



www.astrosociety.org/uitc

No. 58 - Summer 2002

© 2002, Astronomical Society of the Pacific, 390 Ashton Avenue, San Francisco, CA 94112.

Exploración Responsable: Proteger la Tierra y los mundos que exploramos de la contaminación cruzada

por Margaret Race, PhD

Traducido por Mariela Hermosilla

¿Qué es la Protección Planetaria?

¿Dónde y cómo buscamos pruebas de vida?

¿Qué buscamos para "ver" Vida?

Referencias

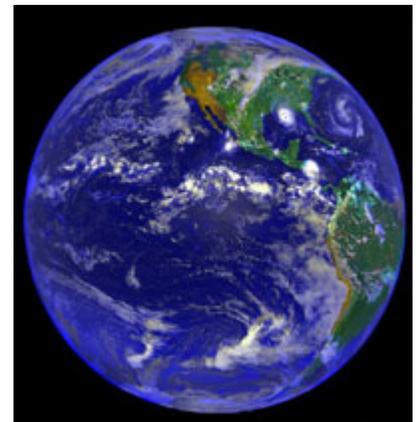
Actividades

¿Qué es la Protección Planetaria?

Desde los comienzos del programa espacial, cuando se envió el satélite artificial Sputnik al espacio, ha habido gran interés en la protección planetaria, es decir, prevención de la contaminación cruzada biológica causada por el hombre entre la Tierra y otros cuerpos del Sistema Solar. Aunque la probabilidad es escasa debido a lo inhóspito de los ambientes espaciales, es posible que bacterias y otros organismos que hayan sido "llevados a dedo" en naves espaciales y en equipos puedan causar cambios irreversibles en los ambientes de otros planetas e interferir con la exploración científica de vida en otros lugares (contaminación biológica proveniente de la Tierra). Además, hasta que no sepamos más sobre el futuro de la vida extraterrestre, debemos cuidar que las naves espaciales o muestras extraterrestres que vuelven a la Tierra, no contengan nada que pudiera dañar a los habitantes de la Tierra y los ecosistemas (contaminación hacia dentro).

Las políticas de protección planetaria para la exploración espacial se asemejan a las políticas de medioambiente, salud y seguridad que existen en la Tierra. Queremos prevenir el transporte de organismos y microbios potencialmente dañinos de un lugar a otro (accidentalmente o deliberadamente) por dos razones: 1) podrían ser infecciosos o patogénicos, 2) podrían causar una alteración ecológica o medio ambiental. En la Tierra, existen regulaciones y medidas de control con la intención de prevenir la propagación de enfermedades serias causadas por microbios (por ejemplo, ántrax, VIH/SIDA, la fiebre aftosa, tuberculosis o grafiosis), o para limitar la propagación de especies de plagas invasivas (por ejemplo, las hormigas de fuego, polillas gitanas, mejillones cebras, kuzu (o pueraria lobata) o el jacinto de agua)

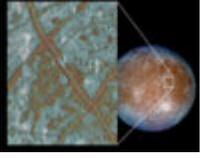
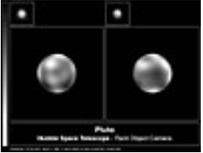
En la exploración del espacio, los asuntos son básicamente los mismos, excepto por algo muy importante: ni siquiera sabemos si hay vida extraterrestre, y tampoco importa mucho a esta altura si esta vida pudiera causarle daño a la Tierra. Hasta que estemos seguros de esto, debemos seguir políticas locales e internacionales que se apliquen a naves espaciales y misiones antes del lanzamiento, durante la exploración y una vez de vuelta en la Tierra.



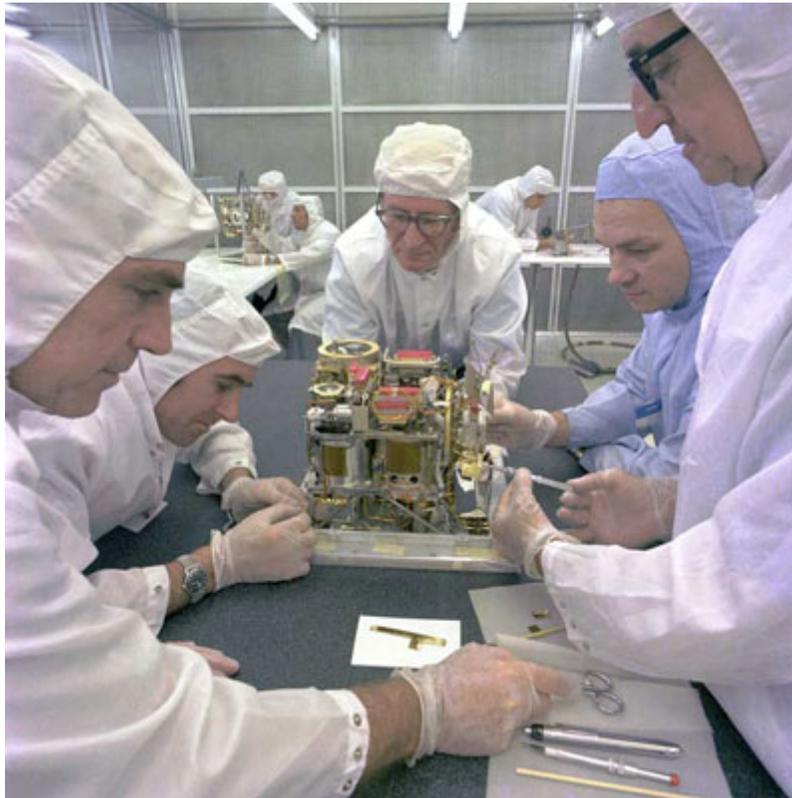
Esta imagen de la Tierra se tomó el 25 de agosto, 1992, por el satélite 7 NOAA GOES. Muestra un planeta con una vida que queremos proteger de la contaminación de formas de vida extraterrestre. Al mismo tiempo que exploramos más allá de las fronteras de nuestro planeta, debemos ser cuidadosos para no esparcir, sin cuidado, vida microbiana a otros ecosistemas potencialmente frágiles. Fotografía: Imagen por F. Hasler, M. Jentoft-Nilsen, H. Pierce, K. Palaniappan, and M. Manyin. Laboratorio Goddard para las atmósferas – Datos de la Administración Nacional y Oceánica Atmosférica (NOAA sigla en inglés)

La tarea de planificar medidas efectivas de protección planetaria involucra la combinación del más reciente conocimiento científico con algunas conjeturas sofisticadas. Incluso antes de que una nave espacial llegue a un planeta, todos se preguntan qué clase de vida podría haber allí, cómo la reconoceríamos y qué tipo de amenaza biológica, si la hubiere, podría afectar a la Tierra si de regreso ésta acompaña las muestras. Mirando el futuro, necesitamos establecer qué precauciones deberán tomar los astronautas, primero cuando visiten nuevos lugares y luego cuando vuelvan a la Tierra.

Las políticas de protección planetaria deben tomar en cuenta todas estas incertidumbres, incluso mientras la exploración continúe en búsqueda de vida en otros planetas. Hasta que lo sepamos con seguridad, debemos ser cautelosos para impedir que la exploración interrumpa o interfiera con algún tipo de vida, en otros planetas o en la Tierra.

