

Más revelaciones de JunoCam

LOS CRÁTERES DE GANÍMEDES

Autor: Dr. Guillermo Abramson. Centro Atómico Bariloche, CONICET e Instituto Balseiro.
guillermoabramson.blogspot.com

01



NASA/K. Gill

Como parte de una misión de la NASA a Júpiter, la cámara JunoCam, a bordo de la sonda Juno, ha sido tan exitosa y resistente que sigue operando cuatro años después de la fecha en la que se esperaba que dejara de funcionar. Entre otras cosas, el procesado de sus imágenes ha permitido descubrir curiosos cráteres y formaciones geológicas que incluyen una tectónica de placas de hielo.

El robot Juno, en órbita de Júpiter desde 2016, ha cumplido hace rato sus objetivos primarios: el estudio de las profundidades de Júpiter, incluyendo su misterioso núcleo y su dinámica atmosférica por debajo de los coloridos remolinos que vemos desde afuera. Como si fuera la mitológica esposa celosa de Júpiter, Juno se proponía espiar debajo del velo nuboso del príncipe de los dioses olímpicos. Para su trabajo llevaría un impresionante juego de instrumentos que observan radiación invisible: un radiómetro de microondas y un espectrómetro infrarrojo para escudriñar las profundidades de la atmósfera joviana, un

magnetómetro para mapear la inmensa magnetósfera del gigante y su origen en las profundidades del núcleo, un espectrógrafo ultravioleta para observar las auroras polares, detectores de partículas y plasma.

Cuando se diseñó la misión, Juno ni siquiera iba a llevar una cámara. Pero, ¿vas a ir a Júpiter sin una cámara? ¡Sería como ir a Venecia sin una cámara! Así que Juno finalmente llevó también una cámara, JunoCam, un instrumento esencialmente igual a la cámara MARDI diseñada para el *rover* marciano Curiosity, pero reforzada para el ambiente muy radiactivo de Júpiter.

Inicialmente, JunoCam sería parte del programa de



“Algunos cráteres parecen tener depresiones en el centro. Esto llama la atención de los aficionados a la observación lunar, porque estamos acostumbrados a que, en el medio de los cráteres, haya montañas y no pozos.”

relaciones con el público que todas las misiones de exploración espacial desarrollan en forma paralela a su trabajo científico. Pero ha sido tan exitosa y resistente (sigue operando cuatro años después de su fecha esperada de falla) que ha sido utilizada también para el estudio científico de la atmósfera superior de Júpiter, particularmente de la cadena de ciclones circumpolares y de la interacción entre la famosa Gran Mancha Roja y sus regiones circundantes.

En 2018, tras una docena de órbitas, Juno ya había cumplido sus principales objetivos científicos. Pero la mayor parte de sus instrumentos seguía funcionando a la perfección, de modo que la NASA aprobó la ex-

tensión de la misión, que durará hasta septiembre de 2025. Al llegar a Júpiter, Juno había realizado dos órbitas preliminares al cabo de las cuales debía hacer un cambio para alcanzar una órbita de trabajo. Sin embargo, por una posible falla del motor principal, se decidió no modificar la órbita de llegada. Afortunadamente, esto no solo no alteró la misión científica, sino que, a pesar de someter a la nave a mayores niveles de radiación, permitió estudiar regiones de la magnetósfera no previstas originalmente. Y también, ya que esta órbita es más amplia que la planeada, permitirá sobrevolar tres de las grandes lunas, que llevan nombres de algunos de los abundantes amoríos del dios: Ío, Europa y Ganímedes. Así que Juno, como la celosa consorte mítica del dios, ahora va a controlar de cerca a sus amantes.

A pedido de los dioses

El primero en ser sobrevolado ha sido Ganímedes, en junio de 2021. El Ganímedes mitológico era un hermoso chico troyano, que fue secuestrado por Zeus/Júpiter para convertirlo en mozo del Olimpo. Según otra versión del mito, el muchacho no fue secuestrado sino comprado, lo cual no sé si es mejor o peor. La cuestión es que Zeus, enamorado, se convirtió en águila, lo raptó y se lo llevó al Olimpo para que sirviera el divino néctar y la inigualable ambrosía. Era-



04

NASA/LRO.



