Lunas planetarias (I): Caronte

Jesús S. Giner
jsginer@gmail.com

Iniciamos, con este artículo, una serie dedicada monográficamente a algunas de las lunas más singulares del Sistema Solar.
En esta primera entrega descubriremos a ***Caronte****, el satélite mayor del planeta enano Plutón, descubierto en 1978. Recibió la visita de la sonda New Horizons en 2015, y es sin duda una de las lunas más fascinantes de nuestro entorno planetario.*

Espectacular imagen de Caronte, obtenida por la sonda *New Horizons* en julio de 2015. La resolución es de 650 metros por píxel, y permite apreciar innumerables detalles. *Serenity Chasma*, el gran sistema de cañones, atraviesa la luna de un lado a otro. Sobre el limbo superior es posible ver una sección de la zona rojiza de *Mordor Macula*. A la derecha de la misma se aprecia el gigantesco cráter *Dorothy*, de 261 kilómetros de diámetro, el mayor de todo el satélite. *(NASA / JHUAPL / SwRI / Daniel Macháček.)*

Casi en los confines del sistema solar, a 6.000 millones de kilómetros del Sol, orbitan el planeta enano Plutón y sus lunas, la mayor de las cuales, con mucho, es Caronte.

Plutón siempre fue el miembro más extraño del sistema solar, un hermano menor excéntrico y díscolo: lejano, pequeño, extremadamente frío y con una órbita desgarbada, parecía el renegado de la familia. Sin embargo, mantuvo su estatus planetario durante 76 años. Quizá durante demasiado tiempo.

Pero, como sabemos, tras la reunión de los representantes de la UAI (Unión Astronómica Internacional), en Praga en 2006, se acordó que Plutón ya no debía ser un planeta. Pese a ese cambio de estatus, o quizá a causa de él, Plutón siguió atrayendo a los científicos, ya que era un mundo al que ninguna sonda había llegado todavía.

Plutón es realmente un cuerpo pequeño: tiene un diámetro de solo 2.375 kilómetros, una quinta parte del terrestre. Representa el mayor miembro (por el momento) de un anillo de objetos helados pertenecientes a lo que se denomina el *Cinturón de Kuiper*, y dada su distancia, unas cuarenta veces más lejano del Sol que la Tierra, es muy frío (con temperaturas habituales de -230ºC). Su atmósfera es tenue, dominada por el nitrógeno.

Hasta hace unos años, incluso a través de las ópticas reparadas del Telescopio Espacial Hubble (HST), apenas podía apreciarse nada más que un diminuto rostro manchado y salpicado de luces y sombras. Fue necesario esperar a la sonda *New Horizons*, lanzada en 2006 (el mismo año que Plutón era "rebajado" a planeta enano), para tras que un viaje de casi una década (llegó el 14 de julio de 2015), sobrevolara a toda velocidad al pequeño mundo y sus lunas y permitiera contemplar, por primera vez, cómo eran sus rostros. El encuentro fue espectacular y supuso una memorable etapa en la historia de la exploración interplanetaria.

Lo que la New Horizons envió a la Tierra iba a cambiar por completo el conocimiento que se tenía de Plutón y sus lunas. Las primeras tomas del planeta enano ya daban a entender que poseía una superficie diversa, llena de contrastes, con claras marcas de una compleja historia pasada. Con las sucesivas imágenes se reveló que había regiones con terrenos aparentemente llanos, otros más abruptos, zonas de color oscuro, otras más claras, cráteres de impacto a lo largo de casi toda la superficie, grandes extensiones compuestas de nitrógeno congelado, montañas de hielo de agua, dunas, glaciares, terrenos con formaciones extrañas… Plutón no era, por tanto, un mundo monocromático y de semblante uniforme, sino todo lo contrario.

Tampoco defraudó en absoluto su luna principal, *Caronte*. Aunque Plutón posee otras cuatro lunas, todas ellas son diminutas y con una masa miles de veces inferior a la de Caronte. En realidad, todo apunta a que son los restos o escombros que salieron despedidos tras un gran impacto y que la gravedad de Plutón permitió conservar a su alrededor.