				
<p>Marte ha capturado por mucho tiempo nuestra imaginación y sigue siendo una meta seria para la exploración humana. Con pruebas de que alguna vez hubo abundante agua en este planeta, tomamos las precauciones máximas cuando exploramos este mundo. Mucho de los nuevos protocolos que se han desarrollado se aplicarán en un futuro cercano, ya que hemos planificado sacar muestras de este planeta y llevarlo a la Tierra.</p>	<p>Europa es una luna de Júpiter. Se cree que su superficie congelada tiene un océano de agua debajo entibiado por la fuerza de la marea. El agua y el calor lo convierten en otro candidato para una posible vida.</p>	<p>Titán, la luna más grande de Saturno, tiene una atmósfera de nitrógeno llena de humo y niebla, pero mucho más fría. Cassini lanzará una sonda a través del smog para darnos más información sobre esta curiosa luna.</p>	<p>Eros fue el primer asteroide donde una nave se posó y logró entrar en órbita. Dado su tamaño y posición, no es un posible candidato para cobijar vida. Aunque la nave aterrizó finalmente sobre la superficie, las precauciones para sanitizar la nave fueron mucho menos rigurosas que las que se toman con destinos como Marte.</p>	<p>Plutón es el planeta más distante del Sistema Solar, y parece más un cometa que un planeta. Debido a que siempre se esconde en los bordes congelados del Sistema Solar, no es un posible candidato para la vida. Cualquier nave futura que pueda explorar este distante mundo frío, se armará en cuartos esterilizados, pero no tendrá que pasar por el mismo nivel de sanitización que en el caso de Marte.</p>
<p>Presione aquí para ver las imágenes ampliadas y con los subtítulos.</p>				

Dependiendo a qué lugar del Sistema Solar se dirija una nave espacial, se pueden adoptar diferentes procedimientos y controles de protección planetaria. Si los científicos piensan que puede existir vida en un ambiente (por ejemplo en Marte o Europa), se imponen controles estrictos, mientras que las misiones a lugares con poco o ningún potencial de vida, requieren pocas, si algunas, medidas especiales (por ejemplo en el caso de Venus, Saturno o nuestra Luna). La protección planetaria comienza aún antes del lanzamiento. Por ejemplo, las naves espaciales se arman en cuartos esterilizados, y los instrumentos científicos deben pasar por un tratamiento de calor o ser especialmente embalados, con el fin de, además, reducir la "carga biológica" o el número de microbios antes del lanzamiento (similar al barrido y esterilización del equipo antes de una cirugía)



El experimento biológico TRW, construido para la misión Viking a Marte se preparó en un cuarto esterilizado. El equivalente de un laboratorio biológico universitario contenía más de 40.000 piezas dentro de un espacio no más grande que una batería de auto. Ambos módulos de aterrizaje de la misión Viking transportaron estas piezas. Créditos: empresa estadounidense TRW Space & Electronics.

Si las muestras vuelven de un lugar como Marte donde los científicos esperan encontrar algún tipo de evidencia de vida pasada o presente, los materiales de las muestras se encierran a través de un control remoto en contenedores especiales y serán monitoreados para asegurar que no se derramen durante el vuelo de retorno. Si el contenido no se puede verificar durante su retorno a la Tierra, la muestra o cualquier componente de la nave espacial que se haya expuesto a un entorno extraterrestre debería ser esterilizado en el espacio y no una vez de vuelta en la Tierra. Además, cuando lleguen a la Tierra, se transportarán las muestras a un centro especial para testarlas y manejarlas dentro de un laboratorio equipado con guanteras de biocontención diseñado para proteger tanto a los trabajadores como las muestras de cualquier tipo de contaminación peligrosa.

No se removerá ninguna muestra del contenedor hasta que se esterilice o se certifique que no es peligrosa, para esto se usará una rigurosa batería de detección de vida y pruebas para detectar amenazas biológicas. Aunque los científicos están de acuerdo en que la probabilidad de escape y propagación de un organismo vivo que está en un contenedor es mínima, el equipo especial, el personal y el manejo de estos, están justificados para minimizar posibles efectos peligrosos, en el supuesto caso de que se descubra una nueva forma de vida.

Durante el programa Apolo, cuando se trajeron rocas provenientes de la Luna, se utilizó un enfoque similar al de la protección planetaria y al de la cuarentena extraterrestre. Las rocas, los astronautas y las naves espaciales que llegaron de la luna, estuvieron en cuarentena en un Laboratorio especial de Recepción Lunar hasta que una batería completa de pruebas demostró que no había amenaza biológica.





Hasta que no se haya determinado que las muestras provenientes de otros mundos estén libres de amenazas biológicas, el hombre no podrá tocarlas, éstas se manejarán cuidadosamente en guanteras cerradas y con la asistencia de robots.

Después de remover las prendas de vestir de aislamiento y lavarlas, los tres miembros de la tripulación Apolo 11 (Armstrong, Collins y Aldrin, de izquierda a derecha) están saludando al presidente Nixon. Antes de que entendiéramos cuán estéril es el medio ambiente lunar, se les trató con el mismo cuidado que a las rocas de la luna, con el fin de asegurarse de que no regresaran con algún tipo de microbio de la luna.

Las misiones futuras de ida y vuelta a Marte o a otros lugares extraterrestres diferirán en varias maneras del viaje de Apolo. Debido a que ningún astronauta estará involucrado en las misiones iniciales en que se retornan con muestras, y ya que se espera que se limite la cantidad de muestras (menos de 1 kilogramo de rocas y suelo de Marte comparadas a los cientos de kilogramos de rocas lunares), los procedimientos de cuarentena y las operaciones de vuelo serán menos complejas. Sin embargo, debido a la distancia, las misiones aún supondrán un reto. Además, después de Apolo, los avances en las técnicas microbiológicas y químicas han aumentado enormemente nuestro conocimiento acerca de la vida en los medio ambientes extremos existentes en la Tierra, y expanden nuestras habilidades para detectar en las muestras vida o moléculas relacionadas con la vida. De manera similar, se ha desarrollado un conocimiento avanzado sobre las capacidades microbianas y enfermedades causadas por microbios, con la preocupación pública correspondiente sobre los muchos riesgos que implican las misiones de regreso.

En la medida en que continúa la exploración del Sistema Solar, también lo harán las políticas de protección planetaria.

Una revisión de esas políticas dependerá de un mejor entendimiento de los ambientes extraterrestres y de nuestro creciente conocimiento de la tenacidad de la vida en ambientes extremos que existen en la Tierra. Es cada vez más probable la aparición de ambientes extraterrestres que podrían apoyar a los organismos existentes en la Tierra. Más importante aún, las misiones futuras pueden encontrar también ambientes distantes que apoyen su propia vida extraterrestre. Las provisiones de la protección planetaria serán esenciales para el estudio y conservación de tales medio ambientes. [The Astrobiology Web](#) tiene una sección "[Laws, Regulations, and Treaties Pertaining to Planetary Protection](#)" si usted quisiera estudiarlo con detenimiento.



