuestros cálculos muestran que bajo apropiadas condiciones de temperatura y humedad del metano en la atmósfera, vigorosas nubes formadas básicamente por este compuesto ascienden en la fría atmósfera hasta alcanzar en su desarrollo vertical los 35 kilómetros de altura sobre la superficie. Una de las claves en la formación de las tormentas de Titán son las pequeñas particu-

las que forman la niebla amarillada y que alcanzan lentamente la baja atmósfera de Titán. Sobre esas partículas crecen las gotas de metano que forman las nubes tormentosas. A nuestro entender estas tormentas son capa-

Los hidrocarburos juegan en Titán el mismo papel que el agua en la Tierra

ces de generar copiosas precipitaciones de metano mezclado con los hidrocarburos de las partes inferiores de las nubes. Sembrarían en sus veranos más violentos a las más truenas trombas de agua que se producen en las tormentas terrestres, con precipita-

ciones cercanas a los 190 litros por metro cuadrado.

La precipitación podría ser capaz de alimentar los depósitos líquidos detectados y los ríos de metano líquido que, fluyendo por la superficie de Titán, arrastrarían consigo los hidrocarburos, erosionando la superficie y modelando la orografía de algunas regiones del satélite.

Junto a nuestro estudio, otras propuestas de equipos norteamericanos y japoneses sugieren que en Titán pudieran también producirse otras lentadas precipitaciones de fina lluvia, eririán de metano, a la vez que recientemente parecen haberse descubierto otro tipo de finas nubes, esta vez de etano, ligeramente más altas sobre la superficie de este exótico mundo. Todas estas investigaciones confirman que el metano y los diferentes hidrocar-

buros, presentes en pequeñas cantidades en la densa atmósfera de nitrógeno, juegan en Titán el mismo papel que el agua en la Tierra. Titán tendría en este sentido un ciclo de metano semejante en cierto modo al ciclo hidrológico terrestre, con evaporación, formación de nubes, precipitación y formación de depósitos líquidos. La rica y variada meteorología hace de Titán un laboratorio natural único, en condiciones extremas, que nos permitirá explorar y comprender mejor los complejos fenómenos meteorológicos que acontecen en nuestro propio planeta. Titán, un mundo químicamente primitivo, se parece aun un poco más a la Tierra.

Agustín Sánchez-Lavega pertenece al Grupo de Ciencias Planetarias, Universidad del País Vasco.

Anexo 2.2: Artículo completo en formato texto

Meteorología exótica y lagos en Titán

Gigantescas tormentas generan en la mayor luna de Saturno densas nubes de metano líquido

AGUSTÍN SÁNCHEZ LAVEGA 01/11/2006

Titán, el satélite más grande del planeta Saturno y segunda luna en tamaño del Sistema Solar con 5.150 kilómetros de diámetro, es el único que posee una densa atmósfera de gas nitrógeno, semejante a la terrestre. Una espesa y extensa niebla naranja de hidrocarburos impide la visibilidad de su superficie, lo que ha hecho del satélite un mundo misterioso hasta hace unos pocos años. A más de 1.500 millones de kilómetros de distancia del Sol, las temperaturas en la superficie son gélidas, de unos 180 grados centígrados bajo cero, por lo que el agua se encuentra totalmente congelada en su superficie.

Los días de Titán, de 16 días terrestres de duración, son en realidad largos crepúsculos ya que sólo un 1% de la radiación solar llega a su superficie. Las primeras imágenes detalladas de la superficie tomadas en longitudes de onda del infrarrojo cercano (las únicas capaces de atravesar la niebla) por la nave espacial *Cassini*, que llegó al planeta Saturno en julio de 2004, así como las obtenidas por la sonda europea *Huygens* que acompañaba a la anterior y que se posó en el satélite en enero de 2005, mostraron que sobre la superficie de este frío mundo, mullida y quizás empapada, existen canales y estructuras fluviales secas de formación reciente. Pero es en particular el potente radar que lleva a bordo la *Cassini* el que está permitiendo escudriñar en detalle la superficie de esta luna durante los cortos periodos de sobre vuelo que ésta efectúa cada pocos meses. Y, así, a comienzos de agosto el radar descubrió lo que parece ser todo un conjunto de lagunas líquidas en las regiones polares del norte de este mundo. ¿Cómo pueden formarse estas lagunas y las estructuras fluviales observadas en un mundo tan frío? ¿Son un producto de las lluvias? ¿Y de ser así, qué es lo que llueve y en qué cantidad lo hace?

