



BOLETÍN INFORMATIVO Y DE ANÁLISIS N° 02/2025

Santiago, 22 de enero de 2025

LUNAR TRAILBLAZER

Por Álvaro Aguirre. Director de Asuntos Espaciales. 6 Min. de lectura.



Concepto artístico que representa al Lunar Trailblazer de la NASA en órbita lunar a unas 60 millas (100 kilómetros) de la superficie de la Luna. Fuente: Lockheed Martin Space.

En las diferentes misiones que se realizaron entre los años 2008 al 2010, una serie de descubrimientos llevaron a la conclusión que hay agua en la Luna, ya que durante este periodo se detectó agua y otros elementos volátiles en los vidrios volcánicos lunares, lo que sugería la hidratación del manto.

Con los espectrómetros infrarrojos se observaron OH/H₂O en el lado iluminado por el sol de la Luna, además, el impactador LCROSS confirmó la presencia de hielo de agua en las regiones permanentemente sombreadas de la Luna.

Por lo anterior, se entiende que hay agua en la Luna, pero los científicos solo tienen una idea general de dónde está y en qué forma está, y han visto señales que sugieren que existe incluso donde las temperaturas se elevan en la superficie lunar, por lo que hay buenas razones para creer que se puede encontrar como hielo superficial en cráteres permanentemente sombreados, lugares que no han visto luz solar directa durante miles de millones de años. Pero, hasta ahora, ha habido pocas respuestas definitivas, y una comprensión completa de la

naturaleza del ciclo del agua de la Luna sigue obstinadamente fuera de alcance.

Una misión pionera de la NASA obtendrá algunas respuestas, cuando el Lunar Trailblazer de la NASA comience a orbitar la Luna, lo que ayudará a resolver un misterio perdurable: ¿Dónde está el agua de la Luna?

Seleccionado por el programa de Pequeñas Misiones Innovadoras para la Exploración Planetaria (SIMPLEX) de la NASA en 2019, Lunar Trailblazer mapeará la distribución de las diferentes formas de agua que existen en la superficie de la Luna, lo que ayudará a los científicos a comprender mejor el ciclo lunar del agua e informar a las futuras misiones humanas sobre dónde se pueden encontrar y extraer suministros de agua como recurso.

Utilizando la información de Lunar Trailblazer, futuras investigaciones científicas humanas o robóticas podrían tomar muestras del hielo para su posterior estudio y determinar de dónde proviene el agua. Por ejemplo, la presencia de amoníaco en muestras de hielo puede indicar que el agua provino de cometas, el azufre, por otro lado, podría mostrar que fue ventilado a la superficie desde el interior lunar cuando la Luna era joven y volcánicamente activa.

Las fuentes de agua lunar pueden incluir:

- Agua interna del manto, presente en la formación y liberada por procesos geológicos subsuperficiales
- Agua externa, entregada por asteroides y cometas a lo largo de la historia lunar
- in situ, creado en la superficie por interacciones con el plasma del viento solar.

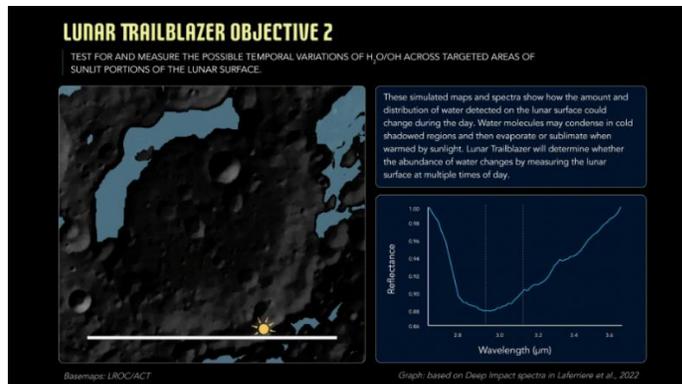
Objetivos.

Comprender si las moléculas de agua se mueven libremente a través de la superficie de la Luna o están encerradas dentro de la roca también es científicamente importante. Las moléculas de agua

podrían moverse de "trampas frías" heladas a otros lugares a lo largo del día lunar. La escarcha calentada por el Sol se sublima (pasando de hielo sólido a gas sin pasar por una fase líquida), lo que permite que las moléculas se muevan como gas a otros lugares fríos, donde podrían formar nueva escarcha a medida que el Sol se mueve por encima. Saber cómo se mueve el agua en la Luna también podría conducir a nuevos conocimientos sobre los ciclos del agua en otros cuerpos sin aire, como los asteroides.