01 *Ganímedes fotografiado por JunoCam el 7 de junio de 2021, desde una distancia de 1038 km. Imagen procesada por Kevin Gill (unmannedspaceflight.com) en base a datos de NASA/JPL/Juno.*

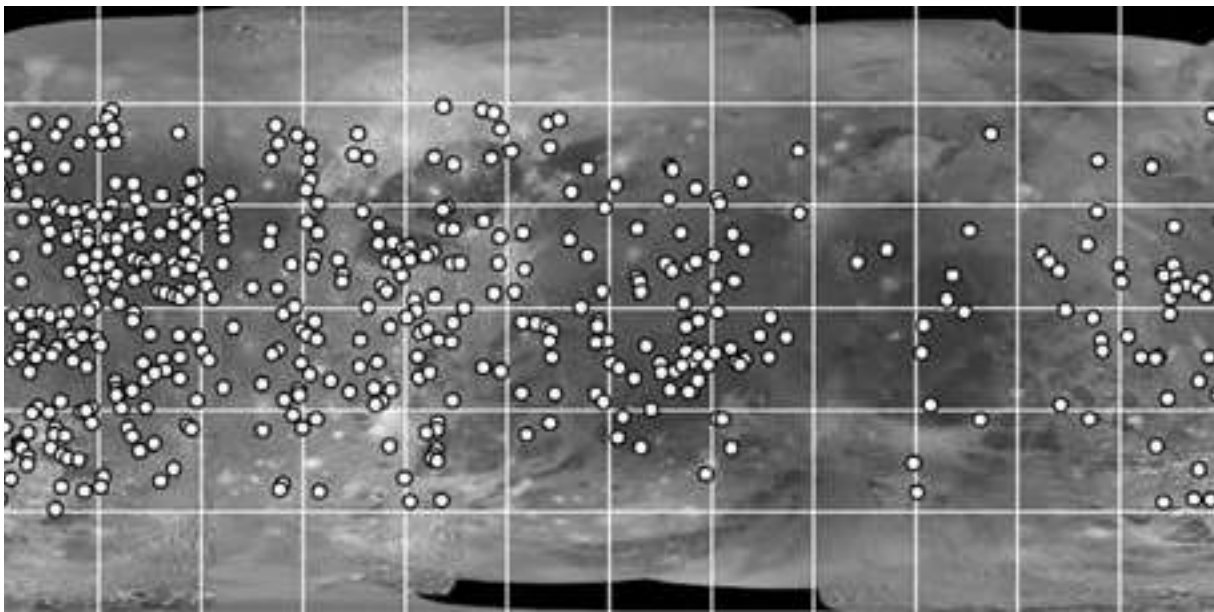
02 *Ganímedes sirviendo néctar a Zeus, en la decoración de un cáliz ático (ca. 490 a.C.).*

03 *Detalle de la imagen de la figura 01. El cráter Tros, que lleva el nombre del padre del Ganimedes mitológico, muestra un amplio faldón de material claro excavado por el impacto, y un gran pozo central (la luz viene desde la derecha). Vemos a su alrededor el típico terreno arrugado y fracturado, cuyo origen es posiblemente tectónico.*

04 *El cráter Tycho en la Luna, con su característica montaña central (la luz viene desde la derecha).*

05

NASA/Alzate y Barlow.



"¿Será Ganímedes, y no Marte, Europa o Encélado, el mejor lugar del sistema solar para encontrar vida extraterrestre? En todo caso, su estudio contribuirá al entendimiento de los entornos habitables."