Teniendo en cuenta el tamaño de Plutón, Caronte es una luna extraordinariamente grande: es la mayor luna en relación al planeta que orbita, con mucha diferencia, por lo que casi cabe hablar de un *mundo doble* (figura 1), como comentaremos a continuación. De Caronte aún se sabía menos que de Plutón, pero la New Horizons ha constatado que es igual de fascinante que su compañero mayor, y ambos comparten algunas características.

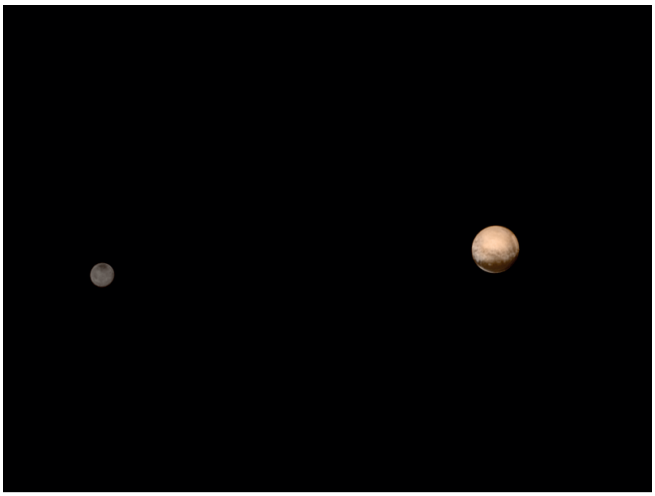


Figura 1 –
Plutón y su luna más grande, Caronte, vistos por la New Horizons *en 2015. (NASA/Laboratorio de Física Aplicada de la Universidad Johns Hopkins/Instituto de Investigación del Suroeste)*

Anteriormente, como sucedía con Plutón, todo lo más que se conocía eran los datos físicos básicos revelados gracias a estudios desde la Tierra, y a ciertos y groseros "mapas" superficiales obtenidos por el método de las observaciones estelares. En ellos, como mucho podían advertirte en la luna algunas "regiones" de distinta reflectividad, lo que indicaba quizá una composición diferente, pero era muy difícil aventurarse más allá, porque se carecía de datos y observaciones más precisas.

-Descubrimiento y naturaleza

Caronte fue descubierta por James Christy en 1978, examinando placas fotográficas tomadas poco antes y otras más antiguas, de 1965, que permitirían confirmar su existencia. La UAI hizo oficial el descubrimiento en junio de 1978. Christy observó que, en las placas donde aparecía Plutón, al ampliarlas en ocasiones era visible una especie de "protuberancia" o "verruga", la cual indicaba la presencia de un cuerpo bastante próximo al planeta, algo que no sucedía con las imágenes estelares. Ninguna de las lunas mayores del sistema solar fue detectada en fechas tan recientes (solo Miranda, una pequeña luna de Urano, fue observada por Gerard Kuiper en febrero de 1948), lo que indica la dificultad de observar cuerpos de cierto tamaño a distancias tan lejanas y, además, tan próximas a las del mundo que orbitan, como es el caso de Caronte respecto a Plutón. De hecho, esta luna solo es visible para los mayores telescopios terrestres y en las mejores condiciones. El nombre de *Caronte* fue propuesto por el propio Christy, y hace referencia, en la mitología griega, al barquero que traslada las almas al inframundo a través del mítico río Estigia.