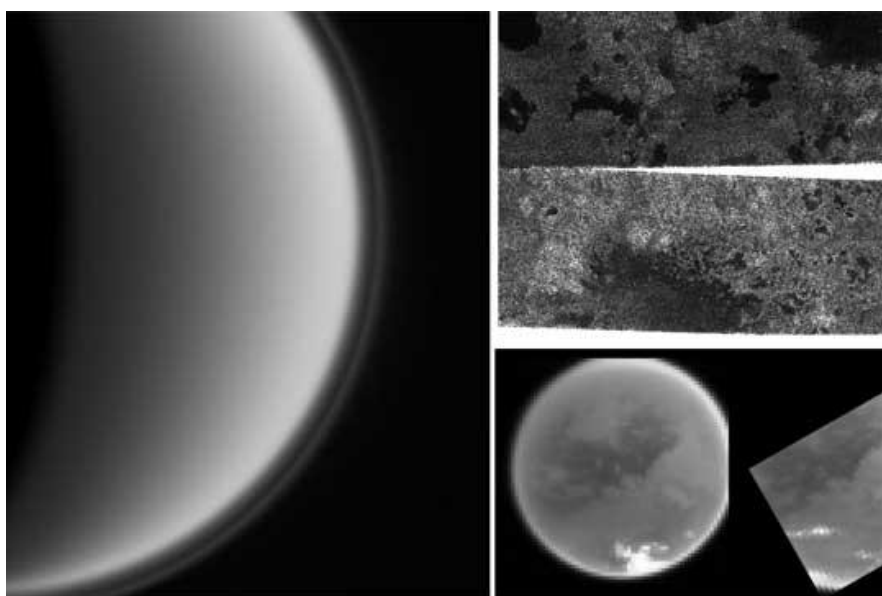
A finales del mes de julio, un par de semanas antes del descubrimiento de las lagunas por el radar de *Cassini*, Ricardo Hueso y yo mismo propusimos, en un trabajo publicado en la revista *Nature*, que sobre la superficie de Titán se producen gigantescas tormentas capaces de generar densas nubes formadas por gotitas de metano líquido, un compuesto que jugaría en ese mundo el mismo papel que el agua en la Tierra. Nuestra hipótesis se sustenta en las continuas observaciones de nubes brillantes que se forman y desaparecen rápidamente por debajo de la niebla, tal y como han sido detectadas en los últimos dos años desde la órbita de *Cassini* y por los mayores telescopios terrestres en las cumbres de la isla de Hawai.

Una de las regiones más prolíficas en la formación de estas extensas masas nubosas durante los dos últimos años ha sido el polo sur del satélite. A pesar de las bajas temperaturas de Titán, la región polar se encuentra actualmente saliendo del verano, por lo que el pequeño exceso de calor eleva ligeramente las temperaturas y proporciona la energía necesaria para desarrollar los episodios tormentosos.

Nuestros cálculos muestran que bajo apropiadas condiciones de temperatura y humedad del metano en la atmósfera, vigorosas nubes formadas básicamente por este compuesto ascienden en la fría atmósfera hasta alcanzar en su desarrollo vertical los 35 kilómetros de altura sobre la superficie. Una de las claves en la formación de las tormentas de Titán son las pequeñas partículas que forman la niebla anaranjada y que alcanzan lentamente la baja atmósfera de Titán. Sobre esas partículas crecen las gotitas de metano que forman las nubes tormentosas. A nuestro entender estas tormentas son capaces de generar copiosas precipitaciones de metano mezclado con los hidrocarburos de las partes inferiores de las nieblas. Semejarían en sus versiones más violentas a las más intensas trombas de agua que se producen en las tormentas terrestres, con precipitaciones cercanas a los 190 litros por metro cuadrado.