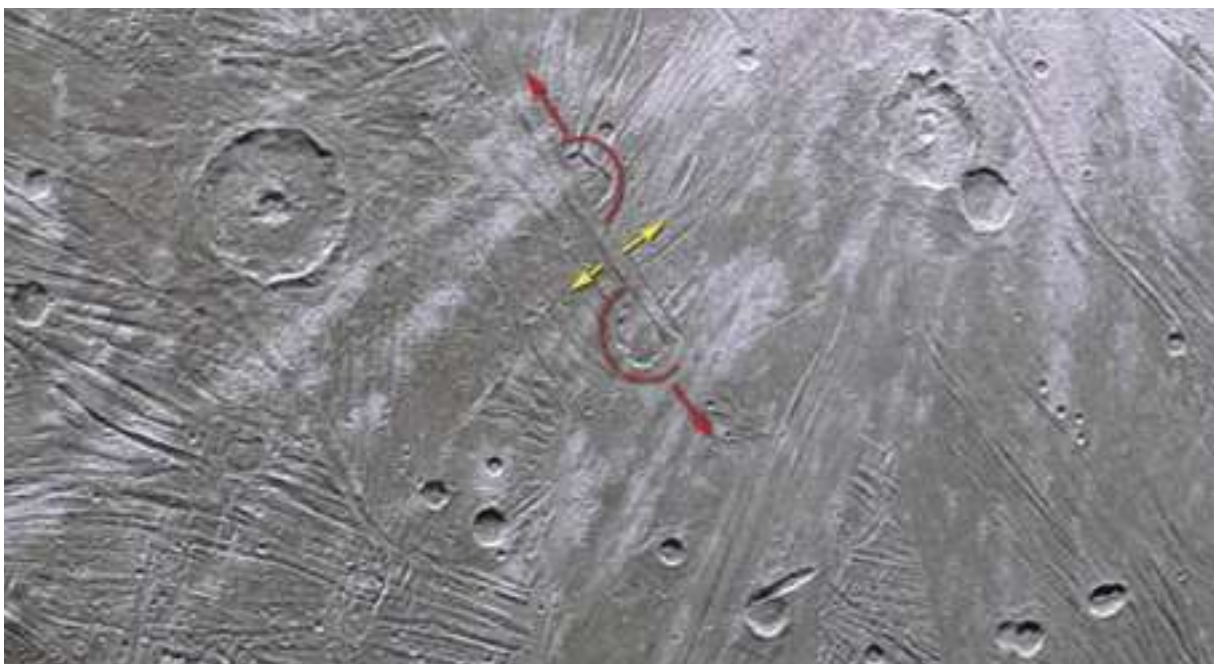
05 Mapa de Ganímedes, con los cráteres con pozos centrales marcados. Ni en Ganímedes ni en Marte el fenómeno parece concentrarse en unidades geológicas específicas. La menor concentración en el hemisferio oriental se debe a una menor resolución de la imagen.

06 Un detalle de la imagen de la figura 01 muestra el resultado de la actividad geológica de la corteza de hielo de Ganímedes. El cráter señalado aparece seccionado por el movimiento del hielo en direcciones opuestas: una falla de rumbo (flechas rojas), cuyos bordes luego se separaron por un desgarre de extensión (flechas amarillas).

07 Cinturones de auroras en Ganímedes, observados por el Telescopio Espacial Hubble en radiación ultravioleta (pintados de azul en esta imagen), superpuestos a una imagen obtenida por la nave Galileo en órbita de Júpiter.

06

NASA



tóstenes de Cirene (el mismo que hace 23 siglos midió la circunferencia de la Tierra) dice en los *Catasterismos* que la constelación de Acuario bien podría ser Ganimedes, sirviendo no agua sino la bebida de los dioses. Después de todo, la constelación del Águila —que es uno de los atributos de Zeus— se encuentra junto a él en el cielo.

Aunque el sistema óptico de JunoCam tiene un campo demasiado amplio como para resolver pequeños detalles superficiales de los satélites, el resultado ha sido extraordinario. Las imágenes crudas de JunoCam no son fáciles de procesar, porque la cámara está fija al chasis de la nave, que va rotando a medida que hace la exposición. Pero los aficionados que participan activamente en el foro *unmannedspaceflight.com* hacen maravillas, como podemos ver en la figura 01.

