

SI MUOVE

NÚMERO 20 - VERANO 2020 / 2021

Transmisiones en vivo

ENCUENTROS DE CIENCIA

Científicos, especialistas y divulgadores de ciencia

#PLANETARIOVIRTUAL

 **YouTube**
Planetario BA

facebook

PLANETARIO
Galileo Galilei · Buenos Aires

SI MUOVE

NÚMERO 20 - VERANO 2020 / 2021

Revista de divulgación científica del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei
Av. Sarmiento 2601 - C1425FGA - CABA
Teléfonos: 4772-9265 / 4771-6629

STAFF

EDITORIA RESPONSABLE
VERÓNICA ESPINO

DIRECTOR PERIODÍSTICO
DIEGO LUIS HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE ARTE Y DISEÑO
ALFREDO MAESTRONI

SECRETARIO DE REDACCIÓN
MARIANO RIBAS

REDACTORES DE ESTA EDICIÓN
MAXIMILIANO C. L. ROCCA
SIXTO GIMÉNEZ BENÍTEZ
GUSTAVO CORRADO
NATALIA ROSSIGNOLI

COLABORADORES
Alberto Russomando, Guillermo Abramson,
Andrea Anfossi, Carlos Di Nallo, Cristian
López, Franco Meconi, Ana Inés Pegoraro,
Daniel Acevedo, Matías Tomasello, Leonardo
Julio, Alejandro Antognoni, Ignacio Díaz
Bobillo, Sergio Eguivar, Ezequiel Bellocchio,
Alejandro Tombolini, Andrés Vattuone,
Gastón Ferreirós.

CORRECTORES
Walter Germaná, Natalia Jaoand.

FOTO DE TAPA
Nube Mayor de Magallanes. 15/02/2020.
62 tomas de 50 segundos cada una.
Autor: Mariano Ribas.

AGRADECIMIENTOS
Xavier Jubier, NASA, ESO, JAXA, Instituto Argentino de Radioastronomía.

ISSN 2422-8095

Reservados todos los derechos. Está permitida la reproducción, distribución, comunicación pública y utilización, total o parcial, de los contenidos de esta revista, en cualquier forma o modalidad, con la condición de mencionar la fuente. Está prohibida toda reproducción, y/o puesta a disposición como resúmenes, reseñas o revistas de prensa con fines comerciales, directa o indirectamente lucrativos. Registro de la Propiedad Intelectual en trámite.



Buenos Aires Ciudad

Ministerio de Educación

JeFe de Gobierno: Horacio Rodríguez Larreta
Ministra de Educación: María Soledad Acuña
Subsecretario de Tecnología Educativa
y Sustentabilidad: Santiago Andrés
GO del Planetario: Verónica Espino



A. Vattuone, G. Ferreirós, A. Tombolini

EDITORIAL

Hace 9 años, durante el invierno de 2011 y luego de una larga planificación, un nuevo canal de comunicación se abrió entre el Planetario de la Ciudad de Buenos Aires y todas aquellas personas interesadas en la astronomía: nacía SI MUOVE, nuestra revista de divulgación. Hoy tenemos la fortuna de publicar nuestra edición número 20. Algunas cosas han cambiado en todo este tiempo. Hoy contamos con la posibilidad de tener una publicación online en la plataforma de ISSUU, que facilita el acceso y nos permite leerla desde nuestros dispositivos móviles, y la alternativa de descargarla desde nuestra página web.

Durante el transcurso de estos años, fue posible llevar adelante esta publicación gracias al aporte de científicos, investigadores, periodistas, aficionados, fotógrafos y divulgadores de nuestra propia institución que aportaron material y contenido de divulgación de diversos temas con distinto grado de análisis y profundidad, para que quienes tenían afición por la astronomía pudieran interiorizarse en las últimas novedades en materia astronómica.

Muchas cosas han cambiado en 20 ediciones, pero lo que siempre se mantuvo constante fue el compromiso, entusiasmo y trabajo de quienes hacen posible nuestra revista de divulgación.

Quiero mencionar especialmente a nuestro Director Periodístico Diego Luis Hernández, Director de Arte Alfredo Maestroni, Secretario de Redacción Mariano Ribas, y a todos los redactores, correctores y colaboradores de cada edición, que son el motor que impulsa cada publicación y mantiene vivo su espíritu. *Eppur SI MUOVE...* “y sin embargo se mueve”.

Verónica Espino

Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

Código Spotify



Código QR



Página web / Correo electrónico
www.planetario.gob.ar
planetario@buenosaires.gob.ar

SUMARIO

- 03 Editorial.
- 06 Eclipse total de Sol del 14 de diciembre de 2020.
- 11 Rocas vivas.
- 14 Touch and go.
- 15 Cráteres: impacto en la Patagonia.
- 19 El Shincal de Quimivil.
- 24 La Nube Mayor de Magallanes.
- 33 Los satélites de Saturno.
- 40 Cometas: las 8 maravillas.
- 46 La Luna y ...



Andrea Anfossi

46 La Luna y ...

11 Rocas vivas.

NASA-GSFC/Maggie McAdam



A. Fujii, D. Malin

Cometas:
las 8 maravillas. 40



24 La Nube Mayor
de Magallanes.

01

Franco Meconi



14 de diciembre de 2020

LA NOCHE AL MEDIODÍA

Autor: *Diego Luis Hernández, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.*

02

Andrea Anfossi



El eclipse total de Sol del 2 de julio de 2019 fue inolvidable, pero ya pasó. Afortunadamente, para quienes puedan tener acceso a la franja de totalidad, el próximo 14 de diciembre habrá otro eclipse de Sol, con características, horarios y lugares diferentes.

Técnicamente, parece el eclipse perfecto. Comenzará en el océano Pacífico, finalizará en el Atlántico, muy cerca de la costa sur de África, y en su momento culminante la sombra transitará justo por el centro de la provincia de Río Negro, al norte de la Patagonia. Eso significa que quienes se encuentren en ese lugar, y también un poco más al oeste, cerca de Piedra del Águila, en Neuquén; o de Las Grutas y San Antonio Oeste, sobre la costa, verán la parte principal del eclipse al mediodía, con el Sol a una altura de 70° sobre el horizonte.

La mayoría de nosotros está viviendo esto con mucha incertidumbre. Si bien es un inconveniente absolutamente menor a los que ha ocasionado la pandemia, los aficionados a la astronomía vemos pasar el tiempo y la fecha del eclipse se acerca sin que podamos tener la seguridad de que podamos viajar para observarlo. Pero quienes viven en esa región o cerca de ella, a prepararse

para uno de los espectáculos más impresionantes de la naturaleza.

Para quienes estén cerca de la cordillera, el eclipse comenzará poco antes de las 11:45; la totalidad será entre las 13:06 y 13:08 (con dos minutos de diferencia entre Junín de los Andes y Piedra del Águila); y el final se dará hacia las 14:36. Para quienes estén cerca de la costa, todo ocurrirá unos 10 minutos después.

La principal diferencia con el eclipse anterior radica en

01 *Eclipse total de Sol del 2 de julio de 2019 visto desde la sierra de los Comechingones, en la localidad de Merlo, San Luis.*

02 *El momento en el que se produce el “anillo de diamantes”, cuando el último rayo de luz solar se oculta por detrás de la Luna, instantes antes de la totalidad, durante un eclipse visto en Madras, Oregon, EE.UU., el 21 de agosto de 2017.*



que el de 2019 se dio muy cerca del atardecer, con el Sol y la Luna muy bajos. Quienes fuimos a San Luis, San Juan o algún lugar de Córdoba, Santa Fe o Buenos Aires, vimos la totalidad muy cerca del horizonte, y eso, sin saberlo de antemano, nos permitió disfrutar del entorno de una manera muy particular.

Ahora, en diciembre de 2020, cerca del comienzo del verano, con la totalidad al mediodía y el Sol bien elevado, el espectáculo será distinto. No podemos afirmar si será mejor o peor; pero seguramente, será diferente. Fuera de la zona de la totalidad, el 14 de diciembre se podrá apreciar un eclipse parcial desde todo el resto del territorio argentino, y también en Chile, Uruguay, Paraguay, Bolivia, Perú y parte de Brasil y Ecuador. La porción del Sol cubierto por la Luna será menor mientras más al norte o más al sur nos encontremos de la

franja central.

Así, en Viedma será del 99,9%; en Mar del Plata, 87%; en Buenos Aires, 74%; en Rosario, 68%; en Córdoba, 64%; en Salta, 40%; y en Iguazú, 38%. Yendo hacia el sur, en Bariloche será del 96%; en Puerto Madryn, 94%; en Esquel, 89%; en Comodoro Rivadavia, 81%; en El Chaltén, 65%; y en Ushuaia, 50%. Por su parte, en Chile la totalidad será visible en la región de La Araucanía, al sur de Temuco, y en torno al volcán Villarrica.

Aunque estén muy cerca, por ejemplo, en Viedma, no hay que conformarse con ese 99,9%. Ese 0,1% que falta es la diferencia entre ver un eclipse total, con todo lo que significa, y no verlo.

El siguiente eclipse total de Sol visible en nuestro país será en 2048, aunque antes habrá tres eclipses anulares, en 2024, 2027 y 2034 (ver mapas en la edición N° 17 de Si Muove, página 11).

“Después del eclipse total del 14 de diciembre de 2020 habrá que esperar hasta 2048 para ver uno similar en nuestro país, ya que los de 2024, 2027 y 2034 serán anulares.”

03 La corona, la atmósfera solar externa, con más de 1.000.000° de temperatura, solo se puede apreciar a simple vista durante un eclipse total como el del 2 de julio de 2019.

04 Algunas protuberancias solares “asoman” durante la totalidad del eclipse del 2 de julio de 2019.



Mayores precauciones

Observar el Sol en forma directa siempre es peligroso y puede causar daños irreversibles a nuestra vista. Es muy importante tomar las precauciones necesarias, esta vez, no solo para protegernos y buscar el mejor lugar posible, sino para no correr riesgos innecesarios y no seguir propagando el virus. Siempre es mejor compartir un eclipse con amistades, familiares o con otros aficionados y aficionadas a la astronomía. Pero en este caso, habrá que estar al menos dos metros separados entre una persona y otra, y no compartir objetos como anteojos, binoculares o telescopios. Cada uno deberá tener sus elementos.

Fundamentalmente, en este tipo de fenómenos lo más interesante es contar con los anteojitos especiales para observar eclipses. Tengamos en cuenta que el momento de la totalidad podemos disfrutarlo a simple vista, sin necesidad de ningún instrumento ni protección. Allí podremos ver la corona solar, algo que solo puede apreciarse durante la totalidad de un eclipse de Sol. También es recomendable tomarse unos segundos durante la totalidad para prestar atención al entorno: el avance de la sombra, la oscuridad, los colores del cielo, la aparición de planetas y estrellas brillantes¹, el silencio repentino de las aves, el descenso de la temperatura.

Un eclipse total de Sol es uno de los eventos de la naturaleza más espectaculares que podemos observar, pero por sus características, pueden pasar muchos años sin que veamos uno en nuestra región. Hoy no podemos saber en qué condiciones estaremos ni si podremos viajar normalmente para mediados de diciembre. Pero hay que estar atentos y, quizás, entre el eclipse y la gran conjunción Júpiter/Saturno (ver edición N° 19 de Si Muove, páginas 20 y 21), podamos despedir el año de una mejor manera a como lo estamos transitando. ■

Nota

¹ Si estamos mirando hacia el norte en el momento de la totalidad, es decir, en dirección al Sol, 25° a su izquierda aparecerá Venus, y 35° a su derecha, Júpiter y Saturno casi "pegados". Si bajamos la mirada, cerca del horizonte norte estarán las estrellas Arturo, Altair y Vega, típicas de los cielos nocturnos de invierno. Y si nos damos vuelta, la Cruz del Sur estará a media altura y, por encima, Alfa y Beta Centauri.

LA FRANJA DE LA FORTUNA

La totalidad del eclipse del 14 de diciembre se podrá apreciar dentro de la franja central que aparece en estos mapas, confeccionados por el especialista francés Xavier Jubier, que se pueden estudiar a fondo en forma interactiva a través de Google Maps en: http://xjubier.free.fr/en/site_pages/solar_eclipses/TSE_2020_GoogleMapFull.html

En cualquier lugar dentro de esa franja se verá un eclipse total, y por fuera, hacia el norte y hacia el sur, será parcial. Pero los mejores lugares serán los más cercanos a la franja central azul. Allí, la totalidad durará más. Serán cerca de 2 minutos y 9 segundos justo en el centro, y de unos pocos segundos cerca del borde.



El horario de **inicio** será en torno a las **11:45 h.**

La etapa de **totalidad** será en torno a las **13:15 h** y durará poco más de dos minutos.

En el momento de la totalidad el Sol estará a unos **72°** por encima del horizonte.

El **final** del evento será cerca de las **14:40 h.**

“Las provincias de Neuquén y Río Negro y un sector muy pequeño al sur de la provincia de Buenos Aires, son los únicos lugares de nuestro país desde donde se podrá apreciar la totalidad. Más al norte o más al sur, solo verán un eclipse parcial”.

Ingresa a Google Maps con el código QR



Antiguas (y divertidas) teorías

ROCAS VIVAS

Autor: Lic. Mariano Ribas, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.



NASA-GSFC/Maggie McAdam

Créase o no, hasta hace unos siglos mucha gente pensaba que las rocas eran organismos vivos que comían, crecían y hasta podían reproducirse. Estas ideas hoy pueden parecernos completamente absurdas y risueñas, pero en su momento fueron tomadas en serio. Lo que sigue es un breve muestrario de lo que, en conjunto, podríamos llamar “la teoría de las rocas vivas”.

Durante el siglo XVI, varios científicos europeos se dedicaron con particular esmero al estudio de las rocas. Uno de ellos fue Girolamo Cardano (1501-1576), un famoso médico, matemático y filósofo italiano, que examinó minuciosamente gemas y otros minerales más comunes. Observó que algunas tenían diminutas cavidades, finos túneles y rayas borrosas. ¿A qué conclusión llegó? Dijo que esos detalles revelaban “*formas muy simples de aparatos digestivos*”. Girolamo y sus seguidores también pensaban que la “vida” y la estructura de las rocas eran parecidas a las de los vegetales. Según ellos, las rocas crecían gracias a la absorción de nutrientes que entraban por sus poros,

y que luego circulaban por todo su “cuerpo” a través de conductos. A partir de estas observaciones podían deducirse tres cosas: que las rocas eran seres vivos, que se alimentaban y que crecían. No era poco.

Seres privilegiados

Más cerca en el tiempo, nos encontramos con el naturalista francés Jean-Baptiste Robinet (1735-1820), que no solo compartía las ideas de Cardano, sino que las profundizó. En su obra más célebre (*De la Nature*) afirmaba que las rocas tenían órganos internos que les permitían filtrar, destilar y transportar el alimento “*hasta todos los puntos de su sustancia*”. Eso no es todo: Robinet

01



llegó a decir que los minerales también podían sentir hambre y que cuando no comen durante algunos días, “*se debilitan y sufren mucho*”.

Robinet aceptaba que las rocas no podían moverse (menos mal), pero aclaraba que las plantas y las ostras tampoco lo hacen y, sin embargo, se alimentan. “*Las rocas no necesitan moverse para buscar su alimento, porque este viene hacia ellas*”, justificaba el naturalista francés. Arriesgando aún más, las calificaba como “*seres privilegiados, porque con menos recursos cumplen idéntica finalidad*”.

En realidad, Cardano y Robinet no fueron los primeros que se ocuparon de este pétreo asunto. La cosa viene de mucho antes: varios autores de la antigüedad también decían que las rocas eran seres vivos y que nacían de semillas. ¡O que brotaban de los relámpagos! E incluso, había quienes creían que surgían en la superficie de la Tierra, o en su interior, por obra y gracia del calor o la

02



influencia del Sol y de los planetas. Imaginación no les faltaba, evidentemente.

El sexo de las piedras

Si las rocas realmente eran seres vivos, también podía pensarse, con cierta lógica, que se reproducían de algún modo. Por lo tanto, debería haber rocas masculinas y femeninas. O algo por el estilo. Así pensaba, hace más de 2300 años, el filósofo griego Teofrasto (371-287 a. C.), y así lo escribió en su obra “*Sobre las rocas*” (en latín, *De lapidibus*) que, dicho sea de paso, fue el primer tratado de mineralogía.

En la misma línea teórica estaba Plinio (23-79), el gran escritor romano del siglo I, quien, entre otras cosas, fue un gran estudioso de los minerales en general. Plinio

03



llegó a una sorprendente conclusión: según él, todas las rocas tenían una raya que definía su sexo. La raya de los ejemplares “machos” era más gruesa, y la de las “hembras”, más fina y sutil.

Las ideas de Plinio y Teofrasto sobre los sexos minerales sobrevivieron durante casi mil quinientos años, y fueron retomadas, entre otros, por un famoso y muy viajado naturalista europeo del siglo XIV, que publicaba con el nombre de John Mandeville (aunque algunos historiadores de la ciencia creen que se trataba de un

tal Jan de Langhe, un autor flamenco). En una de sus obras, que daba cuenta de sus viajes por Egipto y Asia, escribió: “*La unión de los dos sexos en los minerales lleva a la creación de nuevos individuos, al menos en el caso de los diamantes*”.

Confusión con fósiles

Estas alucinantes “teorías” no siempre partían de interpretaciones apresuradas. A veces, surgían de simples confusiones: muchas de las supuestas rocas a las que se referían los autores de la Antigüedad eran, en realidad, conchillas petrificadas; o incluso, todo tipo de huesos fosilizados. Así, por ejemplo, había quienes pensaban que las *glossopetrae*, de formas chatas y triangulares, crecían en el aire y caían a tierra durante las grandes tormentas. Lo cierto es que, por suerte, las *glossopetrae* no caen del cielo, sino que son los dientes fosilizados de tiburones. Plinio cayó en esta misma confusión: en realidad, sus supuestas rocas “masculinas y femeninas” eran los restos fosilizados de distintos crustáceos que vivieron hace cientos de millones de años.

Deducciones trasnochadas, comparaciones forzadas, confusiones al por mayor y generosas dosis de imaginación y fantasía: es un cóctel que ha mareado más de una vez el pensamiento humano, incluyendo, por supuesto, a los científicos. Ya se sabe: la ciencia es nuestra mejor herramienta de conocimiento, aunque claro, de tanto en tanto también puede tropezar con alguna inoportuna... piedra. ■

“Muchas de las rocas a las que se referían los autores de la Antigüedad eran conchillas petrificadas o huesos fosilizados.”