La precipitación podría ser capaz de alimentar los depósitos líquidos detectados y los ríos de metano líquido que, fluyendo por la superficie de Titán, arrastrarían consigo los hidrocarburos, ensuciando la superficie y modelando la orografía de algunas regiones del satélite.

Junto a nuestro estudio, otras propuestas de equipos norteamericanos y japoneses sugieren que en Titán pudieran también producirse en otras latitudes precipitaciones de fina lluvia, sirimiri de metano, a la vez que recientemente parecen haberse descubierto otro tipo de finas nubes, esta vez de etano, ligeramente más altas sobre la superficie de este exótico mundo. Todas estas investigaciones confirman que el metano y los diferentes hidrocarburos, presentes en pequeñas cantidades en la densa atmósfera de nitrógeno, juegan en Titán el mismo papel que el agua en la Tierra. Titán tendría en este sentido un *ciclo de metano* semejante en cierto modo al ciclo hidrológico terrestre, con evaporación, formación de nubes, precipitación y formación de depósitos líquidos. La rica y variada meteorología hace de Titán un laboratorio natural único, en condiciones extremas, que nos permitirá explorar y comprender mejor los complejos fenómenos meteorológicos que acontecen en nuestro propio planeta. Titán, un mundo químicamente prebiótico, se parece aun un poco más a la Tierra.



Diferentes aspectos de Titán visto desde la nave *Cassini*. A la izquierda, imagen de las capas de nieblas y, a la derecha, imagen radar de los lagos del hemisferio norte (arriba) y de las tormentas de metano sobre el polo sur (abajo). / JPL (NASA)

Artículo 2.3: Artículo reducido en formato texto (Adaptación de la autora de la propuesta)

Meteorología exótica y lagos en Titán

Gigantescas tormentas generan en la mayor luna de Saturno densas nubes de metano líquido

AGUSTÍN SÁNCHEZ LAVEGA 01/11/2006 [Texto adaptado]

Titán, el satélite más grande del planeta Saturno y segunda luna en tamaño del Sistema Solar con 5.150 kilómetros de diámetro, es el único que posee una densa atmósfera de gas nitrógeno, semejante a la terrestre. Una espesa y extensa niebla naranja de hidrocarburos impide la visibilidad de su superficie, lo que ha hecho del satélite un mundo misterioso hasta hace unos pocos años. A más de 1.500 millones de kilómetros de distancia del Sol, las temperaturas en la superficie son gélidas, de unos 180 grados centígrados bajo cero, por lo que el agua se encuentra totalmente congelada en su superficie.

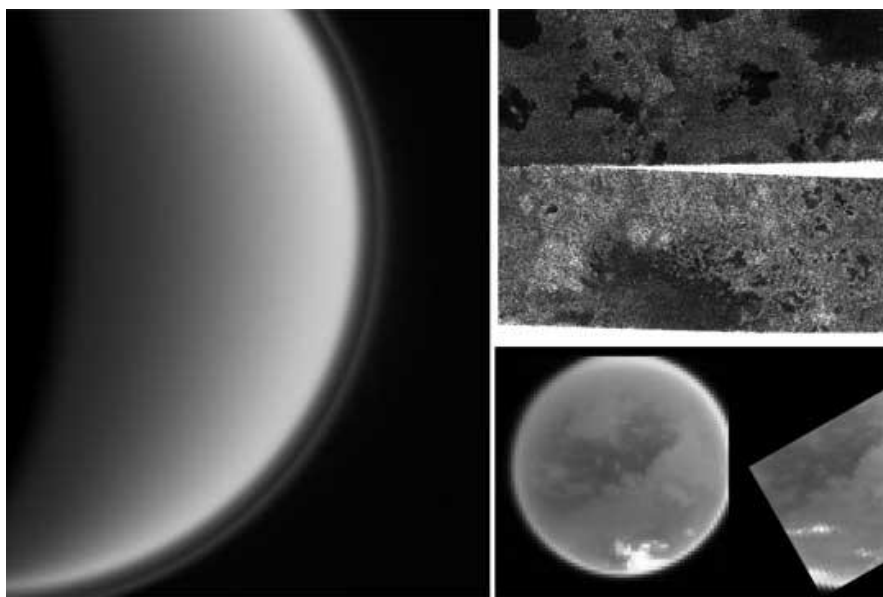
Los días de Titán, de 16 días terrestres de duración, son en realidad largos crepúsculos ya que sólo un 1% de la radiación solar llega a su superficie. Las primeras imágenes detalladas de la superficie tomadas en longitudes de onda del infrarrojo cercano (las únicas capaces de atravesar la niebla) por la nave espacial *Cassini*, que llegó al planeta Saturno en julio de 2004, así como las obtenidas por la sonda europea *Huygens* que acompañaba a la anterior y que se posó en el satélite en enero de 2005, mostraron que sobre la superficie de este frío mundo, mullida y quizás empapada, existen canales y estructuras fluviales secas de formación reciente. Pero es en particular el potente radar que lleva a bordo la *Cassini* el que está permitiendo escudriñar en detalle la superficie de esta luna durante los cortos periodos de sobre vuelo que ésta efectúa cada pocos meses. Y, así, a comienzos de agosto el radar descubrió lo que parece ser todo un conjunto de lagunas líquidas en las regiones polares del norte de este mundo. ¿Cómo pueden formarse estas lagunas y las estructuras fluviales observadas en un mundo tan frío? ¿Son un producto de las lluvias? ¿Y de ser así, qué es lo que llueve y en qué cantidad lo hace?