Exploración Responsable: Proteger la Tierra y los mundos que exploramos de la contaminación cruzada

¿Dónde y cómo estamos buscando pruebas de vida?

La astrobiología es un programa de estudio científico multidisciplinario que estudia el origen, evolución, distribución y destino de la vida en el universo. (Ver "El universo en el Aula", No.51, Astrobiología: La frontera final de la educación científica, por Asbell-Clarke y Jeff Lockwood en <http://www.astrosociety.org/education/publications/tnl/51/astrobiology1.html>)

Científicamente hablando, la investigación propia de esta área se conduce con ayuda de una síntesis de disciplinas: de la astronomía a la zoología, desde la ecología a la biología molecular, desde la geología a la genómica; todos están enfocados en una meta común: descubrir el hilo de la vida en el universo, por medio de una variedad de tecnologías avanzadas tanto en la Tierra como en el espacio. Los astrobiólogos buscan descubrir la compleja cadena de causa y efecto que determina cómo se origina y desarrolla la vida, y las consecuencias resultantes para el destino de los mundos.

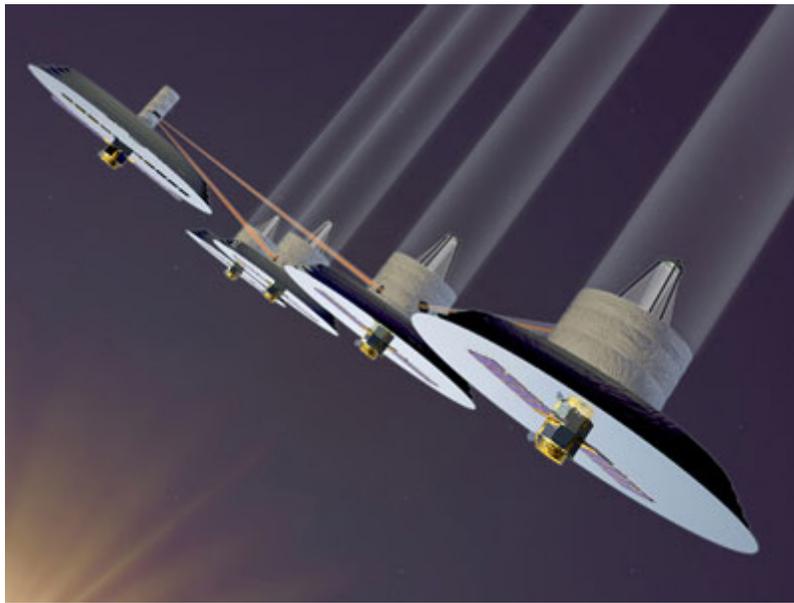
Como el universo es un lugar inmenso, tiene sentido buscar pruebas de vida de muchas maneras. Además de enfocarnos en lo que sabemos de la vida en la Tierra, especialmente en los ambientes extremos, la astrobiología actualmente comprende tres tipos básicos de búsqueda en el espacio; cada una emplea tecnologías diferentes, busca en lugares diferentes, y espera encontrar diferentes tipos de datos:

1) La búsqueda de Inteligencia Extraterrestre (SETI, sigla en inglés) : búsqueda dentro de nuestra galaxia usando radiotelescopios con el fin de escuchar señales electromagnéticas provenientes de civilizaciones extraterrestres,



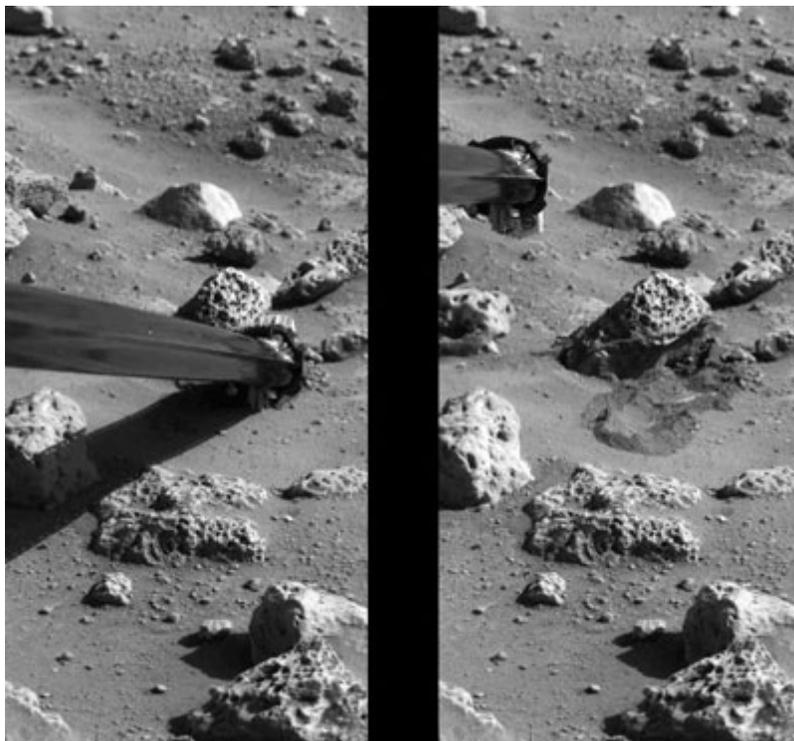
Vista aérea del Gran Arreglo de Antenas (VLA, sigla en inglés) mirando hacia el norte-noroeste. Este complejo de grandes radiotelescopios se utiliza con el propósito de hacer una gran cantidad de estudios astronómicos, incluyendo búsquedas de vida extraterrestre (SETI) Aquí las antenas están en su configuración más cercana (configuración D), Fotografía: Dave Finley: Cortesía NRAO/AUI

2) La búsqueda de planetas extrasolares y planetas parecidos al terrestre: Este esfuerzo, en realidad, abarca dos tipos de búsqueda: la primera, usa métodos de detección Doppler para buscar pruebas de estrellas que tengan cerca de ellas planetas y sistemas solares por sí mismas; y la segunda, utiliza una técnica llamada 'interferometría' para traducir datos ópticos desde lejanos planetas de tamaño terrestre a 'huellas digitales' químicas para buscar lugares que puedan tener atmósferas indicativas de habitabilidad o incluso presencia de vida.



Este es uno de los diseños para la misión 'Buscador de Planetas Terrestres') Como el VLA, las imágenes de una colección de telescopios más pequeños están combinadas para dar los mismos resultados que podrían obtenerse por medio de un telescopio mucho más grande.

3) Exobiología y Exploración del Sistema Solar: búsqueda dentro del Sistema Solar para detectar pruebas para el origen, evolución y existencia o no existencia de vida, la que probablemente sería microbiana, aunque no necesariamente simple (por ejemplo, el ántrax y los parásitos pueden ser pequeños, pero reflejan un gran historial evolutivo y biológicamente son bastante complejas).