01 *De la Nature*, el libro de Jean-Baptiste Robinet en el que afirmaba que las rocas tenían órganos internos que les permitían filtrar, destilar y transportar su alimento.

02 Las *glossopetrae* son dientes fosilizados de tiburones.

03 Escultura de Teofrasto en el Jardín Botánico de Palermo, en Sicilia, Italia.

04 Girolamo Cardano pensaba que la “vida” y la estructura de las rocas eran similares a las de los vegetales.

04



TOUCH AND GO*

03

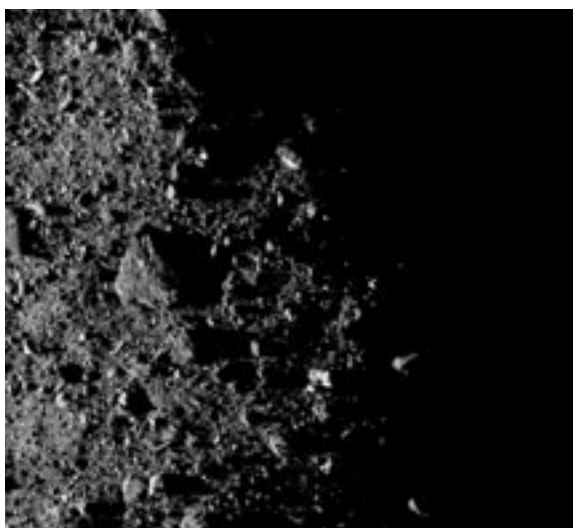
El pasado 20 de octubre, la sonda OSIRIS-REx (NASA) estiró su brazo retráctil, tocó la superficie del asteroide Bennu (de 492 metros de diámetro) y eyectó un chorro de nitrógeno gaseoso que sopló y levantó porciones de regolito que se introdujeron en un filtro y se depositaron exitosamente en una cápsula.

La sonda abandonará Bennu en marzo de 2021 y llegará a la Tierra el 24 de septiembre de 2023 con aproximadamente 600 gramos del material recogido en Bennu, para ser analizado en la NASA y en diferentes laboratorios de todo el mundo.

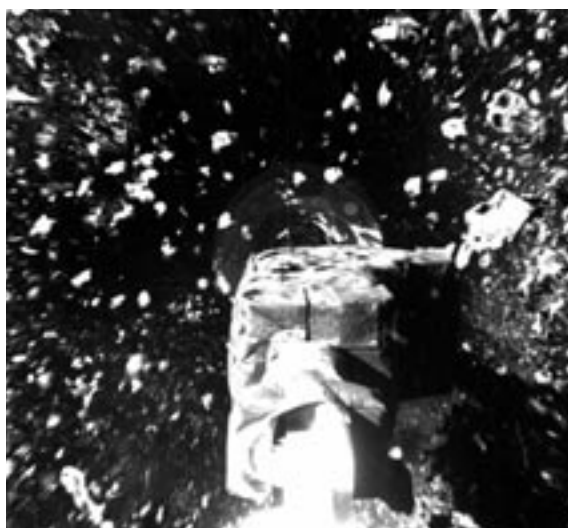
OSIRIS-REx fue lanzada en 2016, llegó al asteroide (101955) Bennu dos años después y, luego de permanecer en órbita durante otros dos años, encontró un buen lugar donde recogió muestras del material de su superficie mediante una maniobra denominada TAG (*Touch And Go*),



01



04



02



que se prolongó durante casi 5 horas, aunque el contacto con la superficie duró entre dos y cinco segundos.

Como todos los asteroides, Bennu es un fragmento del material que sobró tras la formación del sistema solar, hace unos 4600 millones de años. Ese material que llegará a la Tierra en 2023 podría contener muestras fundamentales para conocer mejor aquellos eventos, ya que se han conservado en el espacio vacío durante todo ese tiempo. ■

* Toco y me voy.

Créditos de las imágenes:

NASA / Goddard / University of Arizona, EE.UU.

Bajada del Diablo, Chubut

IMPACTO EN LA PATAGONIA

Autor: Maximiliano C. L. Rocca, investigador de cráteres de impacto, becado por The Planetary Society de Pasadena, California, EE.UU.

01



Daniel Acevedo

Uno de los cráteres de Bajada del Diablo, con un diámetro de 400 metros, visto desde el borde.

Los asteroides y los cometas son los principales responsables de los miles de cráteres que podemos encontrar en la Luna, Marte, Mercurio y muchos otros objetos, entre planetas y satélites. La Tierra no estuvo ni está exenta de estos impactos, y en la provincia de Chubut hay un sitio en estudio para tratar de confirmar la caída de un asteroide hace más de 130.000 años.

Los asteroides son escombros cósmicos que sobran de la construcción planetaria, fragmentos de roca o metal que tienen desde muchos cientos de kilómetros hasta solo unos metros de diámetro, y que giran alrededor del Sol.

El Sol y los planetas se formaron hace unos 5 mil millones de años a partir de una masa de gas y polvo en veloz rotación y contracción. Con el correr de decenas de millones de años, todos esos materiales se fueron agrupando, por su propia gravedad, en torno al Sol recién nacido, y dieron origen a los planetas rocoso-metálicos y a los gaseosos. Los materiales sobrantes de ese episodio son los asteroides de hoy, los del Cinturón Principal, que giran alrededor del Sol en órbitas casi circulares entre Marte y Júpiter.

Sin embargo, a ciertas distancias del Sol, la fuerza de atracción gravitatoria de los planetas gigantes como Júpiter los perturba en su viaje orbital y les cambia el rumbo. En mu-

chos casos, esas órbitas nuevas se cruzan con la de algún planeta cercano, como Marte; y este, a su vez, también perturba la órbita del asteroide. Son las llamadas resonancias orbitales o distancias orbitales en donde la gravedad del planeta gigante tira de los asteroides y deforma sus órbitas.

Muchos asteroides a consecuencia de estas perturbaciones gravitacionales se mueven en órbitas verdaderamente caóticas por todo el sistema solar interior. Es así como un asteroide que se originó en el Cinturón Principal se transforma, con el tiempo, en un “Asteroide Cercano a la Tierra”. En inglés se los conoce como *Near Earth Asteroids* (NEA)¹.

Los Asteroides Cercanos a la Tierra (NEA) giran en órbitas muy elípticas (de forma ovalada) y como consecuencia, su distancia al Sol cambia mucho en cada período de traslación. Si cruzan la órbita terrestre en un punto exacto de coincidencia, entonces el asteroide puede chocar y formar un cráter de impacto.

02

Satélites LANDSAT, NASA



La mayoría de los NEA están compuestos por rocas de minerales de silicatos de hierro y magnesio. El mineral más abundante en los asteroides de tipo rocoso es el olivino, un silicato de hierro y magnesio de color verde oliva. Otros asteroides son simplemente bloques de metal compuestos por aleaciones metálicas de hierro, níquel y cobalto. Finalmente, algunos NEA son compuestos rocosos de silicatos de hierro y magnesio, con una gran abundancia de compuestos orgánicos de carbono. Estos últimos son llamados asteroides del tipo carbonáceo.

Los NEA pueden chocar con la Tierra. De hecho, este tipo de eventos ya ha ocurrido en el pasado geológico muchas veces, y volverá a ocurrir en el futuro. Imagine usted una roca de 1 kilómetro cayendo del cielo a 20 kilómetros por segundo. Parece fantasía pura. Sin embargo, es real y se trata de un proceso astronómico-geológico raro pero ac-

tivo, capaz de liberar cantidades colosales de energía.

Un impacto de un asteroide es millones de veces más fuerte que el peor terremoto o la mayor erupción volcánica posible. La razón es la tremenda energía cinética que el asteroide descarga al chocar contra la superficie terrestre, en directa relación a la mitad de la masa del asteroide (en kg), multiplicada por el cuadrado de su velocidad (en metros por segundo).

En promedio, al impactar un asteroide de medio kilómetro que

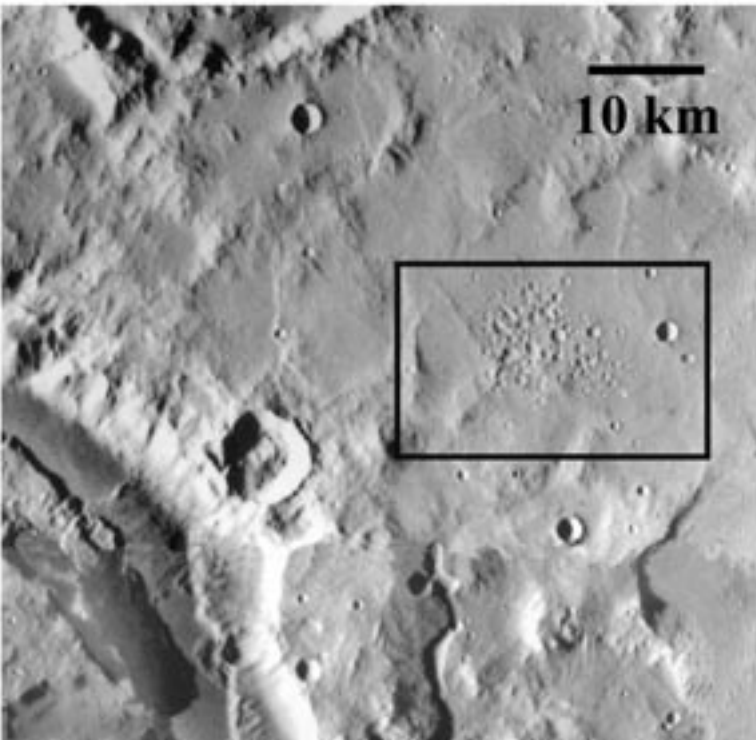
se mueve a 20 km por segundo libera una energía de unos 25.000 megatones del explosivo trinitrotolueno (TNT). Un megatón es la energía liberada al explotar un millón de toneladas de TNT. Para dar una idea, una bomba termonuclear de hidrógeno en un misil balístico libera, al detonar, unos 10 megatones de energía. La diferencia entre los impactos y otros procesos geológicos terrestres está en la velocidad con la que se libera la energía. En un impacto la energía se libera virtualmente en forma instantánea.

A consecuencia del impacto se genera una cicatriz en la superficie con forma de cuenco circular llamada **cráter o estructura de impacto**. En promedio, un asteroide abre un cráter cuyo diámetro es igual a 20 veces su propio diámetro. Así, una roca de 1 kilómetro de diámetro abrirá un cráter de 20 kilómetros de diámetro.

Ya se han catalogado 200 estructuras y cráteres de impacto sobre la Tierra que tienen desde unas decenas de metros hasta cientos de kilómetros de diámetro.

03

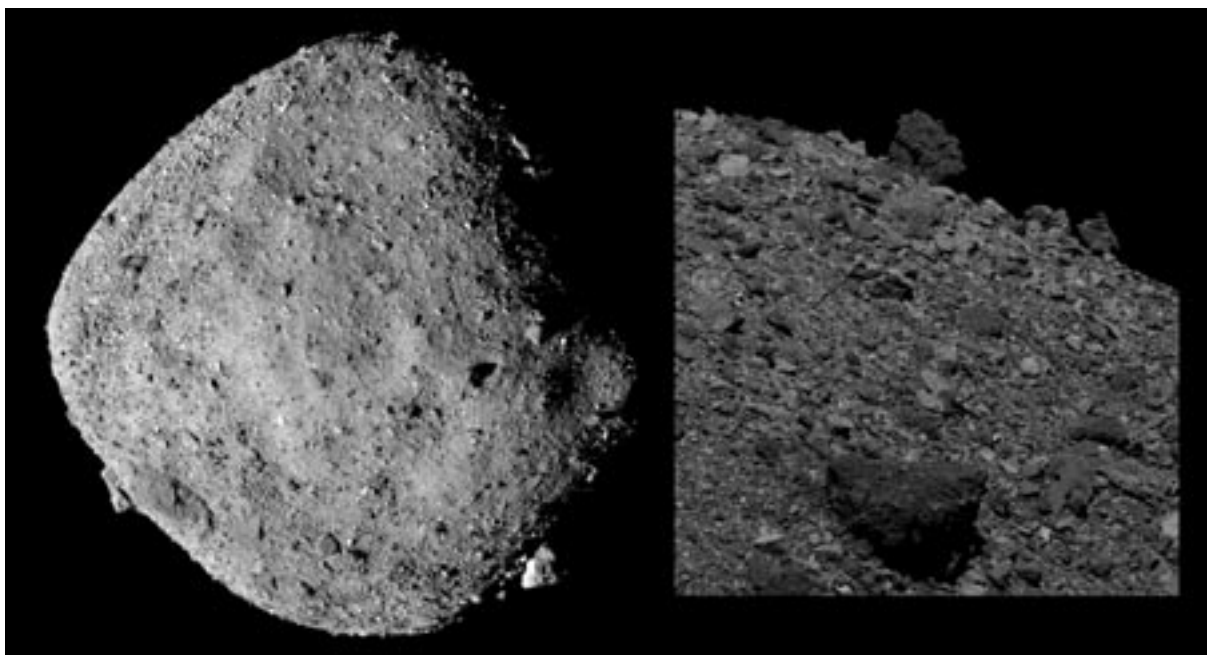
NASA



Un extraordinario campo de cráteres de impacto en la Patagonia

Como parte de un programa científico para la detección y el estudio geológico de nuevos sitios de impacto de asteroides o cometas en Argentina y Sudamérica, una región con unos 200 posibles cráteres de impacto ha sido estudiada en detalle y visitada varias veces en el sur de





nuestro país. Se trata de la zona denominada **Bajada del Diablo**, en la provincia de Chubut ($42^{\circ}45'S - 67^{\circ}30'O$). Este lugar fue reportado por primera vez por el geólogo argentino Hugo Corbella en 1987, pero luego curiosamente quedó olvidado por décadas.

La zona comprende una superficie de 480 kilómetros cuadrados, que ubicaría este sitio entre los mayores campos de cráteres de impacto conocidos en el mundo.

El área fue estudiada nuevamente a partir del examen de imágenes en color obtenidas por los satélites LANDSAT 4, 5 y 7 de la NASA, EE.UU. También se hicieron varias visitas de campo por parte de geólogos del CONICET de Argentina, que recogieron muestras de rocas, trazaron mapas geológicos detallados y tomaron datos geofísicos gravimétricos y magnéticos en el sitio mismo de los cráteres. En un área de 35×17 kilómetros aparecen unos 200 posibles cráteres de impacto. Se trata de depresiones en forma de taza con el borde sobreelevado con respecto al piso de la geografía local. Quince de esos cráteres muestran diámetros comprendidos entre los 300 y los 400 metros; y hay unos treinta que tienen entre 200 y 250 metros de diámetro. En muchos casos se aprecian, alrededor de cada cráter y sobre el lado noreste, carpetas de escombros que han sido lanzadas desde los cráteres mismos durante el impacto. Estos cráteres no son de origen volcánico, ni tampoco dolinas o formaciones kársticas, es decir, rocas conformadas por minerales solubles en agua descompuestas químicamente.

La mayoría de los cráteres están ubicados en terrenos de sedimentos fluviales de más de 130.000 años de edad. Hay algunos cráteres también sobre otros tipos de terrenos geológicos como, por ejemplo, mesetas de rocas volcánicas basálticas. Tal es el caso de la Meseta de Filu-Co. Las áreas de sedimentos fluviales de edad menor a 130.000 años no muestran ningún cráter. Esto nos dice que el evento de impacto del asteroide tiene más de 130.000 años

de antigüedad.

Muchos han sido erosionados y borrados por la sedimentación fluvial más reciente, y lo que vemos hoy es solo el remanente de la más abundante población original de cráteres. Se estima que originalmente, en el momento del impacto, se formaron unos 500 cráteres.

Curiosamente, en Marte existe un campo similar. Se trata del cúmulo de cráteres de Ma'adim Vallis, ubicado en el hemisferio sur del planeta ($20^{\circ}S - 183^{\circ}O$). Hay allí unos 50 cráteres de impacto de entre 200 y 700 metros de diámetro esparcidos en un área de rocas sedimentarias de 8×12 kilómetros (imagen 03).

Fueron descubiertos en imágenes tomadas desde la órbita marciana por las sondas de la NASA *Viking Orbiter* 1 y 2, a partir de 1976. Todos estos cráteres muestran sus bordes sobreelevados con respecto al nivel del piso del área circundante, y esto es típico de los cráteres de tipo explosivo producidos por el impacto de asteroides o cometas.

Como los bordes de los cráteres vecinos no se superponen uno encima del otro, es evidente que se formaron todos juntos en un evento único y masivo, donde se crearon unos

02 Vista de la meseta Filu-Co en Bajada del Diablo, Chubut. El cráter mayor visible en la imagen mide 400 metros.

03 Cúmulo de cráteres de Ma'adim Vallis, en Marte, tomado por las sondas Viking en 1976.

04 El reciente acercamiento de la sonda OSIRIS-REx al asteroide Bennu muestra por qué se los llama "pila de escombros". Son conglomerados de rocas formados durante el choque de dos asteroides sólidos monolíticos. La sonda llegó al asteroide en 2018, y en octubre de 2020 recogió muestras en su superficie para traer a la Tierra y ser analizadas.



50 cráteres de impacto todos casi al mismo tiempo.

¿Por qué tantos impactos?

Cuando una lluvia de meteoros choca con el suelo terrestre, los fragmentos se distribuyen en la llamada elipse de dispersión. Se trata de una zona oval cuyo eje mayor coincide con la dirección de vuelo de la lluvia de meteoros. En uno de los extremos de la elipse de dispersión se concentran los mayores fragmentos de meteoros, o los mayores cráteres de impacto.

Curiosamente, en el caso de Bajada del Diablo no es visible ninguno de estos patrones geológicos. No hay allí evidencia alguna de una elipse de dispersión. Los cráteres, grandes o chicos, están distribuidos mezclados y al azar por toda el área impactada. Esto nos dice que lo más probable es que el asteroide que produjo este campo de cráteres fuera del tipo “pila de escombros”, formado por conglomerados de rocas generadas durante el choque de dos asteroides sólidos monolíticos. Se fragmentan por el impacto y luego se produce un reagrupamiento de escombros unidos por la mutua atracción gravitatoria. Entonces, son solo conglomerados de escombros unidos por la débil gravedad. (De acuerdo a su constitución física, el otro tipo de asteroides se clasifica como “monolítico”, formados por un solo bloque de roca sólida.)