A finales del mes de julio, un par de semanas antes del descubrimiento de las lagunas por el radar de *Cassini*, Ricardo Hueso y yo mismo propusimos, en un trabajo publicado en la revista *Nature*, que sobre la superficie de Titán se producen gigantescas tormentas capaces de generar densas nubes formadas por gotitas de metano líquido, un compuesto que jugaría en ese mundo el mismo papel que el agua en la Tierra. Nuestra hipótesis se sustenta en las continuas observaciones de nubes brillantes que se forman y desaparecen rápidamente por debajo de la niebla, tal y como han sido detectadas en los últimos dos años desde la órbita de *Cassini* y por los mayores telescopios terrestres en las cumbres de la isla de Hawai.

[...] Nuestros cálculos muestran que bajo apropiadas condiciones de temperatura y humedad del metano en la atmósfera, vigorosas nubes formadas básicamente por este compuesto ascienden en la fría atmósfera hasta alcanzar en su desarrollo vertical los 35 kilómetros de altura sobre la superficie. Una de las claves en la formación de las tormentas de Titán son las pequeñas partículas que forman la niebla anaranjada y que alcanzan lentamente la baja atmósfera de Titán. Sobre esas partículas crecen las gotitas de metano que forman las nubes tormentosas. A nuestro entender estas tormentas son capaces de generar copiosas precipitaciones de metano mezclado con los hidrocarburos de las partes inferiores de las nieblas. Semejarían en sus versiones más violentas a las más intensas trombas de agua que se producen en las tormentas terrestres, con precipitaciones cercanas a los 190 litros por metro cuadrado.

La precipitación podría ser capaz de alimentar los depósitos líquidos detectados y los ríos de metano líquido que, fluyendo por la superficie de Titán, arrastrarían consigo los hidrocarburos, ensuciando la superficie y modelando la orografía de algunas regiones del satélite.

[...] Todas las investigaciones confirman que el metano y los diferentes hidrocarburos, presentes en pequeñas cantidades en la densa atmósfera de nitrógeno, juegan en Titán el mismo papel que el agua en la Tierra. Titán tendría en este sentido un *ciclo de metano* semejante en cierto modo al ciclo hidrológico terrestre, con evaporación, formación de nubes, precipitación y formación de depósitos líquidos. La rica y variada meteorología hace de Titán un laboratorio natural único, en condiciones extremas, que nos permitirá explorar y comprender mejor los complejos fenómenos meteorológicos que acontecen en nuestro propio planeta. Titán, un mundo químicamente prebiótico, se parece aun un poco más a la Tierra.



Diferentes aspectos de Titán visto desde la nave *Cassini*. A la izquierda, imagen de las capas de nieblas y, a la derecha, imagen radar de los lagos del hemisferio norte (arriba) y de las tormentas de metano sobre el polo sur (abajo). / JPL (NASA)