El Viking 2 se activó en marzo de 1976. Contaba con un brazo alargable para recoger tierra del suelo y llevó a cabo tres experimentos diferentes para determinar si había vida en Marte. Estas dos fotos muestran como el brazo está desplazando una roca para tomar una muestra de suelo. Los resultados fueron para algunos desilusionantes. Para revisar los resultados vea: <http://www.msss.com/http/ps/life/life.html>

Los tipos de búsqueda -SETI vs. Planetas extrasolares vs. Exobiología- se diferencian en muchas maneras. La búsqueda de planetas extrasolares y de planetas parecidos al terrestre es realmente una búsqueda de ubicaciones o ambientes en la inmensidad del universo. ¿Existe tierra allá detrás del horizonte Colón? Encontrar y levantar un mapa de lugares nos ayuda a saber más acerca de qué hay allá arriba, pero sin la necesidad de indicar si hay vida, al menos en un principio. Esto está en contraste con los otros dos tipos de búsqueda. Si los resultados son positivos, las búsquedas de inteligencia extraterrestre (SETI) o exobiológicas podrían interpretarse como la indicación de algún tipo de vida o seres, pasados o presentes. Sin embargo, es necesario enfatizar que los dos tipos de búsquedas son distintos, especialmente desde un punto de vista de la protección planetaria.

Además de buscar desde la Tierra lugares y distancias muy diferentes (dentro de nuestra galaxia vs. en el Sistema Solar), cada búsqueda de vida extraterrestre (SETI) y exobiológica presume, claramente, distintos tipos de vida extraterrestre (inteligente vs. compleja vs. microbiana y biológicamente más simple)

Asimismo, ambas búsquedas emplean equipos y métodos diferentes (radiotelescopios vs. naves espaciales e instrumentos científicos) e implican, por supuesto, datos diferentes (la llegada de señales electromagnéticas vs. pruebas biológicas, químicas y/o geológicas). Las búsquedas de inteligencia extraterrestre (SETI) utilizan métodos no-intrusos e indirectos, sin impactar el medio ambiente o dar lugar a una potencial contaminación cruzada planetaria, sea esto sobre la Tierra o en el espacio. Es de suponer que un resultado positivo sería en forma de señal o mensaje. En contraste, las búsquedas de vidas exobiológicas emplean naves, equipo científico y experimentos dentro del Sistema Solar, y surgen preguntas sobre los impactos y la contaminación cruzada planetaria, en la Tierra y en los cuerpos celestiales que se han visitado.

Si tomamos en cuenta todas estas diferencias, nos damos cuenta que tienen una implicación importante para las actividades durante el período de exploración así como para acciones futuras cuando se descubra vida extraterrestre, si es que se encuentra. El descubrimiento de cualquier tipo de vida extraterrestre, basada en evidencia directa o indirecta, tendría significativas implicaciones científicas, sociales, prácticas y éticas.



Exploración Responsable: Proteger la Tierra y los mundos que exploramos de la contaminación cruzada

¿Cómo se reconoce vida?

La búsqueda de organismos -o de pruebas de vida- en la Tierra o en el espacio puede convertirse en una tarea difícil. Consideremos la vida en la Tierra. A veces, se hace difícil identificar a animales grandes, porque tienen adaptaciones como el camuflaje, la hibernación, otros viven bajo tierra o en las profundidades del océano. Los organismos microscópicos, algunas plantas y hongos no son visibles al ojo, y otros organismos - como virus, parásitos o las algas simbióticas que se encuentran en los corales- viven durante todos sus ciclos de vida en dependencia de otros organismos. El encontrar vida no es fácil.

La búsqueda de vida en la Astrobiología exige que reconozcamos la vida cuando la vemos; y esa no es una tarea sencilla. Las naves ya han llegado a Marte, a la Luna y a otros numerosos lugares del Sistema Solar, pero todavía no hemos encontrado vida en ellos. Mas aún, todos los lugares que hemos visitado han sido extremadamente ásperos, y las condiciones son demasiado estresante para cualquier organismo vivo (basados en la vida que conocemos). Entonces, ¿qué buscamos cuando vamos a un lugar como Marte? y ¿porqué continuamos, incluso, cuando parece no haber ningún indicio de vida?

Nuestro interés en la búsqueda de vida en lugares lejanos está motivado en gran medida por lo que sabemos sobre la vida en la Tierra. Hemos empezado a reconocer que la Tierra es mucho más 'viva' de lo que pensábamos anteriormente. En décadas pasadas, se descubrió vida microbiana, y, en algunos casos, también macroorganismos extraños y diferentes, en ambientes que alguna vez se consideraron totalmente incompatibles con organismos vivos. Por ejemplo, se han descubierto organismos vivos en la oscuridad, en presiones extremas en el fondo del océano, en fuentes termales, en desiertos secos, así como en la permafrosta del Ártico y Antártica. También se ha encontrado vida microbiana dentro de rocas a kilómetros bajo la superficie de la Tierra, y en lugares extremadamente inhóspitos tales como aguas altamente ácidas o suelos químicamente tóxicos. Además, sabemos que los microbios pueden sobrevivir por mucho tiempo en estados durmientes (considera por ejemplo las esporas del ántrax, o algunos microbios viables, aunque durmientes, alojados dentro de cristales de sal, iaproximadamente por unos 250 millones de años!)

Los medio ambientes castigados son el "hogar, dulce hogar" de los microbios llamados extremófilos. Los microbios que se muestran a continuación son ejemplo de los muchos que se encontraron en los hábitats representados.

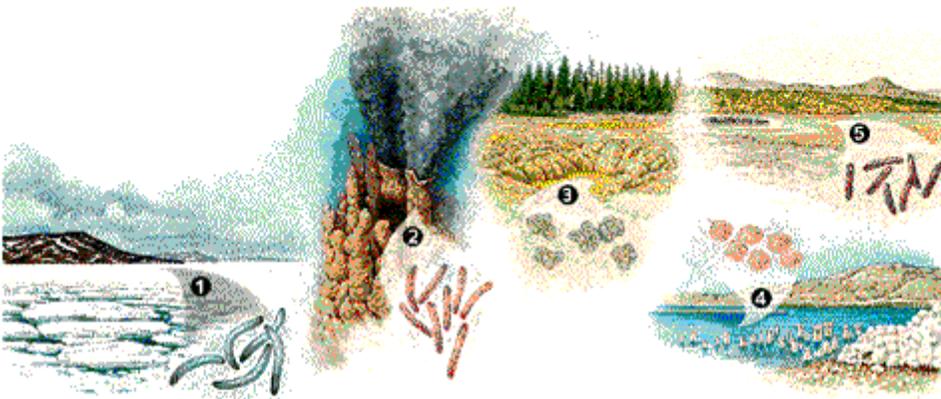


Image: Roberto Osti

1. Hielo marino	2. Respiradero de alta mar	3. Fuente sulfúrica	4 Lagos salinos	5 Suelos cargado de carbonato y lagos salinos
microbios amantes del frío (Psicrófilos)	microbios amantes del calor (Termófilos e Hipertermófilos)	microbios amantes del ácido (Acidófilos)	microbios amantes de la sal (Halófilos)	microbios amantes alcalinos (Alcalófilos)
<i>Polaromonas vacuolata</i>	<i>Methanopyrus kandleri</i>	<i>Sulfolobus acidocaldarius</i>	<i>Haloferax volcani</i>	<i>Natronobacterium gregoryi</i>

Si la vida puede ser tan pequeña, y se puede encontrar en ambientes inusuales y extremos de la Tierra, ¿porqué no se puede hallar en el espacio? Consideremos, por ejemplo, el caso de Marte. Si en Marte la vida creció durante un período más cálido y más húmedo (como muchos científicos creen ahora), quizás se las arregló para cambiarse a regiones más cálidas, más clemente del planeta antes de que la superficie llegara a ser inhabitable. Quizás si observamos las rocas y suelos de Marte, podríamos ser capaces de encontrar evidencia que indican la existencia de esa vida; o incluso organismos vivos o durmientes, evidencia de fósiles, 'biomateriales', organismos vivos, o incluso entradas químicas en la forma de 'firmas' moleculares asociadas con la vida.