Ejemplos de asteroides tipo “pila de escombros” son los cer-

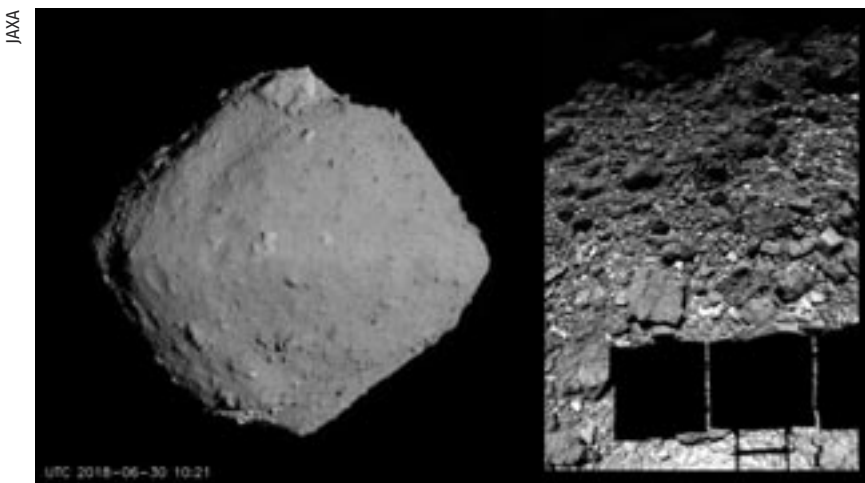
canos a la Tierra (NEA) 25143 Itokawa, 162173 Ryugu y 101955 Bennu, que han sido visitados y estudiados por las sondas Hayabusa 1 y 2 de la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial, JAXA (Itokawa y Ryugu), y por la sonda OSIRIS-REx, de la NASA (Bennu, recientemente). Todos ellos miden entre 500 y 900 metros de diámetro y están compuestos por conglomerados de rocas ricas en silicatos de hierro y magnesio, y aleaciones de hierro-níquel metálico. Al acercarse a la Tierra rumbo a la Patagonia, el hipotético asteroide de este tipo, de quizás unos 200 metros de diámetro, se habría disgregado por la acción de la fuerte atracción gravitatoria de nuestro planeta y se habría formado así una nube de escombros. Los cientos de fragmentos separados por la atracción terrestre habrían luego entrado en la atmósfera por separado y, finalmente, habrían impactado sobre la superficie y formado el campo de cráteres de Bajada del Diablo. Mayores investigaciones sobre este interesante sitio están hoy en marcha y podrían develarnos más detalles próximamente. ■

Nota

1 Los NEA son la mayoría de los NEO, *Near Earth Objects* (Objetos Cercanos a la Tierra), categoría mayor que incluye asteroides, meteoroides y cometas potencialmente peligrosos.

Agradecimientos

A los geólogos Hugo Corbella, Daniel Acevedo y Jorge Rabassa, del CONICET, Argentina, por su valioso consejo y amistad.



05 La sonda Hayabusa, de la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA), aterrizó y recogió muestras en la superficie del asteroide Itokawa, de unos 300 metros, en 2005.

06 El asteroide Ryugu, de 900 metros de diámetro, a una distancia de 20 km, tomado por la sonda Hayabusa 2, en junio de 2018, y una imagen más cercana, a punto de aterrizar.

Catamarca, Argentina

ASTRONOMÍA EN EL SHINCAL DE QUIMIVIL

Autores: Gustavo Corrado¹ y Sixto Giménez Benítez²

¹ Lic. en antropología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP).

² Lic. en astronomía de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (UNLP).

01



Marco Giovannetti

Es uno de los sitios arqueológicos más importantes del país, declarado Monumento Histórico Nacional en 1997. La primera mención sobre las ruinas de El Shincal la realizó el ingeniero Hilarión Furque en 1900, y las primeras publicaciones acerca de trabajos de excavación arqueológica fueron realizadas por el arqueólogo A. R. González, en 1966. La importancia de este lugar en el mundo incaico del sur radica en que era considerada la capital regional política, administrativa y ceremonial, y la observación astronómica era fundamental como herramienta de poder.

La astronomía inca

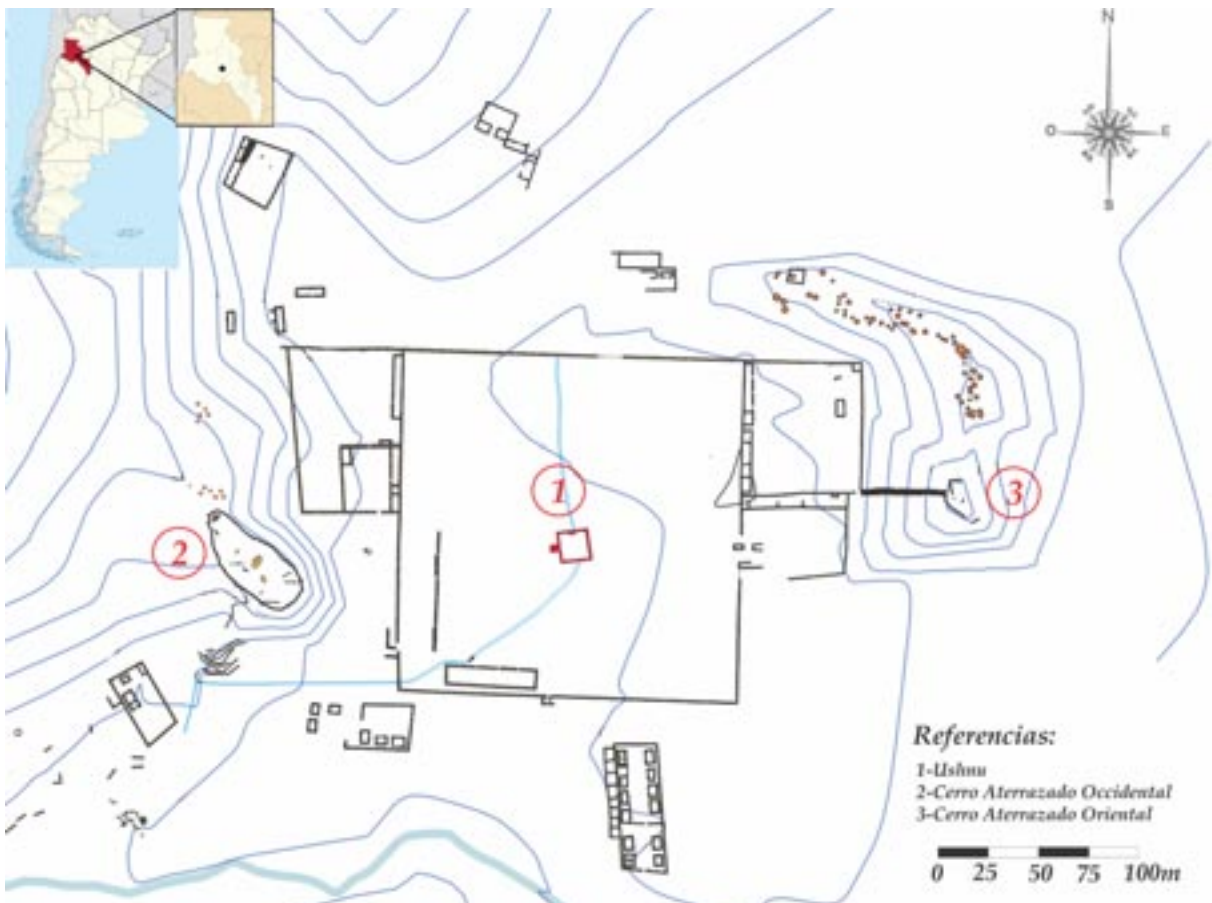
El conocimiento astronómico incaico se encuentra íntimamente relacionado con las ceremonias religiosas y agrícolas. La observación de los astros era utilizada para el funcionamiento correcto del calendario agrícola y festivo, pero además como herramienta de poder de los incas sobre sus súbditos. El inca conocía y controlaba el calendario, incluso se pensaba emparentado con el Sol, quien dictaba cuándo debía comenzar la siembra y cuándo debía recolectarse.

En los Andes Centrales de América del Sur, el Sol, la Luna y las estrellas fueron observados con diversos fines. Para el caso de la sociedad Inca, se cuenta con una importante

cantidad de información etnohistórica y arqueológica. Las prácticas de observación astronómica para la elaboración de calendarios agrícolas y rituales están bien documentadas en las crónicas del Perú colonial escritas entre los siglos XVI y XVII. En la antigua capital inca, el Cusco, las observaciones astronómicas eran el núcleo de importantes rituales públicos.

El Shincal de Quimivil

Este sitio arqueológico está ubicado dentro del Valle de Hualfín, en la provincia de Catamarca, Argentina, a unos 4 km del pueblo llamado Londres, entre los ríos Quimivil y Hondo. El periodo de ocupación inca fue entre 1470 y



1536, aproximadamente (imagen 02).

En la actualidad está aceptada la importancia de El Shincal en el mundo incaico del sur como capital regional político-administrativa-ceremonial. Dentro de las 32 hectáreas del sitio, presenta 73 recintos divididos en distintos complejos arquitectónicos.

El sitio tiene una esquematización del espacio típicamente incaica. Posee una plaza principal cuadrada, de 175 m de lado, donde en una posición casi central se encuentra el *ushnu*, una plataforma ceremonial fundamental en la organización inca. El *ushnu* es cuadrado, de 16 m de lado, con un vano simple de entrada orientado al oeste (imagen 03). La arquitectura de estos espacios se confeccionó, al igual que el resto del sitio, con rocas canteadas, con muros dobles con sus caras planas hacia el exterior. Existen allí estructuras públicas, complejos habitacionales y algunos lugares de producción y almacenaje de alimentos.

Todo el complejo arquitectónico se encuentra dentro de un esquema de mayor escala, enmarcado por cuatro cerros hacia los cuatro puntos cardinales, tomando el *ushnu* como eje central. Al norte hay un cerro al que se accede por una escalera, y sobre su base se ubica el *Qhapaq Ñan*, una extensa red de caminos que cubrieron casi todos los Andes, construidos al servicio del Estado Inca. Esta red caminera conectó e integró los territorios que en la actualidad están comprendidos por Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina. En la cima de este cerro se encuentran rocas talladas y construcciones circulares de ta-

maño relativamente chico.

Al sur se ubica un cerro que fue objeto de culto anteriormente al periodo inca, con restos de la denominada cultura Aguada, antecesora de los incas en la región. Los otros dos cerros son los más cercanos a la plaza, separados por apenas 50 metros.

El Cerro Aterrizado Oriental se encuentra hacia el este, posee una altura aproximada de 25 m sobre el nivel de la plaza y una escalinata de 103 peldaños que mira hacia la plaza. En la cima de este cerro encontramos un semicírculo de piedra que podría identificarse como huaca. Una huaca puede ser cualquier lugar u objeto que los antiguos incas consideraban sagrada: una construcción religiosa, un cerro, una laguna, un riachuelo, un árbol, una cueva, una roca, un ídolo o una momia. Sobre un sector de la ladera se observan aún los vestigios de un muro que, además de servir de contención, probablemente era un elemento decorativo con posibles implicancias rituales. En los Andes, las piedras (huacas) a menudo se percibían como habitantes de los asentamientos. Se creía que eran los dueños ori-

01 Cerro Oriental.

02 Plano del área principal de El Shincal.

03 El *ushnu*, con su entrada hacia el oeste.

04 Cerro Occidental.

ginales de ciertos territorios y, a menudo, eran los residentes más importantes de lugares particulares. Se los vestía, alimentaba y conversaba con ellos. Se les construían habitaciones para alojarlas y se ubicaban estructuras a su alrededor. Se establecía una relación importante entre los humanos y las huacas.

Estas manifestaciones de “vestir la piedra” se ven reflejadas por casi todo el territorio inca. En el valle sagrado del Cusco podemos mencionar lugares como Saqsaywaman, con su imponente muro en zigzag y la huaca en el sitio Kenqo. En las regiones más alejadas del Cusco podemos mencionar algunos ejemplos, como Incallajta en Bolivia, Turi en Chile y El Shincal de Quimivil, en Argentina.

Esta conversión regional de rocas pétreas a rocas sagradas incas fue, a menudo, una práctica realizada no solo para establecer el gobierno inca, sino también, una manera de marcar esas rocas como incas.

El Cerro Aterrazado Occidental posee muros en su base que rodean una parte de la ladera y produce niveles de andenes de hasta 79 cm de espesor. Sobre la parte más alta de estos andenes se identifica un afloramiento rocoso de naturaleza granítica similar a toda la composición pétreo del cerro. A partir de aquí comienza el recorrido de una escalera empinada que no realiza un recorrido recto como la del cerro oriental, sino que lo hace de forma sinuosa, casi en zigzag. También de manera análoga, un muro muy bien construido recubre toda la ladera del cerro, y realiza cambios abruptos de dirección para marcar una morfología recortada también como zigzag. Este muro muestra una forma de apropiación de estilo cusqueño en su diseño arquitectónico, similar a lo percibido en Saqsaywaman (imagen 04).

La cima puede abordarse por un sendero de pendiente más suave por el sector noroeste. Este último tramo se conecta directamente con el *Qhapaq Ñan*, que atraviesa un sector de almacenes circulares (*Qolqa*, en quechua) y llega a lo más alto del cerro a través de cuatro escalones aún preservados.



Gustavo Corrado y S. Giménez Benítez

En la cima encontramos un conjunto de rocas que por su disposición y atributos interpretamos como piedras huaca de menor porte.

Ambos cerros fueron aplanados y sus laderas, amuralladas, y poseen escaleras construidas con cientos de rocas canteadas. Además de otorgarles un aspecto imponente, los coloca en una situación prácticamente única entre los sitios arqueológicos incas del noroeste argentino.

Alineaciones solares

Sobre el extremo sureste del Cerro Aterrazado Occidental existen dos hileras de rocas colocadas intencionalmente para marcar alineaciones solares importantes relacionadas al calendario inca. El primer alineamiento se encuentra orientado al solsticio de junio, el solsticio de invierno en el hemisferio sur y festividad del *Inti Raymi* para los incas.

El *Inti Raymi* era una fiesta importante entre los incas, dedicada al Sol, y ocurría, como afirmaba el clérigo y cronista español Cristóbal de Molina, en el primer mes del año inca. Esta festividad tenía una duración extendida, de varios días. Hay divergencias entre algunos cronistas sobre la importancia de esta fiesta: por un lado, era “la fiesta moderada

Nicolás Balbi





del Sol”, según Polo de Ondegardo en 1559 y Guaman Poma en 1615; mientras que otro cronista, el Inca Garcilaso de la Vega (1609), afirmaba que el *Inti Raymi* era la fiesta principal. Estas divergencias podrían resultar según el contexto social del informante, que detallaría solo aquella parte de la festividad a la cual podría tener acceso directo. Esto era determinado por su posición jerárquica, social y religiosa. La distribución de la información en la sociedad inca no tenía un carácter igualitario.

Por su parte, el segundo alineamiento está orientado señalando otro fenómeno solar importante dentro del calendario festivo inca. Marca la salida del Sol en los días 12-13 de febrero y 29-30 de octubre (del calendario gregoriano). En estas fechas el Sol sale por una región muy característica del horizonte este: actualmente, los pobladores de la zona ven un “indio dormido” en ese horizonte, y la salida en las fechas mencionadas se produce por el “cuello” del indio dormido (imagen 05).

Estas fechas fueron importantes en el Cusco. Se trata de los días en que el Sol pasa por el cenit. Debemos recordar que el fenómeno de los pasos cenitales solo es observable

en las regiones intertropicales. El antropólogo holandés Tom Zuidema fue un pionero en el estudio del calendario inca y en la comprensión incaica de la astronomía, y destaca estas fechas porque en esos días, al mediodía, los objetos verticales “no producen sombra”. Como han demostrado Zuidema y el antropólogo y astrónomo estadounidense A. F. Aveni, uno de los pioneros de la arqueoastronomía mesoamericana y precolombina, los incas estaban interesados en los eventos importantes de la ruta anual del Sol, como los pasajes por el cenit en el Cusco, los solsticios y los equinoccios. Los pasos cenitales en el Cusco ocurrían el 2 de febrero y el 20 de octubre del calendario juliano. Aparentemente, en estrecha relación con el pasaje del Sol por el cenit, se celebraba la importante fiesta del *Rayme*.

El *ushnu*

En El Shincal, la posición del *ushnu* es casi central en relación a la plaza principal. Debemos mencionar que, si bien el sitio sufrió una reconstrucción de algunas de sus estructuras en los años recientes, el *ushnu* solo fue intervenido levemente.

Dentro de la gran plaza, el *ushnu* no solamente se muestra como la representación de un escenario de ritos y ceremonias durante los eventos importantes, sino también, el eje espacial marca alineamientos hacia puntos que, seguramente, jugaron un rol fundamental en el paisaje sagrado.

05 Las líneas de rocas del Cerro Occidental. ARSJ: alineación hacia la salida del Sol en el solsticio de junio. ARCC: alineación hacia la salida del Sol en las fechas del paso cenital en el Cusco. Imagen pequeña: amanecer del 13 de febrero.

06 El *ushnu* y su orientación respecto de los cerros.





El *ushnu* se encuentra dentro de una plaza rectangular, pero no comparte la misma orientación: está rotado con respecto a la plaza unos 5°. La plaza está orientada cardinalmente (con un error de 1° en promedio).

Nosotros consideramos que la orientación del *ushnu* responde a dos causas:

1- La línea que pasa por los cerros Oriental y Occidental que une el círculo de piedras sobre el Cerro Este y una roca huaca del Cerro Occidental.

2- La salida del Sol en los equinoccios de marzo y septiembre. Pero la orientación equinoccial no correspondería al equinoccio astronómico (cuando el Sol pasa por el ecuador celeste en su trayectoria anual), como afirman algunos investigadores, sino al equinoccio medio temporal (el promedio de los días entre los solsticios). Es importante recordar que el número de días de cada estación no es el mismo (imagen 06).

La construcción y ubicación del *ushnu* podría responder a la idea de los incas de resignificar los elementos importantes del paisaje preexistente de los territorios conquistados, y reutilizar los elementos potencialmente sagrados de la topografía local. En el caso de El Shincal, la alineación del *ushnu* con los cerros Oriental y Occidental respondería a esta idea. Vemos que a la orientación hacia los cerros (que encontramos en otros sitios inca) se le superpone la orientación a la salida del Sol en fechas solares importantes (equinoccio medio). Este hecho sería similar a lo que ocurre en el sitio inca de Pumpu (Perú), donde el eje del *ushnu* está orientado en la dirección que une dos cerros importantes del paisaje local (que son huacas) y, además, se superpone con la salida del Sol el día de su paso por el cenit en ese lugar.