El hecho de que Caronte realmente no gire en torno a Plutón como un simple satélite (sino que ambos lo hagan alrededor del centro de masas del sistema, un centro gravitatorio común que se ubica casi 1.000 km por encima de la superficie de Plutón), llevó a algunos científicos a sostener que Plutón y Caronte no son, respectivamente, un planeta enano y su satélite, sino un *planeta enano doble*. Esto tiene sentido porque, vistos como pareja, parece que estén bailando, rotando alrededor del punto invisible que les une. Están tan bien sincronizados que siempre se muestran la misma cara el uno al otro, producto de milenios de rotaciones y traslaciones mutuas que han permitido ese perfecto acople por las fuerzas de marea. Además, poseen tamaños relativamente semejantes y, como veremos, el origen de Caronte lo enlaza con Plutón de forma íntima, por lo que parecería sensato clasificar a esta pareja como planeta enano doble.

Sin embargo, la UAI no llegó a una resolución clara en este sentido en su reunión de 2006, ya que no se realizó ninguna definición de este nuevo concepto planetario. Tampoco se discutió el tema de la definición formal de satélite planetario, de modo que el estatus actual de Caronte es incierto, aunque de momento le corresponde el de luna planetaria.

-Características

Caronte no es una luna cualquiera. Con 1.212 kilómetros de diámetro (una tercera parte del tamaño de la Luna), la mitad que Plutón, y con una masa una octava parte la de este, ocupa el lugar decimosegundo en la lista de los satélites más grandes del sistema solar, siendo mayor incluso que lunas como Ariel, Umbriel, Dione o Tetis, que orbitan a planetas gigantes.

Posee una forma aproximadamente esférica, y la superficie la domina el hielo de agua; también hay hidratos de amoniaco en algunos cráteres, que induce a pensar en la existencia de *criogéiseres*. A partir de la masa y el volumen de la luna, podemos saber su densidad, de 1,65 g/cm^2; este dato es ligeramente inferior al de Plutón, lo cual, como veremos, guarda relación con el origen de ambos cuerpos. Respecto a su estructura interna, puede tratarse de un cuerpo diferenciado (como Plutón), dotado de un manto de hielo y un núcleo rocoso, o bien podría tener una composición uniforme, aunque las evidencias señalan hacia la primera posibilidad.

Gracias a la proximidad de Caronte y Plutón (una media de 19.500 kilómetros), ambos han desarrollado la facultad de influenciarse gravitacionalmente de tal modo que, como hemos dicho, exhiben su mismo rostro siempre a su acompañante. Las masas de ambos solo

se han podido conocer con cierta precisión al descubrirse las lunas menores de Plutón; la de Caronte es de aproximadamente un 11,6% de la de aquel. Su gravedad en superficie es ínfima: apenas de 0,278 m/s^2, o una sexta parte de la lunar, por lo que un hipotético astronauta allí podría dar tranquilamente saltos de considerable altura (alrededor de 12 metros).

-Origen

No es sencillo obtener información diferencial del sistema de Plutón que ayude a reconstruir hechos acaecidos hace miles de millones de años, pero lo que nos proporcionó la New Horizons es suficiente para, al menos, plantear la hipótesis acerca del origen de su luna mayor. Al medir las masas y los tamaños de ambos, la sonda reveló igualmente su densidad y estructura internas. Y esto, en efecto, permite a los científicos realizar simulaciones informáticas con las que se recrean los tiempos primitivos en que se produjeron choques e impactos de cuerpos, con masas, composiciones y estructuras internas diferentes, y que se movían a distintas velocidades.

Hemos mencionado que Caronte es algo menos densa que Plutón; puede que su interior albergue un núcleo de menor tamaño y mayor proporción de hielo. Esta diferencia de interiores parece sugerir que la luna, en realidad, podría ser un cuerpo que se formó tomando material procedente de otros; en concreto, podría ser el resultado de un impacto de Plutón con otro objeto (del mismo modo que se cree que la Luna es el resultado del impacto de un gran cuerpo con la Tierra y su posterior agregación).