Si observamos atentamente esa imagen, veremos que algunos cráteres parecen tener depresiones en el centro; por ejemplo, varios de los que se ven en el recorte que mostramos en la figura 03, incluso el notable Tros en medio de la foto (la luz viene desde la derecha). Esto llama la atención de los aficionados a la observación lunar porque estamos acostumbrados a que, en el medio de los cráteres, haya montañas y no pozos. Un caso notable es la gran montaña en medio del cráter lunar Tycho, que se eleva 1600 metros sobre el fondo plano que la rodea (figura 04, con la luz también desde la derecha).

Por cierto, este tipo de cráteres ya se conocía desde el sobrevuelo de la sonda Voyager en 1979. Y no solo Ganimedes tiene cráteres con pozos centrales, sino también la otra gran luna de Júpiter, Calisto, e incluso el planeta Marte. Se cree que su formación obedece a la gran cantidad de sustancias volátiles en el material excavado en el impacto. Si los comparamos con los de la Luna o Mercurio, por ejemplo, allí los cráteres solo tienen picos centrales.

Si bien muchos detalles todavía se discuten entre los especialistas, se sabe que son muy abundantes. La figura 05 muestra un mapa con todos los cráteres de Ganimedes (con diámetros entre 5 y 160 km) con pozos centrales. La aparente menor concentración en el hemisferio oriental se debe a que la imagen tiene allí menor resolución. El fenómeno no parece asociado a

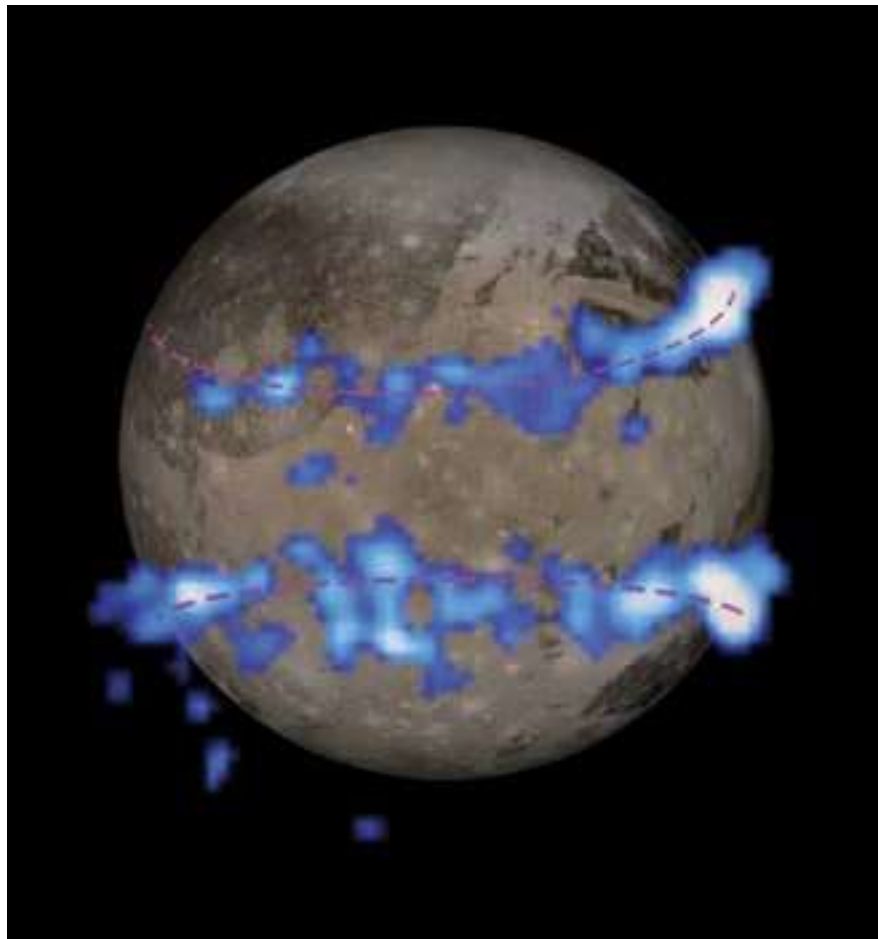
formaciones geológicas específicas, y lo mismo ocurre en Marte. Curiosamente, los cráteres con picos aparecen igualmente distribuidos que los que tienen pozos, y están mezclados con ellos.