Garcilaso de la Vega menciona que las posiciones equinocciales del Sol eran importantes para los incas. Después de analizar la información obtenida en el *ushnu* de El Shincal de Quimivil, vemos que su orientación no sería hacia el equinoccio astronómico, sino que hay un compromiso entre la orientación al equinoccio medio temporal y dos huacas en los cerros Este y Oeste.

Por otro lado, los dos alineamientos presentes en el cerro

Occidental estarían vinculados a dos festividades cusqueñas: el solsticio de junio, que correspondería al *Inti Raymi*, y la salida del Sol para las fechas del paso cenital en el Cusco. Los alineamientos de las rocas estarían evidenciando la presencia de dos fechas festivas importantes que se celebraban también en El Shincal. Por ello, el Cerro Occidental habría sido un espacio ceremonial importante del sitio, donde probablemente se habría llevado a cabo el control calendárico de las fiestas, y donde se marcaban fechas de ceremonias importantes.

Sabemos por los trabajos de otros investigadores que hay rastros de grandes fiestas realizadas en este sitio, pero hasta ahora no habían sido identificadas con fechas específicas del calendario metropolitano inca. Es importante remarcar que esta es la primera vez que se encuentra un marcador solar de una fiesta importante en el Cusco, como el paso cenital, en un lugar del territorio inca donde el fenómeno solar no ocurre.

El arqueólogo Mariusz Ziolkowski, especialista en astronomía inca, sostiene que el calendario metropolitano podría tener dos partes, una relacionada a los solsticios y otra, a los pasos cenitales, y que seguramente el calendario metropolitano funcionaba conviviendo con otros calendarios locales. Es por esto que se hace importante encontrar rastros del uso de estos calendarios en diferentes lugares del territorio inca, y resulta esencial aprender cómo funcionaban. ■

Los autores

Gustavo Corrado es antropólogo, desde hace 10 años trabaja en El Shincal y está realizando su tesis doctoral en Arqueoastronomía.

Sixto Giménez Benítez es astrónomo, y desde 1998 realiza trabajos en Astronomía en la Cultura, tanto dentro de la etnoastronomía como de la arqueoastronomía. Desde 2014 colabora en trabajos en El Shincal.

Para leer más

Ziolkowski, M. (2015). El calendario metropolitano del Estado Inca. Perú. Ediciones El Lector.

Corrado, G. & Giménez Benítez, S. (2019). La orientación del *ushnu* de "El Shincal de Quimivil" (Catamarca, Argentina). Comechingonia. Revista de Arqueología, 22(2), 251-263.

El calendario metropolitano del Estado Inca, Mariusz Ziolkowski. Ediciones El Lector, Perú, 2015.

La orientación del *ushnu* de El Shincal de Quimivil (Catamarca, Argentina). Comechingonia. Revista de Arqueología, 22(2), 2019.



Imagen de tapa

UN VIAJE DE EXPLORACIÓN EXTRAGALÁCTICA

Autor: Diego Luis Hernández, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

02



Matías Tomasello

En nuestra portada publicamos una foto de la Nube Mayor de Magallanes (o Gran Nube de Magallanes), realizada por Mariano Ribas. Junto con la Nube Menor de Magallanes (o Pequeña Nube de Magallanes) representa uno de los objetos más llamativos que podemos observar desde un lugar oscuro en el hemisferio sur. En realidad, es posible que se trate del objeto por sí mismo más curioso del cielo a simple vista.

Solamente hace falta estar en un lugar oscuro, sin luces, y dirigir nuestra mirada hacia el sur. Ambos objetos se observan como dos manchas en el cielo (o dos nubes), como si fueran dos desprendimientos de la Vía Láctea. Las Nubes de Magallanes son muy fáciles de ver a simple vista e ideales para recorrer con binoculares. Desde nuestro país y buena parte del hemisferio sur, son circumpolares. Eso quiere decir que las podemos observar toda la noche, a cualquier hora, durante todo el año; algunas veces más altas y otras, más bajas, pero siempre resultarán visibles. Es muy lógico que hayan llamado la atención de los navegantes europeos hace 500 años, quienes se encontraban en el sur con cielos y estrellas que no habían observado

01 Las Nubes de Magallanes pueden observarse bajo cualquier cielo oscuro en el hemisferio sur. En este caso, en el Parque Nacional El Leoncito, San Juan, sobre la Estación de Altura “Dr. Carlos U. Cesco”.

02 Una imagen de la Nube Mayor de Magallanes en todo su esplendor. Se aprecia la barra que cruza su centro, la forma de disco y la enorme cantidad de cúmulos y nebulosas que contiene.



03, 04 y 05

Nebulosa de la Tarántula. La Nube Mayor de Magallanes contiene enormes cantidades de gas y polvo interestelar, fundamentales para generar procesos de formación estelar muy superiores a los de la Vía Láctea. El mayor exponente de esa actividad es la nebulosa de la Tarántula (NGC 2070, o 30 Doradus, ya que fue catalogada originalmente como una estrella de la constelación del Dorado). Es la región más brillante que podemos distinguir en la Nube, tanto en imágenes como a simple vista. La Tarántula posee medio millón de masas solares, cerca de 2000 años luz de diámetro y cientos de miles de estrellas nacidas de esos mismos materiales y procesos. Contiene muchas de las estrellas más masivas, calientes y luminosas conocidas hasta ahora, cuya radiación hace brillar el gas que la rodea.



nunca. Los viajeros portugueses las conocían como las Nubes del Cabo ya que, cerca del ecuador, en la costa atlántica africana, comenzaban a observarlas, aunque muy bajas, cerca del horizonte. Pero, por supuesto, los habitantes originarios de Sudamérica, gran parte de África y Oceanía, ya las conocían y les daban diferentes nombres y representaciones.

Durante el primer viaje de circunnavegación alrededor del mundo, iniciado en 1519 por el capitán portugués Fernão de Magalhães y otros 264 marinos, financiado por la corona española, estudiaron el cielo para entregar mayores facilidades a los futuros navegantes.

Magallanes, su nombre castellanizado, murió en las Filipinas, y Juan Sebastián Elcano lo sucedió al mando hasta que regresaron a Sevilla, en 1522, con solo 18 hombres. Uno de los sobrevivientes fue el cronista Antonio Pigafetta, quien describió la Cruz del Sur (algo que ya había hecho Américo Vespucio unos años antes) y las estre-

llas del hemisferio austral, imposibles de ver desde Europa. “*Se ven muchas pequeñas estrellas que se agrupan en dos nubes, a poca distancia una de otra*”, agregó. Su aparición noche tras noche en el mismo lugar del cielo les hizo ver que no se trataba de nubes atmosféricas, y fueron bautizadas en honor a su capitán, al igual que tantas otras cosas:





el estrecho, la región, el pingüino (*Spheniscus magellanicus*), etc.

Ubicación y forma

La Nube Mayor abarca una extensión de 10° de campo aparente en el cielo y se encuentra entre las constelaciones australes de Dorado y Mensa, aunque en realidad, bajo un cielo oscuro, es mucho más fácil encontrar la propia Nube que las tenues estrellas de estas constelaciones.

Junto con la galaxia de Andrómeda (en el hemisferio norte celeste pero observable también desde nuestras latitudes, muy baja y especialmente entre septiembre y noviembre), las Nubes de Magallanes son los únicos objetos extragalácticos observables a simple vista (siempre desde lugares oscuros). Esto quiere decir que están por fuera de la Vía Láctea, la galaxia a la que pertenecemos nosotros, la Tierra, el Sol, el sistema solar, todas las estrellas que vemos por la noche y muchas más que no percibimos por las enormes distancias. Como Andrómeda, las Nubes de Magallanes son galaxias, más pequeñas, pero mucho más cercanas.

Son miembros del Grupo Local de galaxias, un variado conjunto en el que se encuentran también la Vía Láctea, Andrómeda y unas 70 galaxias más pequeñas hasta ahora descubiertas, con interacciones gravitatorias que van transformando sus estructuras, sujetas a cambios a lo largo de miles de millones de años.

La Nube Mayor de Magallanes es una galaxia enana espiral irregular de 20.000 años luz de extensión. Se encuentra a 164.000 años luz de nuestro sistema solar, es

la cuarta galaxia en tamaño del Grupo Local y la tercera más cercana, después de la galaxia Enana del Can Mayor y la galaxia Enana Elíptica de Sagitario (por su ubicación y por su alto grado de dispersión y deformación, ninguna de estas dos es visible a simple vista ni con telescopios).

Posee unos 15.000 millones de estrellas, más de 1600 cúmulos estelares abiertos y unos 30 cúmulos globulares. Es rica en estrellas jóvenes y supergigantes, muchas de ellas, las más grandes y masivas que se conocen. Contiene también enormes cantidades de materia prima: gas y polvo interestelar, con procesos activos de formación estelar muy superiores a los existentes en los brazos espirales de la Vía Láctea.

Otra Nube no solo es Menor, sino que, además, está más lejos, a 210.000 años luz. Su forma es mucho más irregular y profunda. Desde nuestra posición, la vemos como el extremo de un cilindro, o un túnel, y tiene más profundidad de lo que parece desde aquí. Es considerada una galaxia enana irregular.

En imágenes de campo amplio, ambas Nubes aparecen como objetos “azulados”, producto de la baja cantidad de elementos pesados que poseen.

La Nube Mayor era considerada una galaxia irregular,

06 *Las Nubes de Magallanes en una imagen de campo amplio (a la izquierda aparece la Cruz del Sur). Parecen dos “desprendimientos” de la Vía Láctea.*

sin ninguna forma en particular, ni espiral ni elíptica, como son las más conocidas. Pero contiene una barra bien definida que cruza su núcleo y una estructura en forma de disco, lo que indica que en el pasado pudo haber sido una “pequeña” galaxia espiral que fue deformada por la Vía Láctea.

En comparación con otras galaxias, las Nubes de Magallanes son fundamentales para los astrónomos y las astrónomas por muchas razones. Se tratan de objetos extragalácticos relativamente cercanos, y eso las convierte en los principales objetos de estudio de los aspectos relacionados con composición, dinámica y procesos evolutivos de las galaxias. Su posición hace también que se las pueda comprender en forma diferente a la Vía Láctea (ya que nosotros estamos inmersos en ella) y a otras galaxias que se encuentran muchísimo más lejos. Además, permiten estudiar los efectos de las interacciones gravitatorias entre las galaxias, ya que, por su cercanía, las Nubes están interactuando con la Vía Láctea, y entre sí.

Por eso también han sido unas de las principales responsables de que los grandes centros astronómicos de Estados Unidos, China y Europa realicen importantes inversiones en observatorios ubicados en el hemisferio sur, ya que en el norte no pueden observar buena parte de nuestro hemisferio celeste.

Interacciones

Las Nubes de Magallanes son consideradas satélites de la Vía Láctea, pero no en el sentido tradicional de la palabra “satélite”, ya que la relación es diferente. Ambas Nubes interactúan con la Vía Láctea, son atraídas por su enorme fuerza gravitatoria, se introducen en ella, salen por el lado opuesto, se roban mutuamente gas y

“La Nube Mayor de Magallanes es una galaxia enana espiral irregular de 20.000 años luz de extensión. Contiene una barra que cruza su núcleo y una estructura en forma de disco. Pudo haber sido una pequeña galaxia espiral, pero fue deformada por la Vía Láctea.”

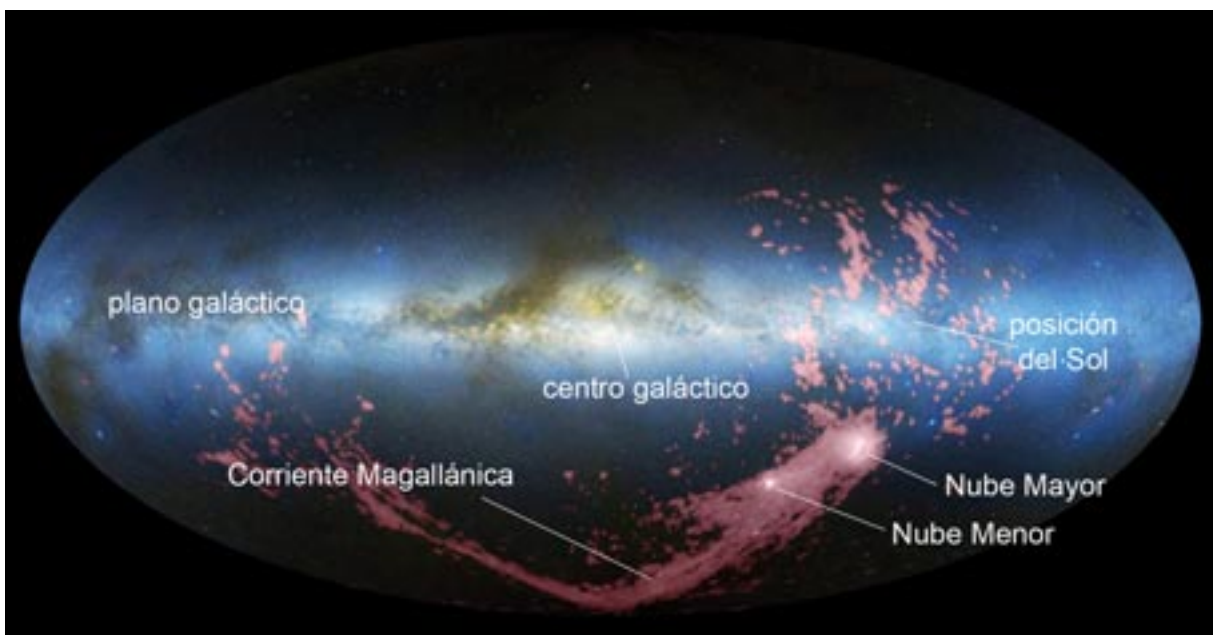
estrellas; todo en períodos de tiempo no observables, sino a través de miles de millones de años. Esto ha sido descubierto gracias a la existencia de chorros o caminos de gas y estrellas que permiten inferir el recorrido de las Nubes y su interacción con la Vía Láctea, denominados colas de marea.

Durante la década del '70 se encontró un “camino”, un filamento de hidrógeno atómico neutro (HI) y estrellas que se extiende entre las Nubes de Magallanes y el polo sur de la Vía Láctea, como un puente que se conecta con otro filamento en dirección hacia el plano galáctico, llamado Corriente Magallánica. Esta sería la evidencia más firme de la interacción entre las Nubes y la Vía Láctea.

Una corriente de este tipo se forma cuando una galaxia satélite menor es tironeada por la fuerza de marea gravitatoria de la galaxia alrededor de la cual orbita. La fuerza estira la galaxia menor en dirección a la galaxia mayor y también en sentido opuesto, y forma dos aperturas por las que salen estrellas de la galaxia satélite que comienzan

07

D. Nidever, NASA



07 La posición de las Nubes de Magallanes con respecto al plano principal de la Vía Láctea, en un concepto teórico logrado con imágenes reales. En rosa se marca la Corriente Magallánica, producto de un “puente” de hidrógeno atómico neutro y estrellas.



"La posición de las Nubes de Magallanes permite comprenderlas en forma diferente a la Vía Láctea y mejor que a otras galaxias muchísimo más lejanas, y son ideales para estudiar los efectos de las interacciones gravitatorias entre las galaxias."

08 Primer plano de la barra galáctica de la Nube Mayor. Se observan muchos cúmulos y nebulosas. La principal es la Tarántula, arriba a la izquierda.

09 Posición de la barra y el disco galácticos vistos desde nuestra perspectiva, y ubicación de los principales cúmulos y nebulosas en la Nube Mayor, la mayoría observables con binoculares o telescopios de aficionados bajo cielos oscuros. Todos los números de cuatro cifras corresponden a objetos del catálogo NGC, mientras que N 70 pertenece al catálogo de Henize. Los cuatro recuadros corresponden a las imágenes 10, 11, 12 y 13, que rodean el esquema central de esta página.

10 Un sector de la Nube Mayor en el que aparecen la Tarántula (abajo a la derecha) y otras nebulosas brillantes que se pueden distinguir fácilmente con binoculares.

11 Un campo más reducido de la imagen anterior muestra diferentes estructuras de nebulosas que se ven afectadas por la radiación de estrellas muy calientes y masivas.

12 N 70 es una burbuja de gas en expansión de unos 300 años luz de diámetro, producto de explosiones de supernovas en sus cercanías y de la radiación de estrellas muy calientes y masivas que moldean el gas circundante.

13 Cúmulos globulares en la Nube Mayor de Magallanes: NGC 2164, 2158, 2159 y 2172.

a orbitar la galaxia mayor, en este caso, la Vía Láctea. Además, recientemente se ha descubierto que las Nubes han tenido un encuentro cercano entre sí hace unos 200 millones de años, y que pudieron haberse arrancado mutuamente estrellas y cúmulos. Ambas parecen estar conectadas por un puente de estrellas y gas que se extiende a lo largo de 43.000 años luz.

Más allá del concepto de satélites y su interacción con la Vía Láctea, algunos astrónomos consideran que las Nubes solo están de paso por esta región del vecindario Local, de acuerdo con los estudios actuales. Otros consideran que, en un futuro lejano, en unos 2000 millones de años, la Nube Mayor podría precipitarse hacia la Vía Láctea, y que ambas formarían una nueva estructura galáctica. Muchas estrellas que hoy pertenecen a la Nube Mayor pasarían a formar parte de la Vía Láctea, pero otras, podrían escapar hacia el espacio intergaláctico.