Por lo tanto, si algún día traemos muestras de Marte (como las trajimos de la Luna durante el programa Apolo), tendremos ya una estrategia aplicable. Trataremos de incluir una variedad de tipos de rocas – y una variedad de pruebas – para buscar evidencia de vida en una variedad de formas.

Si se trajeran rocas y muestras del suelo de Marte a la Tierra (aproximadamente en una década, a partir de ahora, si todo sale como se ha planeado), el contenedor de las muestras se abrirá dentro de una contención especial y en un centro en cuarentena, donde se realizarán tres tipos de pruebas: 1) físicas y químicas 2) análisis de detección de vida, y 3) pruebas de amenaza biológica. Ya que no sabemos cómo podría lucir la vida marciana, si realmente existe, será esencial la información de estas tres categorías para determinar si hay alguna evidencia de vida. En general, las pruebas examinarán los mismos tipos de evidencia como si buscáramos detectar vida microbiana en la Tierra.

- Señales físicas de vida (tamaño, forma, estructuras etc.);
- Presencia de elementos químicos biológicamente asociados;
- Química estructural (componentes celulares como paredes celulares, membranas, proteínas, ADN, etc.);
- Evidencia de cambios del metabolismo, crecimiento, reproducción o químicos en las muestras que se pueden deber a una entidad viva; y
- Indicaciones de amenaza biológica: cualquier cambio o efecto adverso en las especies terrenales representativas que puede deberse a cualquier cosa dentro de los materiales de muestras.

Lo primero que se hará con las muestras es buscar signos visuales o evidencia química de vida. En la Tierra, todo ser tiene alguna forma o estructura, sin importar cuán pequeño o simple sea. Microscopios e instrumentos altamente sofisticados buscarán señales de estructuras, explorando grietas y fisuras, u otras partes de las rocas no-uniformes. También se analizará químicamente las muestras para encontrar elementos normalmente asociados con sistemas biológicos (los más comunes son el carbón, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, fósforo y sulfuro). Por ejemplo, la abundancia de elementos biológicos en las muestras marcianas se compararían con aquellos que se encuentran en los típicos microbios terrestres.

Si no se encuentra carbón orgánico en las muestras, y si no se detecta ningún tipo de estructura (en escalas pequeñas o más pequeñas que todas las bacterias y microbios conocidos), la probabilidad de encontrar vida en las muestras es mínima. Aún así, se enfocará la atención en los más mínimos detalles.

Después de la prueba preliminar física y química, se utilizará una batería de pruebas de detección de vida, con el fin de buscar señales específicas de vida. Por ejemplo, se examinará un porcentaje de las muestras, utilizando una variedad de instrumentos y técnicas de laboratorio para buscar señales bioquímicas de vida como la conocemos (por ejemplo, firmas biológicas tales como aminoácidos, ADN, péptidos, lípidos, enzimas, componentes de la pared celular, etc). También intentarán cultivar extractos de las muestras utilizando procedimientos microbiológicos habituales en muchas condiciones de laboratorio y medios de crecimiento. Se hace un monitoreo diacrónico a los cultivos para detectar un crecimiento de la colonia o cambios químicos que podrían indicar un metabolismo por parte de algún organismo.

Incluso si todas las pruebas mencionadas anteriormente muestran que no hay señales de vida, o son inconclusas, habrá otra serie de pruebas de amenaza biológicas, con el propósito de determinar si existe algo en las muestras que pudiera dañar la vida en la Tierra o en su medio ambiente. Estas pruebas utilizarán cultivos de tejidos y de células, con varias especies representativas para analizar indicios de amenaza biológica: tóxica, patógena, alteración del ciclo de vida, capaz de causar mutaciones, alterando el comportamiento o interrumpiendo los ecosistemas.

Verificar que existe vida en las muestras de Marte sería un descubrimiento profundo y significativo en muchas maneras. La siguiente pregunta obvia nos llevaría a otra comparación con la vida en la Tierra. Todos los organismos que hemos estudiado hasta la fecha tienen el mismo maquillaje biológico y genético, compartiendo el mismo ADN y mostrando relaciones evolutivas en el árbol universal de la vida. ¿Estaría la vida marciana relacionada a la vida de la Tierra, indicando quizás que la vida ha experimentado un viaje entre estos dos planetas? ¿Quizás en meteoritos? O, ¿sería la vida extraterrestre muy distinta, quizás usando otro "alfabeto" de aminoácidos para su código genético, o moléculas completamente distintas para su bioquímica básica? Si vida ha ocurrido al menos dos veces en un sistema solar, ¿podría esto significar que vivimos en un universo "bioamigable", y que se puede encontrar vida también en otros lugares? Todas estas preguntas –y todas las respuestas e interpretaciones potenciales– dependen de cuán cuidadosamente estudiamos las muestras provenientes de lugares como Marte y si somos capaces de reconocer vida cuando la vemos.



Exploración Responsable: Proteger la Tierra y los mundos que exploramos de la contaminación cruzada

¿Qué buscamos para 'ver vida'?

Características Generales de la vida en la Tierra:

Característica:	
Orden	Tiene organización o estructura que es reconocible en cierto nivel (cuerpo, células, tejidos, órganos, moléculas biológicas, etc.)
Usos Energía/Metabolismo	Capaz de tomar energía del ambiente, transformarla y 'usarla'
Crecimiento	Desarrollo o expansión del organismo en tamaño y complejidad
Reproducción	Dar lugar a otros del mismo tipo
Movilidad	Capaz de usar energía para moverse impulsado por sí mismo, sin embargo, de manera sutil.
Responsividad	Los organismos pueden percibir el ambiente y reaccionar ante él.
Herencia	Tienen unidades de herencia, un código genético, que pasa del padre al hijo y que controla los rasgos físicos, químicos y conductual.
Adaptaciones	Los organismos tienen estructuras, comportamiento y capacidades que adaptan su forma de vida al ambiente.
Evolución	Poblaciones de organismos cambian con el tiempo.