Según esta posibilidad, hace 4.500 millones de años Plutón empezaba a consolidarse como planeta, diferenciándose ya internamente de forma parcial, compuesto por hielo y roca. Pero otro cuerpo más pequeño del cinturón de Kuiper entraría en su zona de influencia, creando una trayectoria de colisión entre ambos. El choque liberaría una gran cantidad de energía, y las altas temperaturas evaporarían parte de los compuestos volátiles que conformaban ambos cuerpos. De los escombros que quedarían vagando, buena parte de los cuales procedían del manto de Plutón, los habría que saldrían despedidos al espacio, mientras otros adoptarían órbitas en torno al planeta, que volvería a nacer después de su formación y posterior impacto. Los escombros restantes empezarían a chocar entre ellos, construyéndose un objeto cada vez más grande (Caronte), hasta que la órbita sería barrida y limpiada de restos, permaneciendo únicamente la gran luna y sus cuatro hermanas menores (los únicos grandes peñascos que no fueron absorbidos en la formación de Caronte).

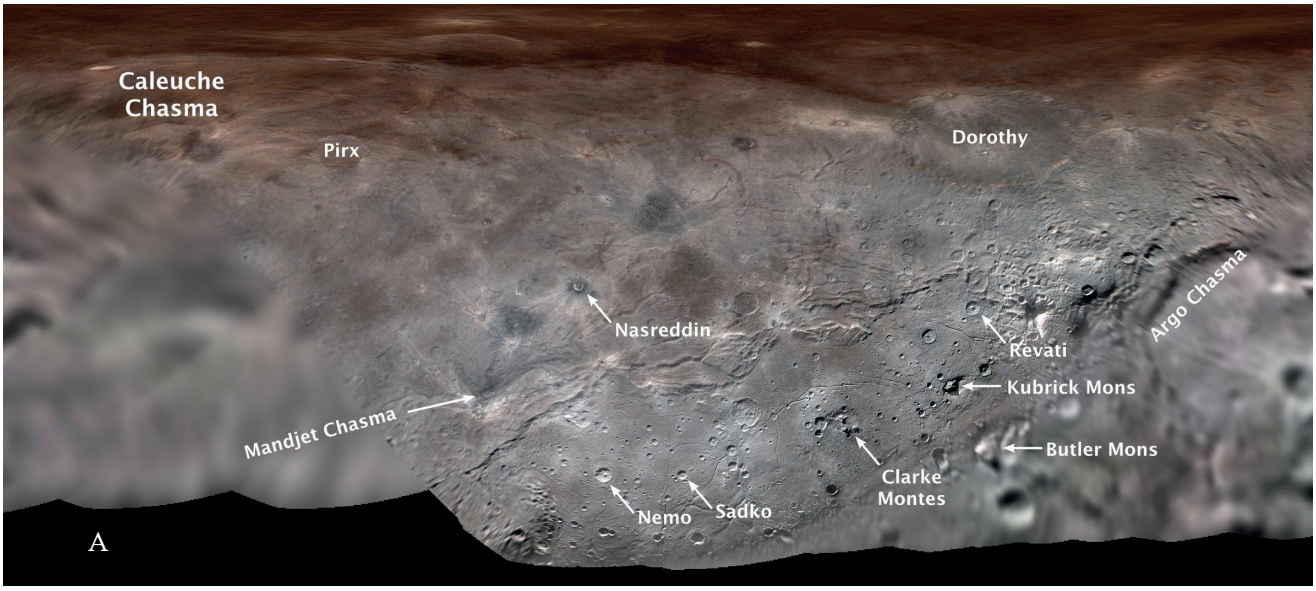
Posteriormente, debido al enfriamiento y a la diferenciación interna, el componente rocoso, más denso, tendería a hundirse hacia el núcleo, mientras que el hielo permanecería encima, conformando el manto tanto en Plutón como en Caronte.

-Superficie

El paso de la sonda New Horizons cerca de Caronte, en 2015, permitió estudiar con cierto detalle el hemisferio norte y hasta los 30ºS, por debajo del ecuador. El resto, por desgracia y a causa de la orientación del par planeta enano-satélite, permaneció en sombra durante la misión (y lo seguirá estando durante décadas...), de modo que no hay imágenes disponibles. En total, se pudo cartografiar aproximadamente una tercera parte de la superficie de la luna. Las fotografías que brindan detalles más finos son las correspondientes al polo norte y en los alrededores del meridiano 0º, la región que actualmente está expuesta a Plutón, y en donde se alcanzan resoluciones de menos de 1 kilómetro por píxel (la imagen que abre este artículo, por ejemplo, posee una resolución de apenas 600 metros por píxel).