Las galaxias más grandes terminan devorando a las más pequeñas, en algo denominado canibalismo galáctico. Quizás, las Nubes de Magallanes pudieron haber sido modestas espirales barradas alguna vez, si nuestra enorme Vía Láctea y sus efectos de marea gravitatoria no las hubieran atrapado y deformado. ■

10

Sergio Eguivar



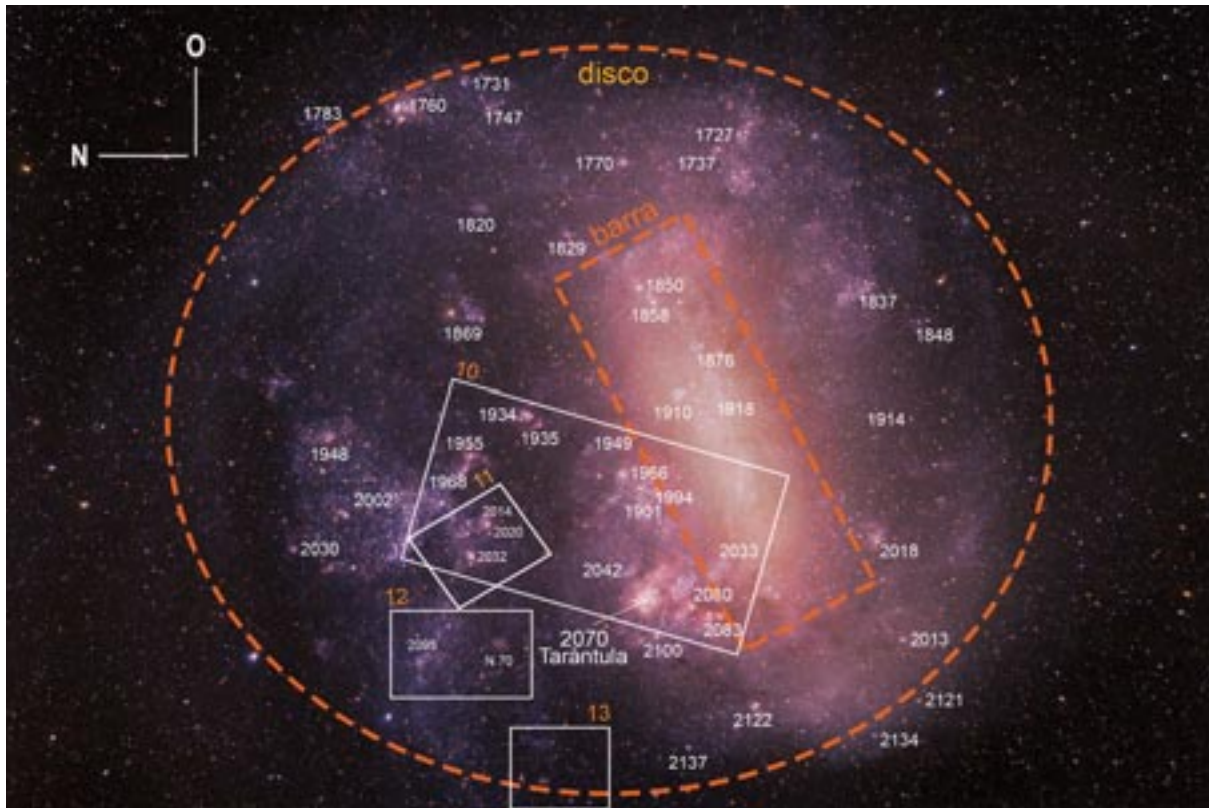
11

Ezequiel Bellocchio y Alejandro Tombolini



09

Matías Tomasello



12

Ezequiel Bellocchio y Alejandro Tombolini



13

Sergio Eguivar



14

Mariano Ribas



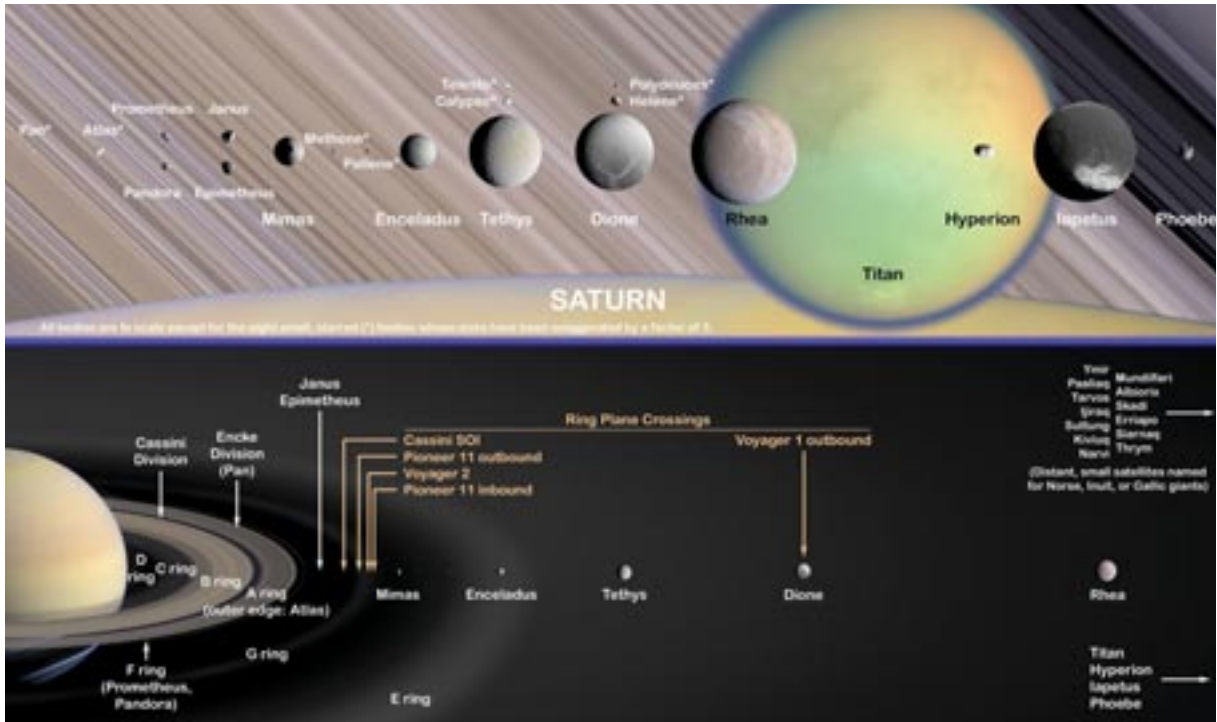
14 La Nube Menor de Magallanes es más pequeña, está más lejos y tiene forma de tubo, del cual vemos una "boca". Los dos objetos más brillantes de la imagen son los cúmulos globulares 47 Tucanae y NGC 362 ("Tucanita"), que no pertenecen a la Nube, sino que rodean la Vía Láctea en la misma dirección visual.

Más de 80

MUNDOS FASCINANTES EN NUESTRO SISTEMA SOLAR

Autora: Lic. Natalia Rossignoli, Universidad Nacional de La Plata y CONICET.

01



NASA/JPL/David Seal

Cuando hablamos de Saturno, siempre tenemos presente la imagen del planeta rodeado de su llamativo sistema de anillos, el más vistoso del sistema solar. Pero, además, Saturno tiene (hasta la fecha) el mayor número de satélites detectados. ¡Se han descubierto más de 80! Con tamaños que van desde Titán, que es más grande que el planeta Mercurio, hasta pequeños objetos de unos pocos kilómetros, estos satélites presentan una variedad impresionante de escenarios donde estudiar procesos físicos, dinámicos, geológicos y hasta astrobiológicos que ocurren en nuestra vecindad astronómica.

Si bien las observaciones desde la Tierra del sistema de Saturno ya habían permitido descubrir características de sus anillos y de varias de sus lunas, las misiones espaciales nos permitieron dar un salto cualitativo en nuestro conocimiento de este increíble planeta y su entorno. Primero sobrevolaron Saturno las misiones Pioneer 11, en 1979, y Voyager 1 y 2, en 1980 y 1981, respectivamente, que descubrieron varios satélites y recolectaron muchísimos datos sobre el sistema de anillos y las características físicas del planeta.

Sin embargo, estas misiones tenían múltiples objetivos y no habían sido diseñadas para orbitar el planeta, con lo cual todos los datos debían ser obtenidos en intervalos de tiempo acotados. Fue así como a finales de los años '80, la Agencia Espacial Europea (ESA) y la agencia es-

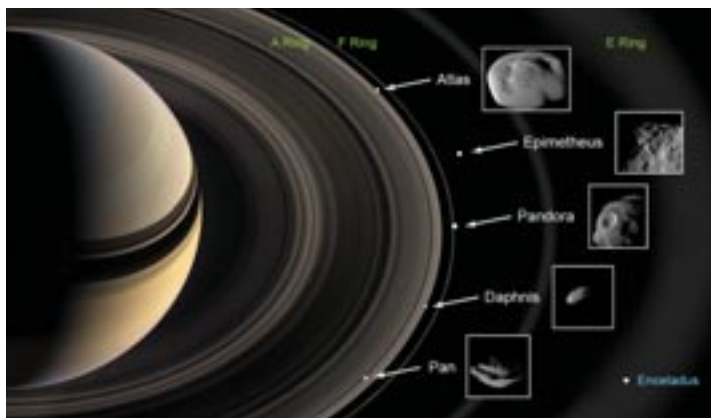
tadounidense de Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), se asociaron para diseñar una misión conjunta que sí orbite en torno a Saturno, realice sobrevuelos por sus satélites de mayor tamaño y se pose sobre la superficie de Titán para estudiarlo en detalle.

La NASA fue la encargada de diseñar la nave Cassini, y la ESA proporcionó la sonda Huygens para Titán, que

01 *Satélites de Saturno. En la mitad superior están representados a escala los 21 satélites de mayor tamaño junto a Saturno (graficado en color claro en el borde inferior). Los satélites con un asterisco al lado del nombre han sido ampliados 5 veces para ser distinguibles en la imagen. En la mitad inferior se muestran las posiciones de varios satélites de Saturno hasta una distancia de 582.320 km (equivalente a 10 radios de Saturno).*

02

NASA/JPL-Caltech



fue la primera en la historia en descender sobre una superficie en el sistema solar exterior. Entre 2004 y 2017 Cassini orbitó Saturno y los descubrimientos que realizó no solo cambiaron lo que sabíamos de este planeta, sino que revolucionaron nuestro conocimiento del sistema solar y abrieron interrogantes inesperados sobre las condiciones necesarias para encontrar vida.

En este artículo haremos un breve recorrido por los satélites más característicos de Saturno, describiremos sus aspectos más importantes y los hallazgos increíbles que se han producido en los últimos años en estos pequeños mundos.

Dos grandes grupos

En general, los satélites se pueden clasificar en dos grandes grupos de acuerdo a sus características orbitales. Los satélites regulares son aquellos que orbitan relativamente cerca del planeta y lo hacen de manera directa (es decir, en el mismo sentido que el de rotación del planeta) en órbitas circulares o de muy baja excentricidad, y con inclinaciones muy bajas o nulas, es decir, contenidas en el plano ecuatorial del planeta. En cambio, los satélites irregulares pueden tener órbitas tanto directas como retrógradas, alejadas del planeta, y en general poseen excentricidades e inclinaciones elevadas.

La diferencia entre ambas categorías radica en que posiblemente los satélites regulares se hayan formado a partir del mismo disco protoplanetario que formó el planeta, mientras que los irregulares, al estar por fuera del plano del disco, serían satélites capturados gravita-

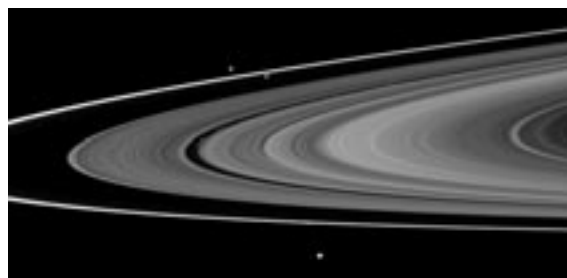
toriamente por el planeta.

En el caso de Saturno, a la fecha se han descubierto 24 satélites regulares y 58 irregulares. De los 24 satélites regulares, la mayoría tiene órbitas sincrónicas, es decir que, al igual que nuestra Luna, tardan lo mismo en dar una vuelta alrededor de su planeta central que en girar una vez sobre su eje. Debido a esto, esos satélites siempre exhiben la misma cara al planeta central. Además, como todo el sistema de Saturno orbita a una distancia media de 1400 millones de kilómetros del Sol, la temperatura en sus satélites es de entre 180 y 200 grados centígrados bajo cero. A estas tempe-

raturas, el hielo se comporta como roca sólida y puede sostener formaciones de varios kilómetros de altura, como montañas y cordilleras.

La mayoría de los satélites de Saturno tiene superficies compuestas por hielo de agua y, en su interior, contienen distintos porcentajes de hielo y roca. En cuanto a su ubicación respecto a Saturno, casi el total de los satélites está inmerso en complejas relaciones orbitales llamadas resonancias. Las resonancias orbitales entre un satélite y otro se dan cuando el período orbital de uno de los satélites es un múltiplo del período orbital del otro. Ejemplos de este fenómeno en el sistema de Saturno se dan en los pares de satélites Mimas - Tetis y Encélado - Dione, que están en resonancia 1:2. Esto significa que en el tiempo que le lleva a Dione (o Tetis) completar una vuelta alrededor de Saturno, Encélado (o Mimas) completa dos vueltas. Otro par muy representativo es el de Titán - Hiperión, que están en resonancia 3:4. En el tiempo que le lleva a Hiperión orbitar tres veces alrededor de Sa-

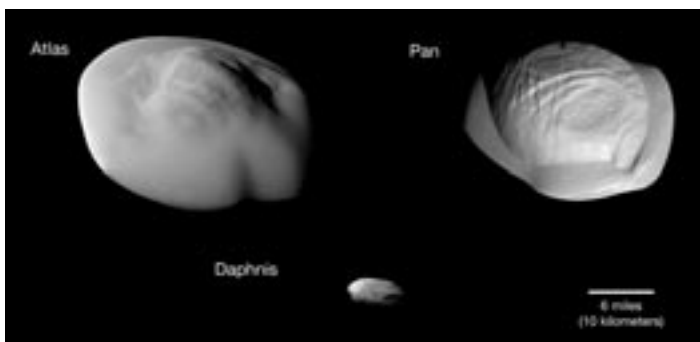
04



NASA/JPL/Space Science Institute

03

NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute



02 Varios de los satélites vinculados a los anillos A y F. Los satélites y los anillos no están a escala en la imagen.

03 Satélites vinculados al anillo A mostrados a escala. En esta imagen se pueden apreciar sus cordilleras ecuatoriales.

04 En la parte superior de la imagen se pueden ver los satélites pastores Pandora (izquierda) y Prometeo (derecha) orbitando por fuera y por dentro del anillo F, respectivamente, mientras que en la parte inferior se puede ver el satélite Epimeteo.

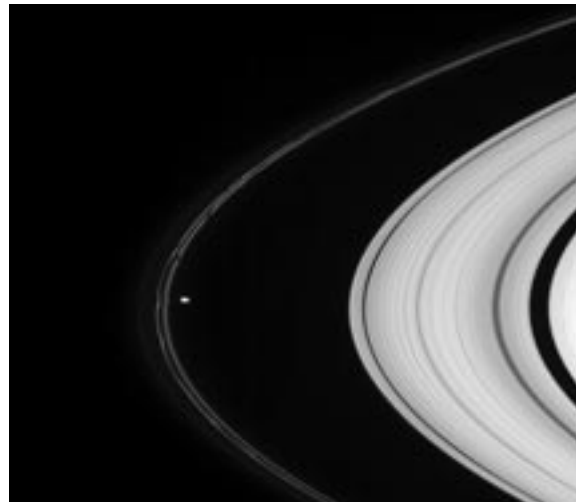
turno, Titán lo hace 4 veces.

En cuanto a la clasificación por tamaño, Saturno posee 7 satélites con diámetros medios mayores que 350 kilómetros (como comparación, el diámetro de nuestra Luna es de 3475 kilómetros) y 61 satélites con diámetros medios de menos de 20 kilómetros. La mayoría de los satélites pequeños son irregulares, con lo cual su tamaño y su distancia a Saturno hicieron que permanezcan fuera de nuestro rango de detección hasta hace relativamente pocos años. De hecho, todos los satélites irregulares excepto uno (Febe), fueron descubiertos después del 2000. Incluso 12 de ellos fueron descubiertos ¡en una sola noche!, el 12 de diciembre de 2004 con el telescopio Subaru de 8,2 metros de diámetro, en Mauna Kea, Hawái.

Lunas entre anillos

Si recorriéramos los satélites de Saturno empezando por los más cercanos al planeta (figura 02), nos encontraríamos primero con los satélites que orbitan dentro o muy cerca de los anillos B, A y F (los anillos fueron nombrados de acuerdo al orden de su descubrimiento y no en función de su distancia a Saturno). ¡Todos estos satélites toman menos de 15 horas en completar una vuelta alrededor de Saturno!

Para indicar sus distancias medias al planeta, adoptamos como referencia que un radio de Saturno es equivalente a 1 Rs=58.232 km. Los primeros satélites que encontramos son: S/2009 S 1 (diámetro medio d=300 metros),



NASA/JPL/Space Science Institute

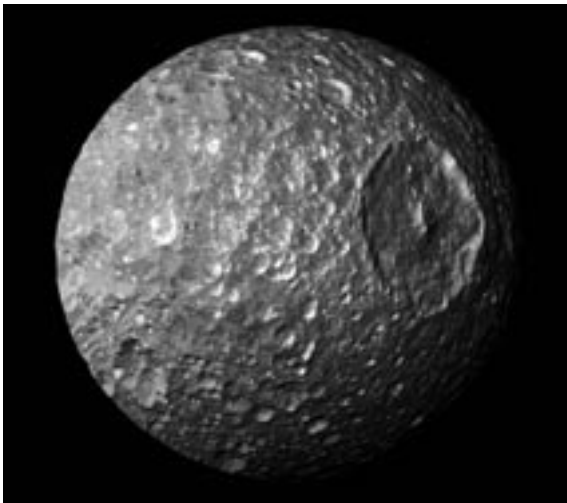
que orbita a una distancia de 2 Rs, en la parte exterior del anillo B; y Pan (d=28 km), Dafne (d=7,5 km) y Atlas (d=30 km), que orbitan a aproximadamente 2,3 Rs abriendo brechas en el anillo A (Pan y Dafne) o justo por fuera del anillo A (Atlas). Estos satélites fueron observados de cerca por la misión Cassini que, en el caso de Pan, Atlas y Dafne, detectó algo muy inusual: los tres satélites exhiben una cordillera ecuatorial muy prominente (figura 03). Este tipo de formación podría ser el resultado de la acumulación de partículas del propio anillo sobre el ecuador del satélite a lo largo del tiempo.

Luego, a una distancia de Saturno de 2,4 Rs se encuentran Prometeo (d=86 km) y Pandora (d=81 km), que orbitan respectivamente por dentro y por fuera del angosto anillo F (figura 04). Debido a esto, son conocidos como los satélites pastores del anillo F. Prometeo tiene además encuentros periódicos con el anillo, cuyo material es perturbado gravitatoriamente formando patrones muy característicos (figura 05).