Qué se debe buscar en las muestras extraterrestres: Propiedades universales de vida que son "medibles"

- La vida construye y mantiene el orden con estructuras obvias y complejidad molecular.
- La vida tiene distribuciones químicas que se distinguen del ambiente de fondo
- La vida consume energía/metaboliza
- La vida crea productos de desecho
- La vida modifica su medio ambiente (lo que incluye su capacidad de interactuar con otros organismos)

- La vida se reproduce (por medio de un código genético)
- La vida evoluciona (es poco probable que se pueda observar en muestras individuales)

Sobre el autor

La Dra. Margaret S. Race es una ecologista que actualmente está trabajando con la NASA a través del Instituto SETI en Mountain View, CA. Los intereses profesionales de la doctora Race están enfocados en las implicaciones científicas y políticas de proyectos a gran escala, los que involucran áreas de la ciencia, tecnología y desarrollo. Su último trabajo se enfoca en impactos medioambientales, asuntos legales y políticos y en la comunicación riesgosa relacionada a la exploración del Sistema Solar y a la búsqueda de vida extraterrestre. Recientemente, ha servido como miembro de dos estudios mayores del Consejo de Investigación Nacional (NRC, sigla en inglés): uno sobre los asuntos de las muestras de Marte y el otro sobre las muestras de los cuerpos pequeños del Sistema Solar. En los últimos años ha organizado y participado en grupos de trabajo internacionales de la NASA, desarrollando protocolos de protección de contención y planetaria para la próxima misión. A lo largo de su carrera ha estado activamente involucrada en la educación científica y divulgación para escuelas K-12, museos, medios de comunicación y público general.

Además de su nombramiento en el instituto SETI, la Dra. Race es investigadora afiliada al Grupo de Energía y Recursos en la Universidad de California en Berkeley. Anteriormente, fue decano asistente de la Escuela de Recursos Naturales en la Universidad de California en Berkeley, y miembro de la facultad en el Programa Biológico Humano en la Universidad Standford.



Exploración Responsable: Proteger la Tierra y los mundos que exploramos de la contaminación cruzada

Referencias

The Rise of Life on Earth by Richar Monastersky, *National Geographic* vol. 193(3), March 1998, <http://www.nationalgeographic.com/ngm/9803/hilights.html#c>

Life Beyond Earth by Joel Achenbach, excerpts from the January 2000 *NATIONAL GEOGRAPHIC*, <http://www.nationalgeographic.com/ngm/0001/fngm/index.html>

Planetary Protection: Safeguarding Islands of Life by multiple authors *The Planetary Report*. Vol XIV, number 4, July/August 1994, pages 3-23

Astrobiology: Discovering New Worlds of Life by Charles C. James and Cindy Lee Van Dover, *Science Scope*, Nov/Dec 2001, v 25(3) p42-45

Rasgo *Ad Astra* en la Astrobiología: www.astrobiology.com/adastra

En línea están disponibles los 8 artículos respecto a la búsqueda de vida, incluyendo un artículo sobre la Protección Planetaria, **tráiganlos vivos – o al menos con mucho cuidado!** Por Race y Rummel

Puntos especiales *Ad Astra*: **Astrobiología ha llegado** Ene/Feb 2002

6 artículos y dos páginas completas con referencias y sitios en la web sobre la astrobiología. (p 42-43) incluye: **Un sentido de Lugar: El papel de la Protección Planetaria en la Exploración Astrobiológica** por John Rummel y Margaret Race

Actividades

1. El primer artículo de "El Universo en el Aula" presentó una sección llamada "The Activity Corner", que presenta una actividad relacionada con este último asunto sobre la vida en otros mundos. Con todas las criaturas imaginativas que aparecen en las películas de estreno del verano, *La guerra de las galaxias* u *Hombres de Negro*, "Inventar un extraterrestre" es un ejercicio que representará un gran desafío a la imaginación y conocimientos de los estudiantes acerca de la realidad medioambiental de otros mundos: <http://www.astrosociety.org/education/publications/tnl/01/01.html>

2. Al darle un giro diferente a la actividad anterior *Astro-Venutres*, esta se convierte en una investigación educativa, interactiva y astrobiológico. Diseñados para 5-8 grado, los estudiantes se transportan al futuro y llegan a formar parte de un equipo que está en la búsqueda de mundos habitables, incluso tienen la oportunidad de "construir un planeta". <http://astroventure.arc.nasa.gov>

3. Un extraño planeta nuevo http://athena.cornell.edu/educators/lp_05.html

Marte K-12 ASU Programa Educativo 6/99. Adaptado por Breve Educación NASA "EB-112: "Cómo explorar un planeta" How to Explore a Planet" 5/93. **Un extraño planeta nuevo** explica de mejor manera los procesos involucrados en el aprendizaje de la exploración planetaria. Esta actividad demuestra cómo se descubren las características planetarias por medio del uso de técnicas remotas. En esta actividad, el profesor tiene que inventar algunos planetas interesantes para que los estudiantes los exploren.

4. Huellas digitales de la vida

<http://ares.jsc.nasa.gov/Education/websites/astrobiologyeducation/classact.htm>

5. La búsqueda de vida

<http://ares.jsc.nasa.gov/Education/websites/astrobiologyeducation/lookforlife.htm>

La ciencia debe tener una definición de vida. Estas actividades alientan a los estudiantes a pensar sobre las características de vida y la posibilidad de buscar vida en Marte. Las primeras tres actividades de **Destino: Marte** establece un criterio para reconocer vida. Las demás actividades usan un criterio para investigaciones más avanzadas.

6. Destino Marte

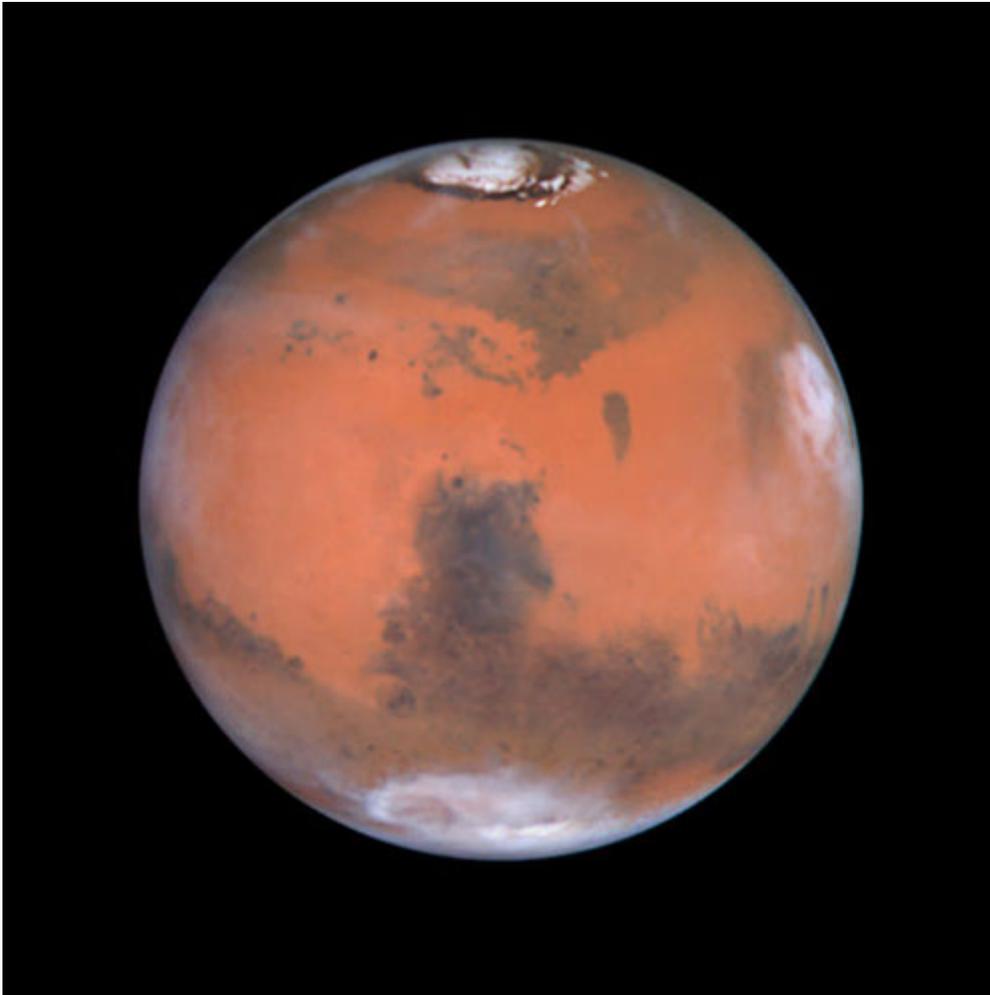
Quinta clase: La búsqueda de vida en Marte