Ganimedes es un mundo enorme. Con un diámetro de 5300 km es más grande que el planeta Mercurio y tiene una geología fascinante. Una simple inspección de las imágenes obtenidas por JunoCam nos revela más cosas destacables, que seguramente mantendrán ocupados a los geólogos por mucho tiempo. El satélite tiene una tectónica de placas de hielo, en lugar de rocas de silicato, como en la Tierra, con las fallas y los desplazamientos todos a la vista. Un ejemplo notable es el de la figura 06, donde vemos un cráter que fue cortado en dos y desplazado por una o un par de fallas.

Condiciones compatibles con vida microbiana

En 1998 el Telescopio Espacial Hubble descubrió allí la existencia de dos óvalos de auroras polares (figura 07), similares a los de la Tierra, Júpiter y otros mundos con un campo magnético. En un cuerpo de hielo del tamaño de Ganimedes, este fenómeno solo puede ocurrir con un océano salado subglacial, como el que el robot Galileo también observó en otra luna de Júpiter, Europa. Observaciones adicionales, reanalizadas recientemente, mostraron que Ganimedes tiene una (muy tenue) atmósfera

07



NASA/ESA/HST y NASA/JPL/Galileo



de vapor de agua y oxígeno, que parece escapar de regiones de hielo relativamente tibio. A pesar del tremendo frío de su superficie (alrededor de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$), debe existir en las profundidades abundante agua líquida, incluso caliente. El océano de Ganímedes podría ser el mayor cuerpo de agua líquida del sistema solar, y es posible que, en la región de contacto entre el agua y el manto de roca subyacente, existan condiciones compatibles con la vida microbiana, similar a la de las dorsales mediooceánicas de la Tierra.

¿Será Ganímedes, y no Marte, o Europa, o Encélado en Saturno, el mejor lugar del sistema solar para encontrar vida extraterrestre? En todo caso, su estudio contribuirá al entendimiento de los entornos habitables y a cómo se forman y evolucionan los planetas gigantes y sus sistemas de satélites.

El plan de vuelo de Juno seguirá con un sobrevuelo muy rasante, a apenas 320 km sobre la superficie de la helada Europa, en septiembre de 2022. Este encuentro orbital modificará la órbita de Juno de 53 a 33 días en torno a Júpiter, lo que permitirá dos sobrevuelos a la volcánica luna Ío, en 2023 y 2024. Esto será relevante en el diseño de las venideras exploraciones de estos munditos en busca de vida subglacial,

08 *Imagen de comparación: Tierra (NASA/Apollo 17), Ganímedes (NASA/JPL/Galileo) y Luna (G. Abramson).*

como la *JUICE* (*JUpiter ICy moons Explorer*; o explorador de las lunas heladas de Júpiter), de la Agencia Espacial Europea, que despegará el próximo año; y el Europa Clipper, de la NASA, que partirá en 2024 para estudiar específicamente el satélite Europa. El fin de la misión Juno, por ahora, está previsto para septiembre de 2025, mediante la autodestrucción de la nave en la atmósfera de Júpiter, para proteger el ambiente de los satélites. ■

Referencias

- N. Alzate y N. G. Barlow, Central pit craters on Ganymede, *Icarus* 211:1274–1283 (2011).
- N. G. Barlow et al., Comparison of central pit craters on Mars, Mercury, Ganymede and the Saturnian satellites, *Meteoritics & Planetary Science* 52:1371–1387 (2017).
- L. Roth et al., A sublimated water atmosphere on Ganymede detected from Hubble Space Telescope observations, *Nature Astronomy* (2021) (doi: 10.1038/s41550-021-01426-9).