Continuando con nuestra exploración, encontramos orbitando por fuera del anillo F, a una distancia de 2,6 Rs, a Jano (d=179 km) y Epimeteo (d=116 km), dos satélites que tienen una relación dinámica única en el sistema solar: ¡intercambian sus órbitas cada 4 años! Esta característica tan inusual ocurre debido a la combinación de sus propiedades orbitales. Al tener órbitas muy similares y masas comparables, la atracción gravitatoria mutua produce un efecto de libración que genera el intercambio

06

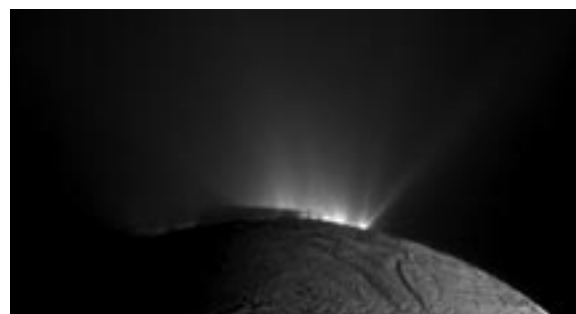
NASA/JPL/SSI



05 Prometeo tiene encuentros periódicos con el anillo F. En la imagen se puede ver Prometeo y las huellas de sus encuentros anteriores con el anillo, visibles en forma de canales oscuros que surcan el anillo.

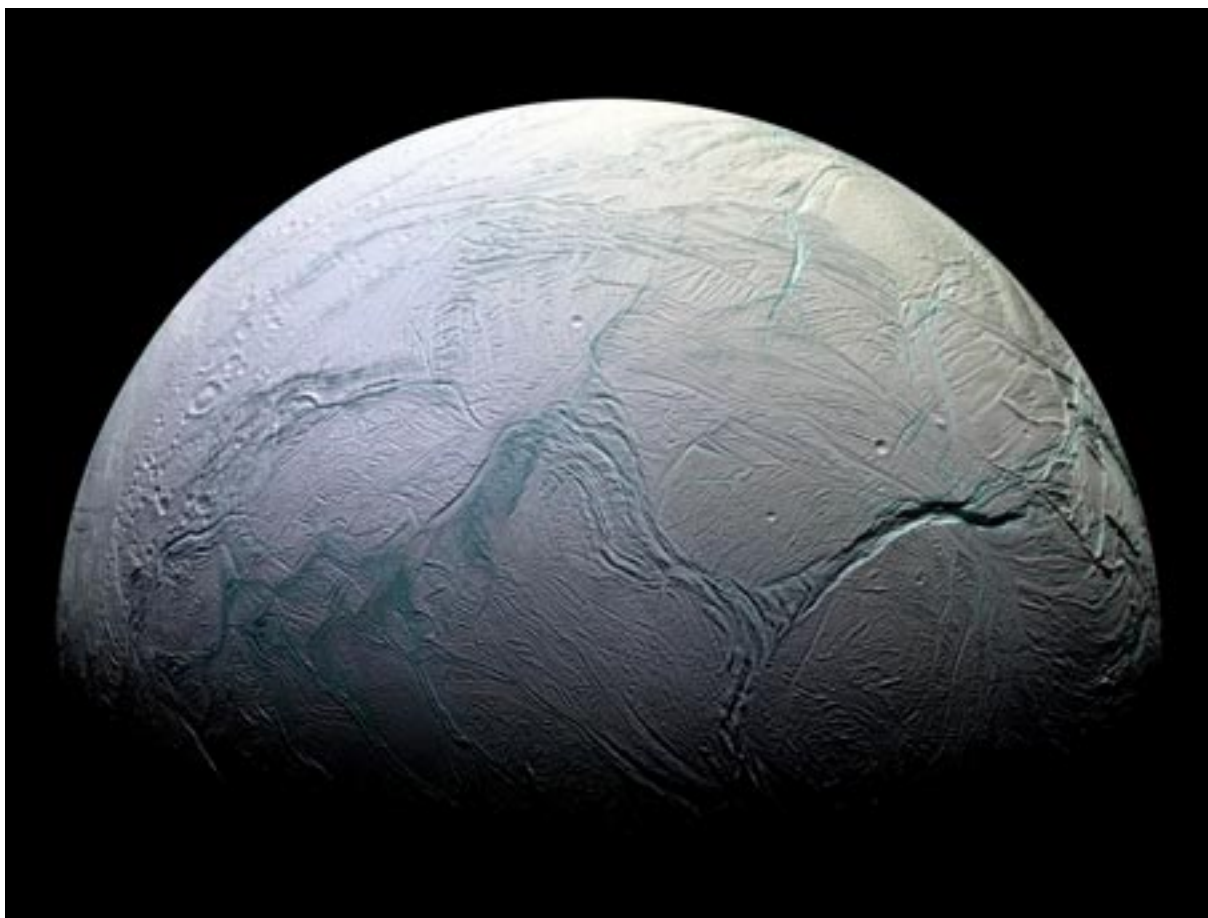
06 Mimas tiene una superficie densamente craterizada. En la imagen se puede visualizar el gran cráter Herschel a la derecha.

07 Encélado expulsa géiseres de partículas de hielo de agua y gas al espacio.



NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute

07



de órbitas de manera periódica. Este par de satélites demora solo 17 horas en completar una vuelta a Saturno. Alejándonos de Saturno, entre las órbitas de Jano y Epimeteo y la de Encélado, a 4 Rs, se encuentran cuatro pequeños satélites descubiertos por la misión Cassini: Egeón ($d=660$ m), Metone ($d=2,9$ km), Anthe ($d=1,8$ km) y Palene ($d=4,44$ km). Los cuatro orbitan dentro de arcos de escombros. Estos arcos posiblemente estén formados por material de las mismas lunas, que al recibir impactos despiden escombros y partículas de polvo que quedan orbitando junto a ellas. De hecho, se cree que el anillo G está enteramente compuesto de partículas provenientes de Egeón.

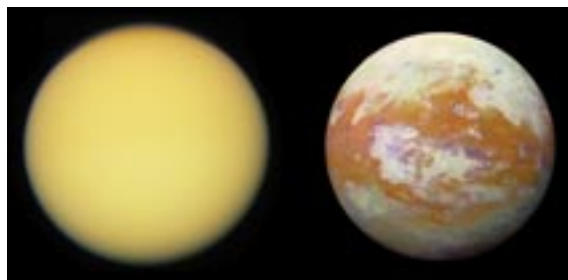
09



Satélites medianos, cráteres y océanos

Si seguimos nuestro viaje por este sistema, introducimos ahora los denominados “satélites medianos de Saturno”. Ordenados de menor a mayor distancia orbital al planeta, estos son: Mimas ($d=396$ km), Encélado ($d=504$ km), Tetis ($d=1062$ km), Dione ($d=1123$ km), Rea

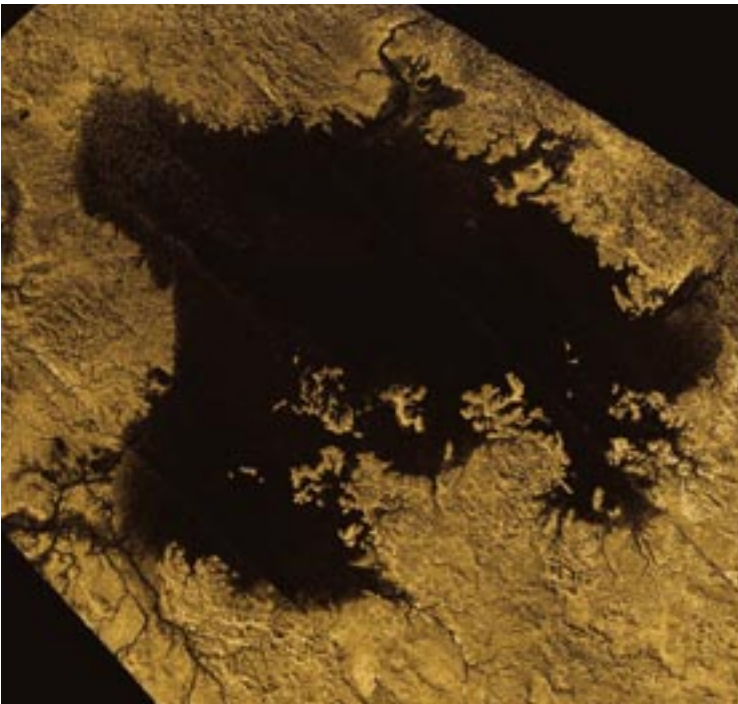
10



08 Encélado posee múltiples fisuras en su superficie.

09 Ilustración de las órbitas de Tetis y Dione junto a sus satélites troyanos. Los tamaños no están a escala.

10 Al observar Titán en el rango de longitudes de onda del visible, su superficie queda oculta por su atmósfera (imagen de la izquierda). En cambio, combinando distintas imágenes tomadas en el infrarrojo se pueden distinguir ciertas características de su superficie (imagen de la derecha).



($d=1527$ km), Hiperión ($d=270$ km) y Jápeto ($d=1468$ km). Mimas y Encélado fueron descubiertos por William Herschel en 1789, mientras que Tetis, Dione, Rea y Jápeto fueron descubiertos por Giovanni Cassini entre 1672 y 1684. El descubrimiento de Hiperión fue unos años más tarde, en 1848, y se atribuye a William Bond y William Lassell.

Mimas se encuentra a 3,18 Rs de Saturno, tarda 23 horas en completar una órbita alrededor del planeta y tiene una de las superficies con más cráteres de impacto de todo el sistema solar. Tal es así que hasta tiene un cráter, llamado Herschel, de 130 km de diámetro; es decir, ¡de un tercio de su diámetro! Esto hace que su aspecto recuerde a la “Estrella de la Muerte” de Star Wars (figura 06). Este tipo de cráteres son los vestigios de un pasado turbulento en la vida de estos satélites. De hecho, se cree que el impacto que generó este cráter estuvo cerca de destruir el satélite.

Encélado orbita a 4 Rs de Saturno y demora 33 horas en completar una vuelta al planeta. Entre los descubrimientos más impresionantes de la misión Cassini se encuentra el de los géiseres de vapor de agua y gases que salen periódicamente de fracturas en la superficie del polo sur de este satélite (figura 07). Estos jets provienen de un océano de agua salada que se encuentra debajo de la superficie y pueden expulsar material a grandes distancias. De hecho, a partir de este descubrimiento se considera que Encélado es la fuente principal del material que compone el anillo E, uno de los anillos más difusos de Saturno. La superficie de este satélite es de las más reflectantes del sistema solar (figura 08), ya que gran parte del material expulsado al espacio cae nuevamente sobre la superficie, cubriéndola de fino polvo de hielo. Además, esto convierte a este satélite en un objetivo de interés astrobiológico, ya que el océano

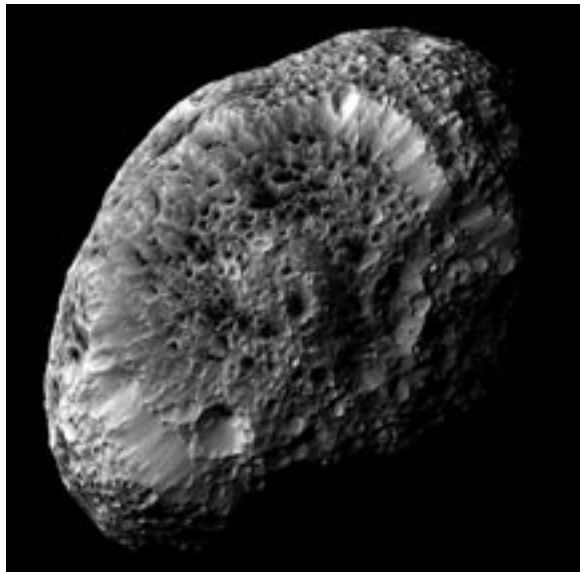
subsuperficial podría albergar vida. Las mediciones de temperatura en las fisuras indican que están a 70° bajo cero, mientras que la temperatura regional en la superficie es de 180° bajo cero. Esta diferencia de temperaturas se cree que proviene del calentamiento por mareas. Mientras que en la Tierra el calentamiento por mareas proviene de la influencia gravitatoria del Sol y la Luna, en Encélado este efecto es mayormente producido por Saturno.

Tetis y Dione orbitan Saturno a una distancia de 5 Rs y 6,48 Rs, respectivamente, y tardan 45 y 66 horas, respectivamente, en completar una vuelta alrededor de Saturno. Además, ¡no están solas en sus órbitas! Ambas poseen satélites “troyanos”, que son aquellos que comparten la órbita con otro satélite de mayor tamaño, y se ubican 60° por delante y 60° por detrás del satélite mayor, en los llamados “puntos lagrangianos” (figura 09). Esta configuración es dinámicamente estable y se puede

ver también en otros lugares del sistema solar, como en los troyanos de Júpiter.

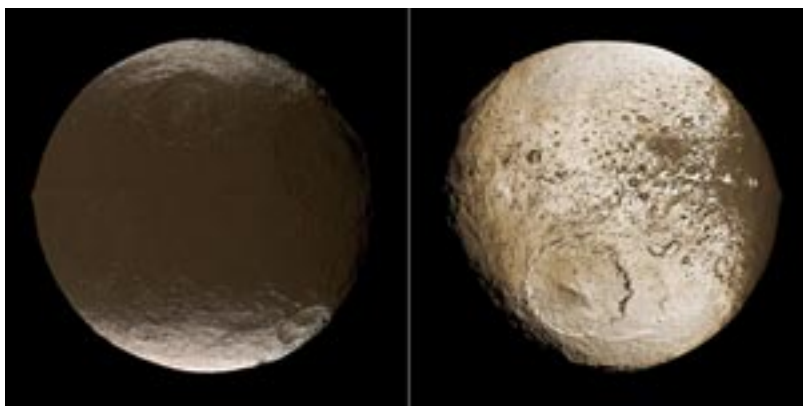
Tetis, al igual que Mimas, tiene una superficie con elevado número de cráteres. El de mayor tamaño, llamado Odysseus, tiene 400 km de diámetro. Un impacto de esa magnitud podría haber destruido el satélite, por lo cual se cree

12



11 Las imágenes de radar permiten atravesar la atmósfera del satélite y observar su superficie. En esta imagen de radar tomada por Cassini se puede observar en color oscuro el Ligeia Mare, un lago de Titán de 400 km de extensión, compuesto de metano y etano líquidos. La superficie sólida del terreno se ve en color dorado.

12 Hiperión tiene una superficie saturada de cráteres bien conservados.



que ocurrió en una etapa en la que la composición interna de Tetis no estaba completamente solidificada. Además, este impacto podría haber formado el valle que se extiende a lo largo de 2000 km en la cara del satélite opuesta a Odysseus. La superficie de Tetis es altamente reflectante, lo que indica una abundancia de hielo de agua. Esto podría deberse a que constantemente llegan a este satélite partículas del anillo E. Los dos satélites troianos de Tetis son Telesto ($d=24,8$ km) y Calipso ($d=21,4$ km).

Dione, al igual que Encélado, podría también contener un océano de agua subsuperficial a una profundidad de 100 km, pero en este satélite no se han observado géiseres. Su superficie también es afectada por partículas del anillo E y posee una alta densidad de cráteres en la cara opuesta a su dirección de movimiento. Sus dos satélites troianos son Helena ($d=35,2$ km) y Pollux ($d=2,6$ km).

Rea orbita a 9,05 Rs de Saturno y su período orbital es de 4 días y medio. Su superficie está aún más craterizada que la de Tetis y Dione, y se cree que el aumento de la distancia a Saturno podría contribuir a preservar los cráteres a lo largo de escalas de tiempo mayores. En 2005, luego de un sobrevuelo por el satélite, Cassini detectó lo que podría ser un anillo de escombros alrededor de Rea. Este tipo de formaciones podría deberse a un impacto en el pasado que generó material remanente que quedó orbitando alrededor del satélite.

Titán, el más grande

Más allá de Rea, nos encontramos con el satélite de mayor tamaño de Saturno y el segundo satélite más grande del sistema solar: Titán (diámetro medio $d=5150$ km), descubierto en 1655 por Christiaan Huygens. Orbitando a casi 21 Rs (1,2 millones de km) de Saturno, Titán completa una vuelta al planeta en casi 16 días terrestres, y es el único satélite del sistema solar donde se ha detectado una atmósfera densa compuesta mayormente de nitrógeno (figura 10).

Gracias a la sonda Huygens, que se posó sobre la superficie de Titán en 2005, se pudo determinar que la densidad atmosférica en su superficie es 4 veces mayor que la terrestre. Esta característica no es la única particularidad de este satélite, sino que además los datos recolectados por la misión Cassini han podido confirmar la presencia de líquidos en su superficie! Mediante las imágenes de radar se pudieron detectar ríos, lagos y hasta mares de metano líquido (figura 11). De hecho, Titán posee un

ciclo hidrológico similar al de la Tierra, pero basado en metano. Esto ha convertido a Titán en un objeto de importante interés astrobiológico, a punto tal que la NASA ha confirmado ya la misión Dragonfly, que visitará Titán en búsqueda de huellas astrobiológicas a partir de 2034. Por su parte, Hiperión orbita a 25,43 Rs de Saturno con un período orbital de 21,2 días, y es un satélite sumamente peculiar. Su superficie está saturada de cráteres y parece ser capaz de preservarlos a la perfección durante millones de años (figura 12). Esto le da un aspecto coralino que le ha ganado el nombre de satélite “esponja”. Quizás la clave de que sus cráteres estén tan bien conservados sea la combinación de su baja densidad y alta porosidad, ya que entonces al recibir impactos se genera poca cantidad de eyecta. En la mayoría de los satélites, este material suele cubrir la superficie de las inmediaciones del impacto, contribuyendo a borrar los vestigios de cráteres. Además, Hiperión posee una forma irregular y rota sobre su eje de forma caótica, con lo cual no está en rotación sincrónica con Saturno. Estos factores podrían indicar que Hiperión en realidad era parte de un objeto de mayor tamaño que fue fragmentado por una colisión.

El más lejano de los satélites medianos de Saturno, Jápeto, orbita a 61,15 Rs. Su órbita está inclinada $\approx 15^\circ$ respecto al plano ecuatorial de Saturno, mientras que las del resto de los satélites regulares no tienen inclinaciones mayores que $1,6^\circ$. También conocido como el Yin-yang del sistema solar, su superficie muestra una dicotomía única en este sistema (figura 13). El lado que apunta en el sentido del movimiento es completamente oscuro, mientras que el opuesto es más reflectante. Esto podría deberse a que, al estar tan alejado de Saturno, el período orbital de Jápeto es de 79 días. Esto le da tiempo a sublimar el hielo en la cara de su superficie que apunta en el sentido del movimiento, dejando expuesto el material más oscuro. Este material podría provenir de partículas del sistema solar exterior que el satélite va encontrando a su paso (como partículas del anillo de Febe que explicaremos más adelante), que en esa zona son mucho más oscuras debido a la baja interacción con la luz solar. Además, su superficie está dividida por una cordillera ecuatorial de montañas de 10 km de altitud y tiene un elevado número de cráteres; el más grande, de casi 770 km de diámetro.