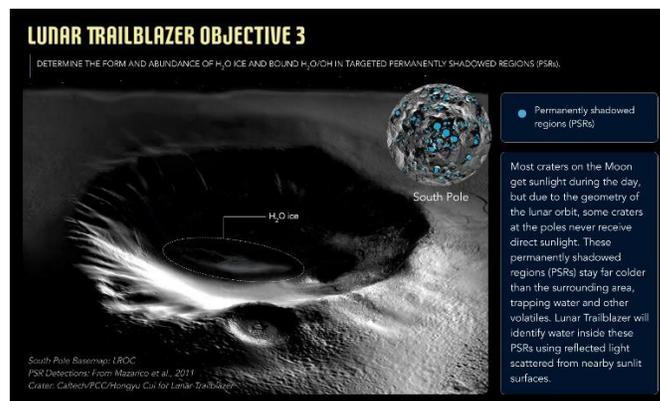
una evaluación global de qué reservorios magmáticos están enriquecidos en agua, y si están correlacionados con otros elementos incompatibles. Estos resultados proporcionarían nueva información para comprender la evolución térmica de la Luna.

Objetivo 2: Evaluar la variabilidad temporal de los volátiles lunares.

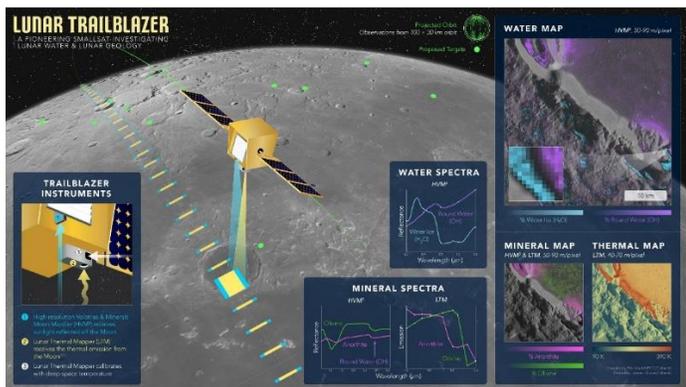


Las mediciones anteriores sugieren que una parte del agua o los productos hidratados en la superficie de la luna dependen del tiempo, lo que implica la creación activa y la destrucción de enlaces químicos. Dicha actividad podría ser impulsada por procesos solares y/o movilidad de volátiles en la superficie actual, en respuesta a gradientes térmicos. Trailblazer busca caracterizar la variabilidad temporal moderna y su posible correlación con la mineralogía y la madurez del suelo.

Objetivo 3: Determinar la forma y abundancia de hielo, H₂O unido y OH en regiones permanentemente sombreadas (PSRs).

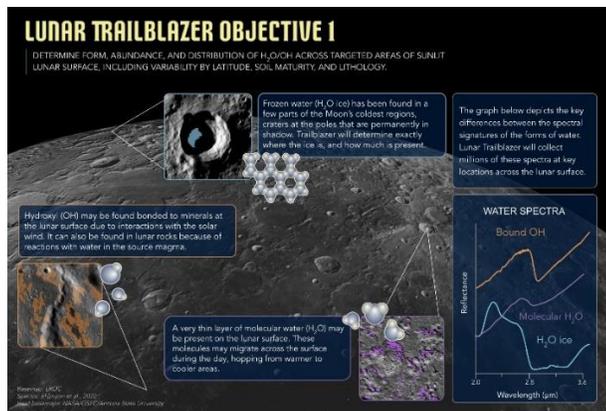


En los polos de la Luna hay regiones que están permanentemente en sombra, que se ha hipotetizado



Infografía de la estrategia de adquisición de datos de Lunar Trailblazer. Crédito: Filo Merid (PCC/Caltech).