<http://ares.jsc.nasa.gov/Education/activities/destmars/destmars.htm>

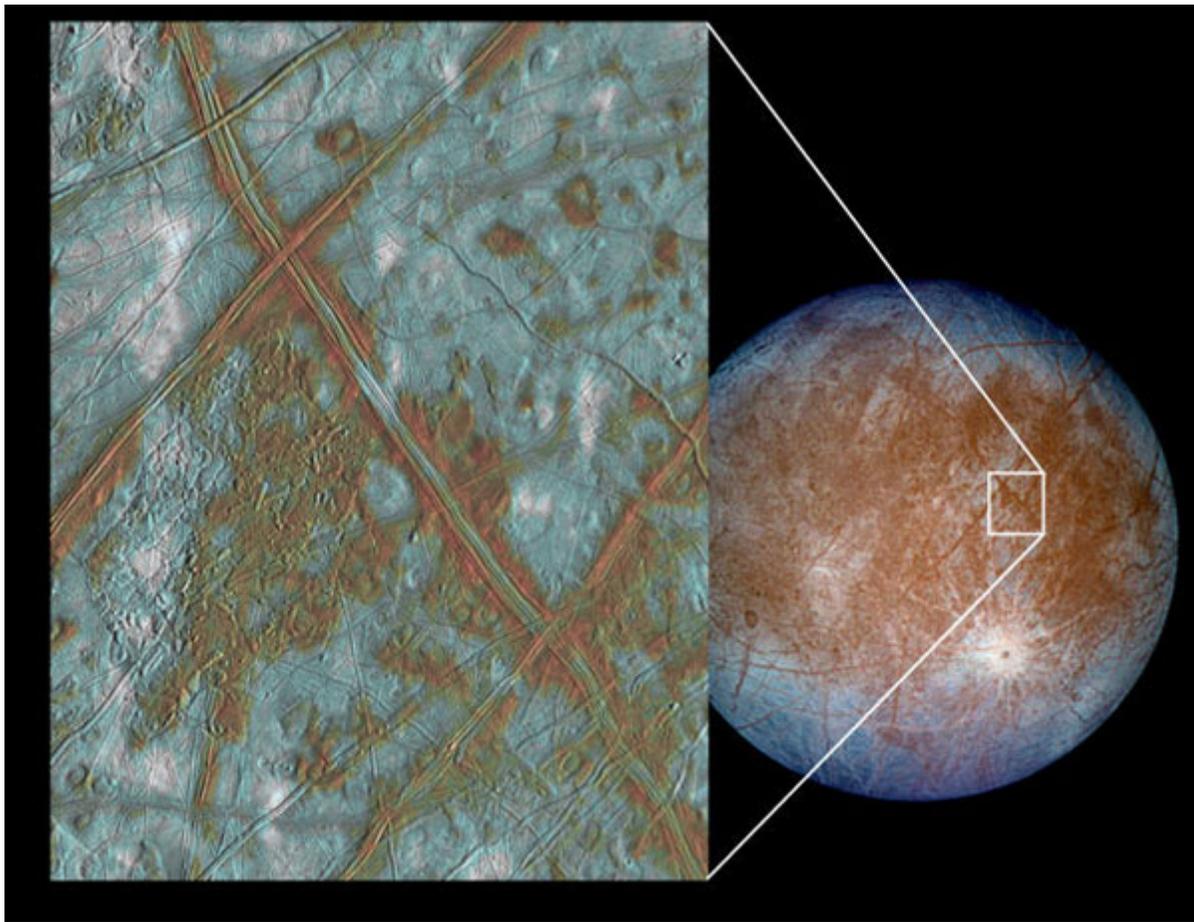
7. ExoQuestes un producto educacional multimedia, desarrollado en el Aula del futuro™ de la NASA. Crea un puente entre los estudiantes, científicos de la NASA y otras organizaciones de investigación, integrando la experiencia y conocimiento de la NASA en los currículos de las escuelas primarias y secundarias. Muchas de las misiones actuales y futuras de la NASA dan apoyo a la investigación en la astrobiología; y con la cooperación de los investigadores, este proyecto refleja y utiliza esta gran información. Para una descripción completa, ir a: <http://www.cotf.edu/ExoQuest/main.html>