13 La superficie de Jápeto muestra una dicotomía muy llamativa. En la imagen es visible la cordillera ecuatorial que se extiende a lo largo de la mitad del satélite.

Febe

Habiendo finalizado el recorrido por los satélites regulares de Saturno, recién a una distancia media de 221,7 Rs (casi 13 millones de km) nos encontramos con Febe ($d=213$ km). Este satélite irregular orbita en sentido retrógrado, es decir, opuesto al sentido de rotación de Saturno, y tarda 18 meses terrestres en completar una vuelta alrededor del planeta. Fue el único satélite irregular observado de cerca por la misión Cassini (figura 14), cuya trayectoria fue programada para tener un encuentro cercano con este satélite en 2004. Debido a que su órbita está inclinada $\approx 152^\circ$ respecto al plano ecuatorial de Saturno y a que su superficie es oscura, se cree que podría ser un objeto capturado gravitatoriamente por Saturno, y que podría provenir del sistema solar exterior, más allá de Neptuno.

En 2009 el telescopio espacial infrarrojo Spitzer, de la NASA, detectó un anillo extremadamente extenso y muy difuso que contiene a la órbita de Febe, abarca distancias a Saturno entre 100 y 250 Rs y tiene 40 Rs de grosor (figura 15). Las partículas de este anillo se mueven en sentido retrógrado al igual que Febe, y se cree que podrían haber sido originadas a partir de material despedido de impactos que recibió el satélite. De ahí que actualmente se crea que podrían explicar la dicotomía de la superficie de Jápeto ya que, al orbitar, algunas de ellas pueden desviarse de su curso y terminar impactando con la cara delantera de Jápeto, que orbita en sentido contrario. En la figura 15 se puede ver además que todo el sistema de Saturno, desde el planeta hasta Titán, está mayormente alineado con el plano ecuatorial del planeta, que está inclinado $26,7^\circ$ respecto a su plano orbital, de igual manera que el ecuador terrestre está inclinado $23,44^\circ$ respecto al plano de la órbita alrededor del Sol.

Más allá de la órbita de Jápeto, además de Febe podemos encontrar decenas de satélites irregulares de Saturno.

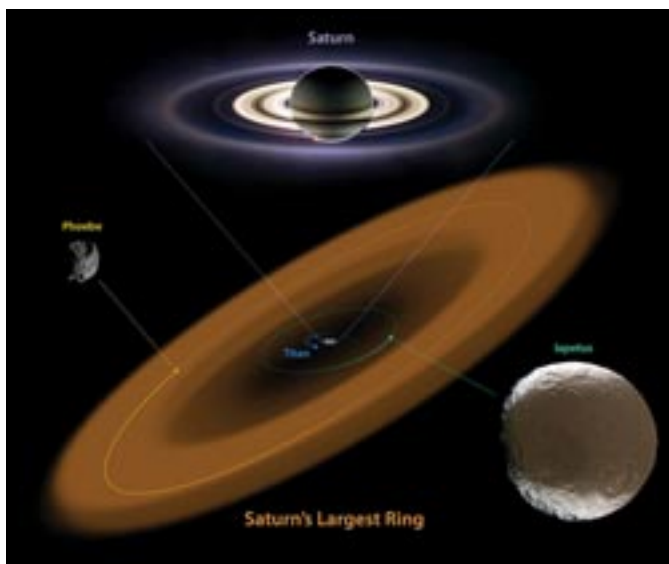
14

NASA/JPL-Caltech



14 Febe tiene una forma irregular y una superficie altamente craterizada.

15 Ilustración del anillo que contiene a la órbita de Febe. Este anillo se extiende por millones de kilómetros alineado con el plano de la órbita de Saturno alrededor del Sol.



Hasta el momento, exceptuando a Febe, ninguno de los satélites irregulares detectados tiene un diámetro superior a 40 km, y se cree que podrían ser objetos errantes que fueron capturados por Saturno. Su origen posiblemente esté en una región que se extiende más allá de Neptuno, y que podría ser no solo la fuente de estos satélites irregulares, sino la fuente principal de todos los objetos impactores que han colisionado con los satélites de Saturno y otros objetos a lo largo de miles de millones de años, dejando sus huellas en los cráteres que observamos para que, a través de ellos, descubramos la historia de todo nuestro sistema solar. Seguramente, las próximas misiones al sistema de Saturno nos sigan sorprendiendo con descubrimientos increíbles e inesperados. Quizás, incluso, hallemos alguna forma de vida exótica. ■

La autora

Natalia Rossignoli es Licenciada en Astronomía por la UNLP, docente en la Facultad de Ingeniería de la UNLP y becaria doctoral del CONICET en el IALP bajo la dirección de la Dra. Romina Di Sisto y la codirección de la Dra. Gabriela Parisi. Investiga el origen y la craterización de los satélites de los planetas gigantes. Perteneció también al Grupo Origen de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata: <http://go.fcaglp.unlp.edu.ar/difusion/>
Para seguir aprendiendo acerca de estos temas, ingresá a la versión original del artículo disponible en el Boletín de Divulgación Científica y Tecnológica del IAR, año 18, número 70: <https://www.iar.unlp.edu.ar/boletin/los-satelites-de-saturno/>
El Boletín Radio@stronómico es una publicación trimestral donde se incluyen adelantos, investigaciones y actividades desarrolladas en el Instituto en las áreas de Astronomía y Radioastronomía, Transferencia Tecnológica y Servicios Tecnológicos.

Referencias y sitios de interés

solarsystem.nasa.gov/moons/saturn-moons
planetary.org/worlds/saturn

Rothery, D. (2015). Moons: a very short introduction. Oxford University Press, Oxford.

The Saturn System Through the Eyes of Cassini. Disponible para descargar en: nasa.gov/connect/ebooks/the-saturn-system.html
Recorrido por el sistema de Saturno: eyes.nasa.gov/apps/orrery/#/saturn
Para ver en YouTube: descenso de la Sonda Huygens en Titán. Producción: Lunar and Planetary Lab, University of Arizona
youtu.be/c8tCa2UJL9Y

Los más grandes cometas de las últimas décadas

LAS 8 MARAVILLAS

Autor: Lic. Mariano Ribas, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

01

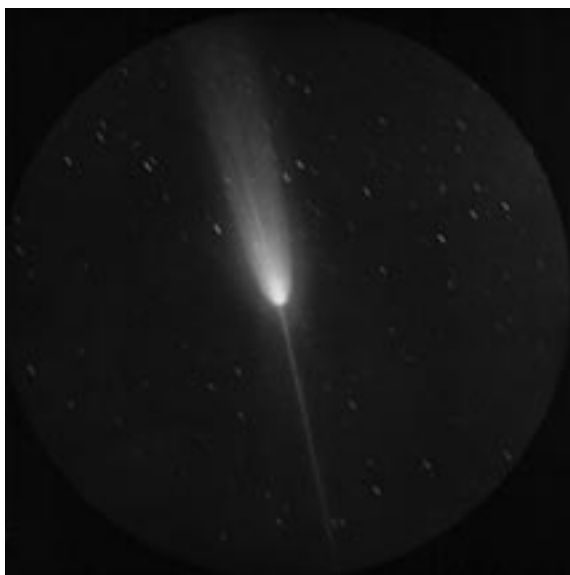
ESO



Los grandes cometas son espectáculos astronómicos verdaderamente impactantes, pero poco frecuentes. Aparecen de pronto, sin aviso, y se roban todas las miradas. Brillan, deslumbran, conmueven e, incluso, asustan. Pero luego de varias semanas de esplendor, se van, así como vinieron. Detrás de esas “cabezas” neblinosas que arrastran delicadas estelas, se esconden pequeños amasijos de hielo, roca y polvo que se transforman al acercarse al Sol y alteran la habitual calma de los cielos terrestres.

Fantasma de largas y elegantes colas que se despa-
rraman entre las estrellas. Durante milenios, los co-
metas asombraron y espantaron por igual a la
humanidad, y dispararon toda clase de miedos y supersti-
ciones. Una y otra vez, en todas partes fueron recibidos
como funestas señales de guerras, epidemias, hambrunas y
desastres naturales. Quienes intentaron ir un poco más allá,
debieron rendirse ante su carácter insolente e impredecible.
Pero desde los tiempos de Newton y Halley, la astronomía
comenzó a entenderlos y hasta “domesticarlos”, bajo las
mismas leyes que rigen el movimiento de los planetas.
Durante el siglo XX descubrimos que los cometas son pe-
queños objetos de hielo, roca y polvo que, radiación y
viento solar mediante, sufren una espectacular metamor-
fosis cada vez que se aproximan al Sol.
Se cuentan de a miles; quizás, de a millones. Sin embargo,

desde la perspectiva humana no todos los cometas son
iguales. Hay algunos, apenas unos pocos por siglo, que an-
teponen a sus nombres un título que se ganan a pura es-
pectacularidad: “Gran Cometa”. Son aquellos que
impactan visualmente a ojo desnudo (no con telescopios),
que sorprenden, maravillan y despiertan la curiosidad de
hasta el más inexperto y distraído de los observadores.
Para ser un “Gran Cometa” hay que cumplir varios requi-
sitos: alcanzar mucho brillo, desplegar grandes colas (de
más de 10 o 15 grados de largo), tener varias semanas de
óptima visibilidad y ser observados fácilmente por gran
parte de la humanidad. Para lograr todo eso, un cometa
tiene que pasar relativamente cerca del Sol y de la Tierra
(a pocas decenas de millones de kilómetros), pero también
tiene que mostrarse muy activo, es decir, reaccionar inten-
samente al calor solar, para sublimar sus hielos (principal-



mente de agua, pero también de monóxido y dióxido de carbono, amoníaco, metano, entre otros) a muy buen ritmo, y liberar grandes cantidades del polvo atrapado en su frágil estructura. Solo así se hacen verdaderamente brillantes al reflejar la luz solar, y generan las espectaculares colas que los definen. A fin de cuentas, cometas viene de “*kometes*”, que significa “(astro con) cabellera”.

A continuación, vamos a mirar el pasado para encontrarnos con los ocho Grandes Cometas de las últimas décadas; ocho maravillas astronómicas.

1957: doblete cometario

Hace poco más de sesenta años, dos Grandes Cometas aparecieron con un intervalo de apenas unos meses. Algo sumamente raro. El primero fue descubierto en noviembre de 1956 por Sylvain Arend y Georges Roland, del Observatorio Real de Bélgica, situado en la ciudad de Uccle. El **Gran Cometa Arend-Roland** (C/1956 R1) alcanzó su máximo esplendor en abril de 1957, cuando llegó a su mínima distancia del Sol y de la Tierra, con una magnitud visual cercana a 0 (similar a las estrellas más brillantes), una cola de gas y polvo de unos 20° de largo (40 lunas en fila) y algo sumamente especial: una *anticola* que se extendía de la cabeza del cometa (la coma) hacia “adelante”. En principio, esto parecía violar la ley de hierro de los cometas: sus colas siempre apuntan en dirección opuesta al Sol porque son empujadas por la radiación y el viento solar, una corriente de partículas que emite nuestra estrella. Pero

01 El Gran Cometa McNaught observado en el hemisferio sur, en enero de 2007.

02 El Gran Cometa Arend-Roland, el 25 de abril 1957, desde el Armagh Observatory, en Irlanda del Norte. Se aprecia claramente la “anticola”.

03 El Gran Cometa Arend-Roland en la tapa de la revista *Sky and Telescope*.

solo se trataba de un truco de perspectiva: en realidad, la anticola del Arend-Roland era el tramo final de la verdadera cola, curvada en forma de “U” y vista de canto.

Poco más tarde, el 29 de julio, el astrónomo checo Antonín Mrkos encontró su cometa, ¡a simple vista!, apenas asomado sobre el horizonte oriental antes de la salida del Sol. A comienzos de agosto, el **Gran Cometa Mrkos** (C/1957 P1) ya había alcanzado la magnitud 1 y arrastraba una cola de polvo particularmente brillante, retorcida y estriada, que medía 10° de largo. El Mrkos pudo verse a ojo desnudo hasta fines de septiembre de 1957, y varias semanas más con pequeños telescopios.

Tras semejante rareza estadística, hubo quienes pensaron que la siguiente maravilla tardaría mucho en aparecer. Pero no fue así. La pausa fue bastante corta y trajo uno de los cometas más impresionantes de la historia.

1965: el magnífico y osado Ikeya-Seki

Dos jóvenes astrónomos aficionados japoneses le pusieron sus apellidos al cometa más grande del siglo XX. El 8 de septiembre de 1965, con 5 minutos de diferencia, Kaoru Ikeya y Tsutomu Seki descubrieron un objeto que, según cálculos posteriores, terminaría rozando el Sol, literalmente. Justamente por eso, el **Gran Cometa Ikeya-Seki** (C/1965 S1) tenía todo a favor para alcanzar un brillo impresionante en los cielos de nuestro planeta.

Y así fue: el 21 de octubre el cometa pasó a solo 400.000 km del Sol y brilló tanto que pudo verse a ojo desnudo a su lado, a menos de 1° de distancia, con una pequeña cola plateada. Se estima que en ese momento la cabeza del



04

Charles Kearns, George Abell y Byron Hill



22 DE AGOSTO

24 DE AGOSTO

26 DE AGOSTO

27 DE AGOSTO

Ikeya-Seki alcanzó una magnitud visual de -10 o -11 (cientos de veces más brillante que Venus). Fue justamente esa extrema (y peligrosa) cercanía a nuestra estrella la que elevó brutalmente la temperatura de ese pequeño bloque de hielo y roca, y lo obligó a sublimar sus materiales a un ritmo infernal y a liberar chorros de gas y polvo que, a su vez, reflejaban muchísima luz solar.

En los días sucesivos, y ya bastante más separado del Sol, el cometa hizo su entrada triunfal en el cielo del amanecer. A fines de octubre desplegó una cola de unos impresionantes 60 grados de largo, que se extendía unos 200 millones de kilómetros en el espacio interplanetario. El Ikeya-Seki pagó un precio muy alto por su osado coqueteo

solar: su núcleo se fragmentó en 3 partes. Y así, partido, todo roto, inició su larguísimo regreso orbital (de siglos) a los confines más oscuros del sistema solar. ¿Pero quién le quita la gloria?

Por su parte, Kaoru Ikeya y Tsutomu Seki, tras haber entrado en la historia grande de la astronomía, a los 77 y 90 años de edad, respectivamente, siguen patrullando el cielo con el mismo entusiasmo de antaño.

1970: el turno del Bennett

Cinco meses después del alunizaje del Apolo 11, el 28 de diciembre de 1969, el sudafricano John Caister Bennett, otro astrónomo amateur, encontró una nueva criatura

05

Roger Lynds, National Optical Astronomy Observatory, EEUU.



mientras exploraba la muy austral constelación del Tucán. En aquel momento, el nuevo cometa no era más que un “manchoncito” de luz, apenas perceptible con buenos telescopios. Pero con el correr de los meses, a medida que se acercaba al Sol, fue ganando luminosidad. A comienzos de abril de 1970, tras alcanzar su perihelio, el **Gran Cometa Bennet** (C/1969 Y1) ya era todo un espectáculo en el crepúsculo matutino. Poseía una magnitud visual cercana a 0 y complejas colas de gas y polvo de 10 y 20 grados de largo, respectivamente, y pudo verse a ojo desnudo hasta comienzos de mayo. John Caister Bennett falleció en 1990, pero su famoso cometa, tras completar una inmensa órbita, volverá a acercarse al Sol (y a la Tierra) hacia el año 3650.

1976: el cometa “abanico”

Luego del fiasco del Kohoutek (1973), que prometía mucho pero que nunca llegó a deslumbrar (ver Si Muove N° 13, página 11), un auténtico grande arribó desde las profundidades del sistema solar. Fue detectado en noviembre de 1975 por el danés Richard West, desde el Observatorio Europeo del Sur, en Chile.

A comienzos de 1976 se veía que su alta tasa de emisión de gas y polvo daba cuenta de un cometa especialmente activo. A fines de febrero, cuando alcanzó su perihelio, su brillo trepó a niveles sorprendentes: observadores de ambos hemisferios lo vieron a plena luz del día con simples binoculares. El **Gran Cometa West** (C/1975 V1) rondaba la magnitud visual -3, o quizás, -4 (un brillo similar al de Venus).

Durante la primera semana de marzo, los observadores del hemisferio norte lo recibían en el cielo de la madrugada: la cabeza del West era amarillenta, casi dorada, y su impresionante cola de polvo, de más de 30 grados de largo, era curva y se desarmaba en finas estrías. Parecía un gigantesco abanico colgado en el azulado cielo crepuscular. Quienes lo observaron, juran que pocas veces en la vida vieron algo de tanta belleza en el firmamento.

¿Y el Halley?

Las décadas del '50, '60 y '70 tuvieron sus grandes cometas. Pero los años '80 nos fallaron. ¿Y el Halley, en 1986, acaso no fue un gran cometa? No. Más allá de su fama, su peso histórico y la enorme expectativa que despertó su última visita, el más famoso de los cometas dejó mucho que desear en nuestros cielos, principalmente, debido a las desfavorables distancias y posiciones relativas entre el Sol, la Tierra y el propio cometa.

Con suerte, en su mejor momento (en abril de 1986), el Halley alcanzó la magnitud 2. En ciudades con alta contaminación lumínica, como Buenos Aires, apenas pudimos verlo a ojo desnudo como una pequeña y pálida nubecita, solo sabiendo muy bien hacia dónde mirar. Ni siquiera con binoculares podía apreciarse algo de su cola. En cielos oscuros, en cambio, el Halley resultó ser bastante más interesante, pero de ningún modo espectacular. Para compensar el bache de los '80, la década del '90 trajo dos maravillas, una pegada a la otra.



A. Fujii, D. Malin

1996: Hyakutake, “jai-ku-ta-kei... jai-ku-ta-kei”

Mediante unos súper binoculares de 25x150, el japonés Yuji Hyakutake descubrió un cometa durante la Navidad de 1995. Pero ese pasó sin pena ni gloria. Lo increíble fue que apenas cinco semanas después, el 31 de enero, el perseverante Yuji se despachó con otro cometa. Y ese sí fue inolvidable.