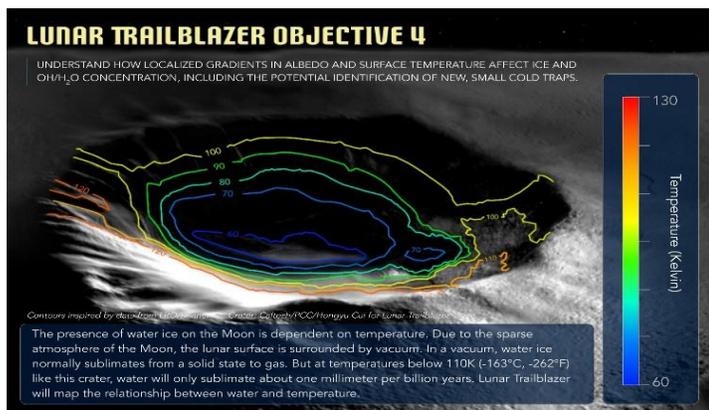
Objetivo 1: Determinar la forma, abundancia y distribución de H₂O y OH en terrenos iluminados por el sol.



Trailblazer determinará la forma del agua (OH vs. H₂O ligado vs. H₂O hielo), cuánta está presente y su distribución en el lado iluminado por el sol de la Luna. Una correlación entre los aumentos localizados de agua con domos silícicos, vidrios piroclásticos y noritas y anortositas de origen profundo podría sugerir que el agua es endógena, proporcionando

que contienen hielo de agua que podría albergar contenido orgánico. Comprender la cantidad de hielo de agua presente, su forma, pureza y contexto geológico y topográfico es crucial para comprender el papel de estos reservorios en el ciclo del agua lunar, o como recursos para futuros exploradores.

Objetivo 4: Comprender cómo los gradientes localizados en el albedo y la temperatura de la superficie afectan al hielo y a la concentración de OH/H₂O.



La posible covariación de la temperatura y el tipo y abundancia volátiles puede ayudar a explicar el comportamiento del agua lunar y limitar la vida útil de los depósitos de hielo. Además, la topografía a pequeña escala y los parámetros termofísicos de la superficie pueden influir en las propiedades del agua y en su estabilidad y accesibilidad. Los datos de temperatura de alta resolución espacial de Trailblazer ayudarán a determinar cómo funcionan los ciclos del agua en cuerpos sin aire.

Dimensiones e instrumentos del Lunar Trailblazer.

Con un peso de solo 200 kilogramos y una medida de 3,5 metros de ancho cuando sus paneles solares estén completamente desplegados, Lunar Trailblazer orbitará la Luna a unos 100 kilómetros de la superficie.

Dos instrumentos científicos a bordo de la nave espacial ayudarán a descubrir estos secretos: el espectrómetro infrarrojo de alta resolución Volatiles and Minerals Moon Mapper (HVM3) y el generador

de imágenes multispectrales infrarrojas Lunar Thermal Mapper (LTM).

HVM3 detectará y mapeará las huellas espectrales, o longitudes de onda de la luz solar reflejada, de los minerales y las diferentes formas de agua en la superficie lunar. El espectrómetro puede utilizar la tenue luz reflejada de las paredes de los cráteres para ver el suelo de los cráteres incluso permanentemente sombreados.

El instrumento LTM, mapeará los minerales y las propiedades térmicas del mismo paisaje lunar. Juntos crearán una imagen de la abundancia, la ubicación y la forma del agua, al tiempo que rastrearán cómo cambia su distribución con el tiempo.

Ambos instrumentos permitirán comprender cómo la temperatura de la superficie afecta al agua, mejorando el conocimiento de la presencia y distribución de estas moléculas en la Luna.

Con estos instrumentos Lunar Trailblazer, mapeará el agua superficial de la Luna con un detalle sin precedentes para determinar la abundancia, la ubicación, la forma y cómo cambia con el tiempo.

Conclusión.

El satélite será lanzado al espacio en el mismo lanzamiento que se realice el de la nave Intuitive Machines-2 a la Luna inicialmente en enero del presente año 2025.

A la fecha, Lunar Trailblazer pasó una revisión crítica de preparación operativa a principios de octubre en Caltech después de completar las pruebas ambientales en agosto en Lockheed Martin Space en Littleton, Colorado, donde se ensambló.

Con la información precisa del agua en la Luna, los futuros exploradores podrán procesar el hielo lunar para crear oxígeno respirable o incluso combustible, y también para hacer ciencia.

AAW, información obtenida de fuentes abiertas.

trailblazer.caltech.edu/objectives.html

nasa.gov/missions/small-satellite-missions/lunar-trailblazer

nasa.gov/missions/small-satellite-missions/lunar-trailblazer