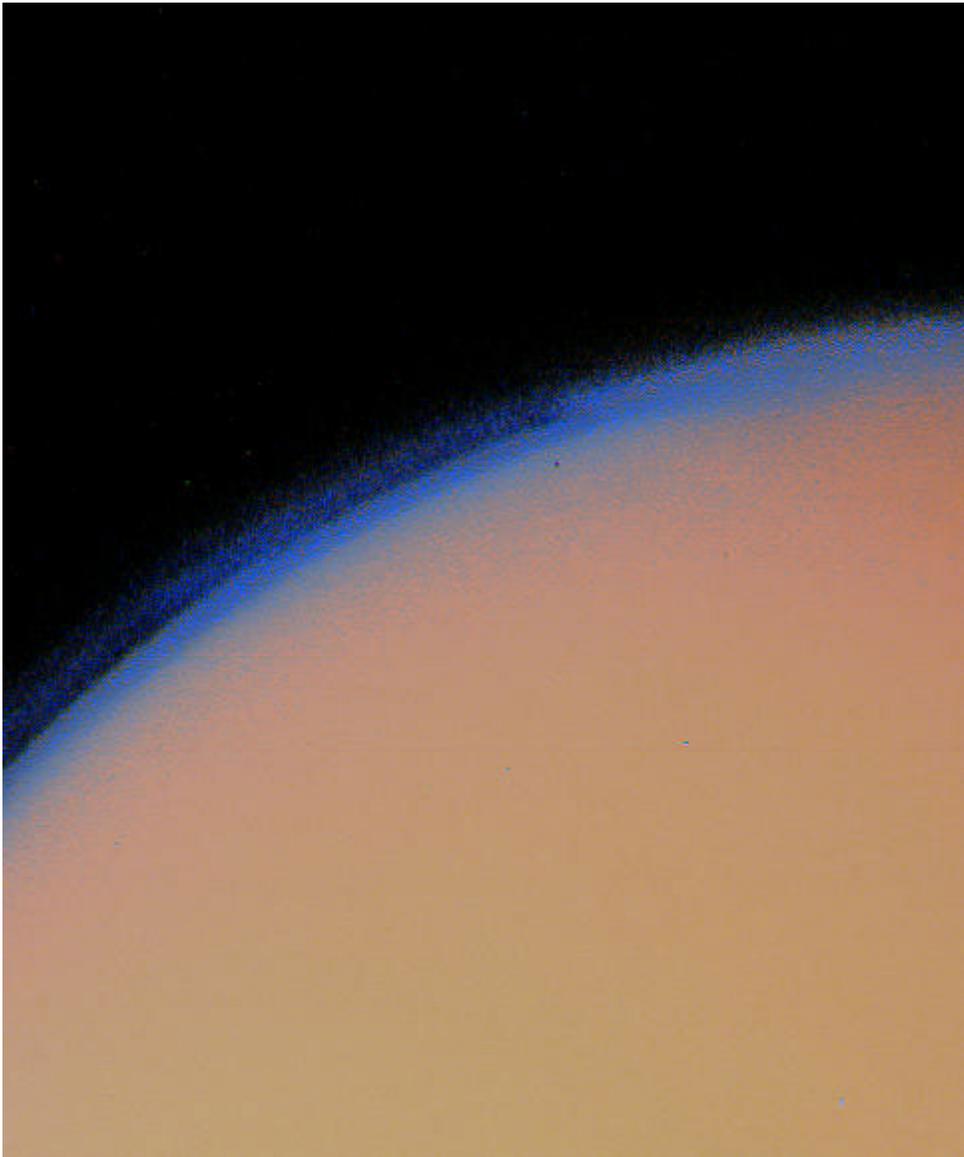
Exploración Responsable: Proteger la Tierra y los mundos que exploramos de la contaminación cruzada



Marte ha capturado por mucho tiempo nuestra imaginación y sigue siendo una meta seria para la exploración humana. Con pruebas de que alguna vez hubo abundante agua en este planeta, tomamos las precauciones máximas cuando exploramos este mundo. Mucho de los nuevos protocolos que se han desarrollado se aplicarán en un futuro cercano, ya que hemos planificado sacar muestras de este planeta y llevarlo a la Tierra.



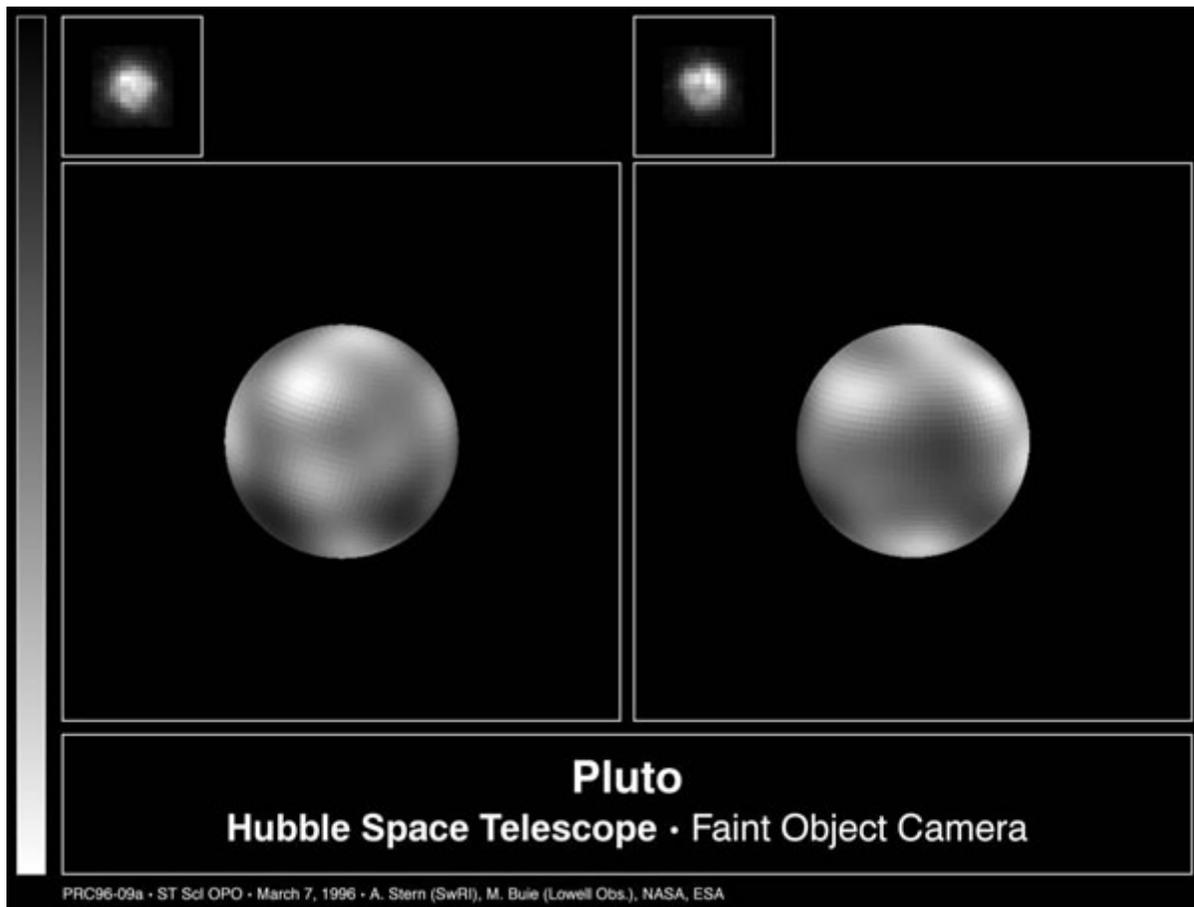
Europa es una luna de Júpiter. Se cree que su superficie congelada tiene un océano de agua debajo entibiado por la fuerza de la marea. El agua y el calor lo convierten en otro candidato para una posible vida.



Titán, la luna más grande de Saturno, tiene una atmósfera de nitrógeno llena de humo y niebla, pero mucho más fría. Cassini lanzará una sonda a través del smog para darnos más información sobre esta curiosa luna.



Eros fue el primer asteroide donde una nave se posó y logró entrar en órbita. Dado su tamaño y posición, no es un posible candidato para cobijar vida. Aunque la nave aterrizó finalmente sobre la superficie, las precauciones para sanitizar la nave fueron mucho menos rigurosas que las que se toman con destinos como Marte.



Plutón es el planeta más distante del Sistema Solar, y parece más un cometa que un planeta. Debido a que siempre se esconde en los bordes congelados del Sistema Solar, no es un posible candidato para la vida. Cualquier nave futura que pueda explorar este distante mundo frío, se armará en cuartos esterilizados, pero no tendrá que pasar por el mismo nivel de sanitización que en el caso de Marte.