Con el correr de las semanas, el recién llegado fue ganando brillo a paso firme. A fines de febrero podía verse a simple vista en cielos oscuros y mostraba una cola de 4 o 5 grados de largo. Al mes siguiente ya tenía colgado su título: el **Gran Cometa Hyakutake** (C/1996 B2) alcanzó su mayor esplendor en nuestros cielos australes en la madrugada del 24 de marzo. A simple vista mostraba una fina cola de 25 grados de largo. Su cabeza (la coma) tenía el tamaño aparente de la Luna (medio grado) y un color ligeramente verdoso. Fue entonces cuando tomamos esta fotografía (imagen 8) con cámara de rollo y seguimiento manual durante 10 minutos, desde una isla del delta entrerriano. Al día siguiente, cuando lo perdimos de vista por estos pagos, el espléndido cometa alcanzó su mínima distancia a la Tierra: apenas 15 millones de kilómetros, un 10% de la distancia que nos separa del Sol. Eso fue fundamental para hacer “grande” al Hyakutake.

04 El Gran Cometa Mrkos tomado con el telescopio Schmidt de 1,2 metros de Monte Palomar, EE.UU., en agosto de 1957.

05 Cometa Ikeya-Seki, en 1965.

06 Gran Cometa Bennet, en 1970.



A principios de abril, observadores del hemisferio norte reportaban el brillo del cometa en torno a la magnitud 0 y una cola de entre 80 y 100 grados de largo: ¡medio cielo! Yuji Hyakutake (quien murió joven, en 2002) nos dejó una anécdota en sintonía con la fibra de todo astrónomo amateur. En aquellos tiempos, los medios de comunicación occidentales solían preguntarle, una y otra vez, cómo se pronunciaba su apellido. Él, con toda paciencia, repetía: “*jai-ku-ta-kei... jai-ku-ta-kei*”. Pero inmediatamente decía: “*No importa tanto el nombre. Lo que importa es que mucha gente pueda disfrutar del cometa. Eso es lo mejor que me puede pasar*”.

1997: un “súper cometa”

Curiosamente, el Gran Cometa de 1997 fue descubierto antes que el Gran Cometa de 1996 (el Hyakutake). Durante la noche del 22 de julio de 1995, en Nuevo México, EE.UU., el astrónomo aficionado Alan Hale estaba explorando con su telescopio la constelación de Sagitario. Para su sorpresa, notó una manchita de luz que “no debía estar allí”. Al mismo tiempo, en Arizona, Thomas Bopp veía lo mismo. Era un nuevo cometa que marchaba hacia el Sol. Si bien es cierto que el **Gran Cometa Hale-Bopp** (C/1995 O1) pudo verse a simple vista durante buena parte de 1996, su verdadero show fue en marzo y abril de 1997, en torno a su perihelio, cuando alcanzó una magnitud visual de -1 (por entonces, no podía verse desde nuestras latitudes

australes). Sus dos colas, de unos 10 a 15 grados de largo, lucían claramente abiertas y diferenciadas. La de polvo era más corta, brillante, amarillenta y curva; y la de gas, azulada, fina y muy recta.

El Hale-Bopp dejó de verse a ojo desnudo recién en diciembre de 1997, después de un año y medio. Un récord absoluto para un verdadero súper cometa. Mientras que la mayoría de los cometas tienen núcleos de unos pocos kilómetros de diámetro, el Hale-Bopp medía 40 kilómetros, tal como revelaron las observaciones del Telescopio Espacial Hubble. Si en lugar de haber pasado a más de 150 millones de kilómetros de la Tierra, lo hubiera hecho a una distancia mucho menor (como el Hyakutake), su brillo se habría acercado al de la Luna en cuarto creciente (o menguante) y sus colas hubiesen ocupado casi todo el firmamento.

La memorable aparición del Hale-Bopp tuvo un costado sumamente triste y oscuro. Por aquel entonces circularon toda clase de disparates. El más resonante era que el cometa “venía acompañado de cerca por un plato volador”. Como tantas veces ocurre, la combinación de irracionalidad, ignorancia y fanatismo puede conducir a la muerte. En Estados Unidos, un grupo de casi 40 desequilibrados, pertenecientes a la secta Puerta del Cielo, vieron el Hale-Bopp como una “señal” que los invitaba a un suicidio colectivo, destinado a dejar sus cuerpos terrenales para llegar hasta la supuesta nave espacial “salvadora” que seguía al cometa. Antes de envenenarse, los suicidas guardaron algo de dinero en sus bolsillos para llevar en su supuesto “viaje astral”.

2007: el cometa soñado

Pasó toda una década sin cometas imponentes, pero la espera valió la pena. Apenas comenzado 2007, un cometa descubierto unos meses antes se encendió en los cielos con una furia inusual. Ni su propio descubridor, el astrónomo australiano Robert McNaught, se imaginaba semejante show astronómico.

En los primeros días de enero, el **Gran Cometa McNaught** (C/2006 P1) solo se podía ver desde el hemisferio norte y en forma bastante marginal. Pero día a día se hizo más brillante y, en el momento de su perihelio (el 13 de enero), muchos observadores lo vieron con binoculares a escasos grados del Sol, algo que no ocurría desde los tiempos del Ikeya-Seki. Las estimaciones visuales -incluyendo las de quien esto escribe- indican que ese día el cometa tocó la magnitud -5 o -6, el doble o el triple del brillo de Venus.

Inmediatamente después de su perihelio, hacia el 15 y 16 de enero, el McNaught hizo su entrada formal en el firmamento austral, durante los crepúsculos vespertinos. Y entonces se desató la fiesta cometaria más grande que se recuerde en dé-

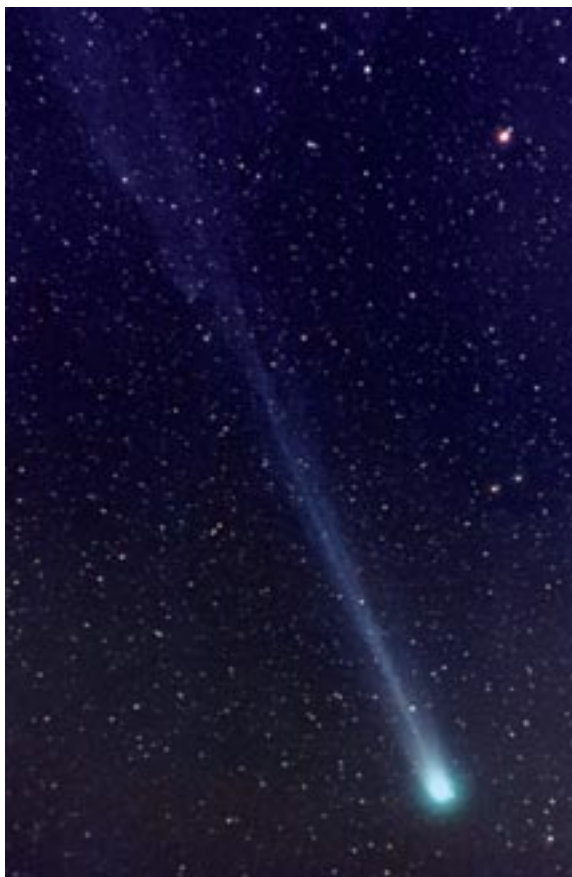
07 *Gran Cometa West, el 9 de marzo de 1976.*

08 *Gran Cometa Hyakutake, en 1996. La brillante estrella naranja que aparece arriba a la derecha es Arcturus, de la constelación de Bootes.*

09 *Gran Cometa Hale-Bopp, en 1997.*

08

Mariano Ribas



cad. Resultó fácilmente visible, con cola y todo, incluso en ciudades tan iluminadas como Buenos Aires. Ocupó las tapas de los diarios y, en el caso puntual del Planetario de Buenos Aires, dio lugar a una verdadera fiesta astronómica,

09

ESO



con miles de felices y asombrados observadores, además de los millones que lo vieron en otros lugares o que siguieron las transmisiones de varios canales de televisión.

En lugares alejados de las grandes urbes, bajo cielos oscuros, fue un verdadero monstruo de cabeza brillante y concentrada, y una monumental cola de polvo de más de 40 grados de extensión, fibrosa, desgarrada y completamente arqueada. Para muchos de nosotros, el McNaught fue el más impresionante que hayamos visto en nuestras vidas, el último verdaderamente grande. Y lo más importante: tal como ocurrió en su momento con otras glorias como el Ikeya-Seki, el West o el Hyakutake, aquel Gran Cometa de 2007 volvió a encender nuestra ancestral e irrefrenable fascinación por los siempre deslumbrantes avatares celestes. ■

NEOWISE: ¿el Gran Cometa de 2020? No... pero le faltó poco.

Desde la memorable aparición del McNaught, varios cometas bastante interesantes se han paseado por los cielos de nuestro planeta. Entre ellos, el Lulin (C/2007 N3), a comienzos de 2009; el Lovejoy (C/2011 W3), a fines de 2011; la doble aparición del Lemmon (C/2012 F6) y el PANSTARRS (C/2011 L4), en el verano de 2013; y otro Lovejoy (C/2014 Q2), a comienzos de 2015. Todos tuvieron un brillo más que suficiente para verse a simple vista en cielos oscuros, y con binoculares o marginalmente a ojo desnudo en cielos urbanos. Las magnitudes visuales de estos cometas se ubicaron entre 1,5 y 4,5, y a todos ellos pudimos verlos en nuestros cielos australes. Sin embargo, hubo uno mucho más reciente y espectacular que se despegó de ese lote de cometas "solo interesantes". Lamentablemente, no pudimos verlo bien desde Argentina. Hablamos del mediático cometa NEOWISE (C/2020 F3), descubierto en marzo de este año por el telescopio espacial homónimo. El pasado 3 de julio alcanzó su perihelio a solo 44 millones de kilómetros del Sol, y en los días siguientes comenzó a verse a simple vista poco antes del amanecer en los cielos boreales, con un brillo en torno a la magnitud 1,5. Nada mal. De hecho, fue el cometa más brillante para el hemisferio norte desde 1997.

Se han reportado observaciones a simple vista bajo cielos muy oscuros que hablaban de una marcada cola de polvo de 5 o 6 grados de largo, y una de gas bastante más fina, corta y pálida. En cuanto a las fotografías, el NEOWISE, lógicamente, lució mucho más impresionante: las fotos de larga exposición revelaron que ambas colas superaban los 10 grados de largo. Entonces: ¿el NEOWISE fue un Gran Cometa? El consenso general es que no, pero casi. Nunca llegó a ser un objeto verdaderamente descolante, fácil de ver a ojo desnudo, ni tampoco alcanzó de modo generalizado al "gran público"; al menos, en comparación con cualquiera de los grandes cometas que ya señalamos. El veterano observador John E. Bortle, con cientos de cometas observados, así lo describió: "El NEOWISE se veía fácilmente en el cielo del crepúsculo como una estrella difusa de magnitud 2, y con binoculares 10x50 lucía como una **miniatura** de Gran Cometa".

LA LUNA Y ...

01

Andrea Anfossi



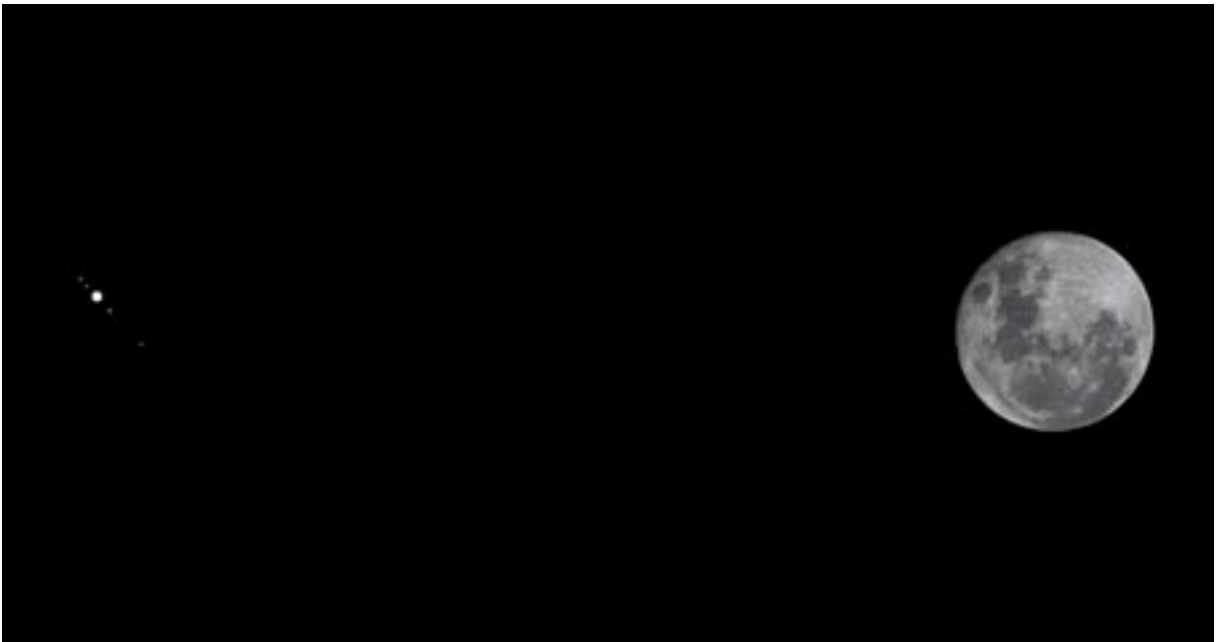
La Luna realiza un camino aparente en nuestro cielo similar al que hace el Sol. Desde el hemisferio sur, cualquier día o noche la veremos moverse, en diferentes horarios, entre el este y el oeste recostada hacia el norte. La Luna se mueve siempre cerca de la eclíptica, que es el

recorrido aparente anual del Sol. Eso ocurre porque el plano orbital de la Luna está levemente inclinado con respecto al plano de la órbita de la Tierra alrededor del Sol. Esa inclinación es de apenas $5,9^\circ$, y representa justamente la distancia máxima a la que la Luna se puede

02

Cristian López





separar de la eclíptica; muy poco.

El mismo recorrido que hace el Sol durante todo un año en nuestro cielo, la Luna lo completa en casi un mes. Cada vez que la Luna está en su fase nueva, se coloca entre el Sol y la Tierra, aunque la mayoría de las veces no pasa exactamente por delante del Sol (lo que provocaría un eclipse), sino un poco por encima o por debajo de su posición. La Luna nueva no se ve, pero acompaña el recorrido del Sol durante el día. Es decir que, en el cielo, cuando hay Luna nueva, aparecen juntos la Luna y el Sol.

Por su parte, los planetas del sistema solar también tienen inclinaciones orbitales con muy pequeñas diferencias unas respecto de otras, y con respecto a la de la Tierra. Eso hace también que, en el cielo, los veamos siempre cerca de la eclíptica, recorriéndola cada uno en períodos de tiempo diferentes. Júpiter, por ejemplo, da

una vuelta al Sol en 12 años, y eso produce que lo veamos recorrer toda la eclíptica y, por consiguiente, las 13 constelaciones zodiacales, en esos mismos 12 años. En el caso de Saturno, esa vuelta se da en 30 años, y en el caso de Marte, en 26 meses terrestres.

Eso genera también que, una vez por mes, aproximadamente, la Luna pase por al lado de cada uno de los planetas, produciendo las llamadas conjunciones. Incluso, en algunas ocasionales circunstancias, pasa por adelante y los tapa, produciendo las llamadas ocultaciones.

Entonces, no tiene nada de extraño ver la Luna al lado de alguno de los cinco planetas observables a simple vista, y algunas veces llama mucho la atención porque proporciona hermosos paisajes celestes. En estas páginas compartimos algunas de esas conjunciones o, en algunos casos, momentos previos a las ocultaciones.

La imagen 01 ya tiene unos años y corresponde a una

04

Franco Meconi



01 *La Luna y Venus, en 2013.*

02 *Venus, la Luna y la luz cenicienta, en 2019.*

03 *La Luna, Júpiter y sus satélites, el 5 de julio de 2020.*

04 *La Luna y Saturno, el 18 de junio de 2019.*

05

Franco Meconi.



06

Franco Meconi.





ocultación de Venus por la Luna ocurrida el 8 de septiembre de 2013, y la 02 es mucho más actual, del 28 de noviembre de 2019, cuando ambos astros estaban separados por apenas 2 grados y medio. Se observa también la luz cenicienta, la iluminación del sector nocturno de la Luna producida por la Tierra.

La imagen 03 muestra la Luna el pasado 5 de julio, al lado de Júpiter, al que se le ven sus cuatro satélites principales: Ganimedes, Ío, Europa y Calisto (de arriba hacia abajo), casi como se los observa a través de binoculares. Y la 04 corresponde a la ocultación de Saturno por la Luna del 18 de junio de 2019.

Además de haber recibido la “visita” muy cercana de la Luna varias veces este año, en los últimos meses Marte brilló mucho en el cielo debido a que el 5 de octubre se encontró a su mínima distancia (62 millones de km) de la Tierra en los últimos dos años. En estas imágenes ob-

servamos las conjunciones con la Luna del 6 de septiembre (05 y 06) y del 2 de octubre de 2020 (07, 08 y 09). La imagen 07, además, muestra la Luna rodeada de una “corona”, producto de la dispersión de su luz en las altas y frías nubes en la atmósfera terrestre.

La imagen 09 es una composición realizada por Franco Meconi (Instagram: @terrazaaalcosmos) a partir de una secuencia de video tomada a lo largo de las dos horas de mayor acercamiento. Las distintas posiciones de Marte

05 *La Luna y Marte, el 6 de septiembre de 2020.*

06 *La Luna y Marte.*

07 *La Luna, Marte y una “corona”.*

08

Andrea Anfossi



09

Franco Meconi



tienen una diferencia de unos 4 minutos cada una, lo que ayuda a dimensionar la velocidad a la que se mueve la Luna en el cielo. Las nubes frustraron la captura del anteúltimo cuadro, aunque por suerte Marte logró reaparecer para completar la secuencia.

Por último, la temporada de avistajes de la ballena franca austral, que se da todos los años en invierno y parte de la primavera, coincidió con la Luna llena del 1° de septiembre, vista desde el Área Natural Protegida El Doradillo, a pocos kilómetros de Puerto Madryn, Chubut (imagen 10). ■

08 *La Luna y Marte, el 2 de octubre de 2020.*

09 *La Luna y Marte, cada 4 minutos.*

10 *La Luna llena y una ballena franca austral, en El Doradillo, Chubut.*

10

Ana Inés Pegoraro, @anainespegoraro



ESPECTÁCULO VIRTUAL

NEBULOSAS 360

Nueva experiencia inmersiva VR

#PLANETARIOVIRTUAL

ASTRONOMÍA SIN FRONTERAS

Espectáculo inclusivo narrado en castellano,
subtitulado e interpretado por Personas Sordas
en Lengua de Señas Argentina (LSA).



CAS
CONFEDERACION
ARGENTINA DE
SORDOS



PLANETARIO
Galileo Galilei - Buenos Aires



Buenos Aires Ciudad



Vamos Buenos Aires