La geología de Caronte, según nos ha revelado la New Horizons, es compleja, como la de Plutón, muy en contraste con lo que era de esperar en ambos casos. Por el método del recuento de cráteres es posible estimar la edad de una superficie planetaria: en el caso de Caronte, se calcula que las regiones más craterizadas pueden alcanzar una antigüedad de 4.000 millones de años, aunque resulta evidente que hay porciones superficiales que han sido modificadas posteriormente a causa de movimientos tectónicos.

Hemos de tener en cuenta que la IAU (Unión Astronómica Internacional, por sus siglas en inglés) va incorporando lentamente nombres a la nomenclatura de los cuerpos del sistema solar, por lo que, de momento, se combinan nombres oficiales (aprobados en abril de 2020) con otros exploradores ficticios y mitológicos. También se aceptan investigadores y artistas conectados con la exploración espacial, fundamentalmente los vinculados con Plutón y el Cinturón de Kuiper. Mapas con los rasgos designados oficial e informalmente aparecen en la figura 2.



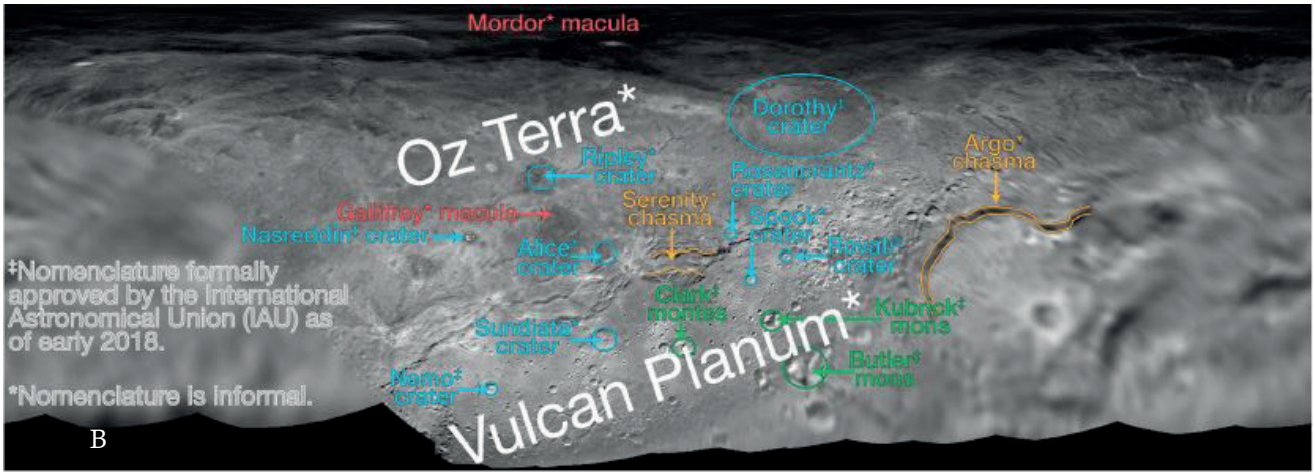


Figura 2 –

A- *Mapa de Caronte, publicado en 2018 y elaborado a partir de las fotografías y datos de la sonda New Horizons. En él ya aparecen algunos nombres oficiales. Cráteres, cañones, montañas y grandes* máculas *(es decir, regiones oscuras en un planeta o luna) son visibles como rasgos identificados. Muchos de los nombres rinden homenaje al espíritu de la exploración humana, recogidos en la mitología y la literatura de muchas culturas de la Tierra. (NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute)*

B- *Otro mapa de Caronte, con el añadido de algunos de los nombres que se mantienen como informales (es decir, no definitivos ni aprobados por la UAI), los cuales aparecen con un asterisco. (Stuart J. Robbins,* et. al*, JGR Planets, 25 de enero de 2019).*

informales. Los nombres de las características geológicas de Caronte deben, según exige la IAU, proceder de destinos e hitos del espacio ficticio y otras exploraciones, naves ficticias y mitológicas del espacio y otras exploraciones, y viajeros y

Como Plutón, Caronte impresiona por el variado y complejo paisaje que presenta. Hay una extensa red de fracturas y cañones que atraviesa la luna justo al norte de su ecuador, una enorme mancha de color rojo intenso en la zona

polar, regiones con cráteres y otras que semejan llanuras fracturadas, más lisas y jóvenes, además de terrenos oscuros y otros, desperdigados, que presentan una tonalidad más brillante y clara. Crestas, escarpes y valles aparecen salpicando también la singular superficie de la luna.

El gran cinturón tectónico ecuatorial, un sistema de cañones y líneas de fractura espectacular, se extiende por más de 1.800 kilómetros en dirección nordeste-sudoeste. Comprende lo que se ha llamado, en la nomenclatura provisional de Caronte, *Macross Chasma* y *Serenity Chasma*. Ésta última, muy similar a una fosa tectónica de doble pared, llega a alcanzar anchuras de sesenta kilómetros y más de siete de profundidad. En conjunto, el sistema de cañones (figura 3) es cuatro veces mayor que el de Gran Cañón del Colorado (EE.UU.) y dos veces más profundo, y sugiere una tremenda agitación geológica en el pasado de la vida de Caronte. En parte, recuerda al colosal Vallis Marineris, de Marte. Para explicar el origen de esta enorme estructura que divide a Caronte en dos mitades, se ha propuesto la existencia de un océano congelado en el interior, como comentaremos más adelante. En el pasado, Caronte podría haber sido lo suficientemente caliente (por la desintegración de los elementos radiactivos de su núcleo y su propio calor interno) como para derretir el hielo subterráneo, formando el océano de agua líquida. Sin embargo, a medida que el tiempo pasaba, la luna se habría ido enfriando, congelándose el océano hasta el punto de empujar hacia afuera la corteza y producir las fracturas gigantescas que vemos hoy. A través de las grietas superficiales habrían aflorado materiales fluidos, llenando el sistema de cañones y puede que hasta derramándose en grandes cantidades en las llanuras adyacentes, explicando así el aspecto liso de Vulcan Planum, una red de llanuras situadas al sur de estos cañones, de la que hablaremos a continuación.

La imponente mancha roja de la región polar, que recibe el nombre de *Mordor Macula* y posee 450 kilómetros de diámetro (figura 3), debe su color rojizo intenso a unas sustancias llamadas *tolinas*. En abril de este año se publicó, en *Geophysical Research Letters*, un artículo en el que

Figura 3 –
*Caronte, en una sugestiva imagen, resultado de tres tomas combinadas obtenidas en color azul, rojo e infrarrojo, poco antes de la mayor aproximación a la luna, el 14 de julio de 2015. La alta resolución permite discernir detalles de poco más de 600 metros. Destaca la gran red de fracturas tectónicas ecuatoriales (*Macross *y* Serenity Chasma*), así como la región polar norte, de color rojo oscuro (*Mordor Macula*) y el sistema de llanuras al sur (*Vulcan Planum*) (NASA, JHUAPL, SwRI).*

se explicaba el posible origen de las tolinas de Caronte. Al principio se creía que era material procedente de Plutón, gas metano que escapaba de la atmósfera del planeta enano y que era atraído por la gravedad de su luna. Luego caería a la superficie, en donde la luz ultravioleta solar transformaba el metano en hidrocarburos más pesados, que posteriormente darían lugar a los materiales orgánicos de que se componen las tolinas.

Hasta aquí, todo bien. Sin embargo, la nueva explicación propuesta sugiere que la delgada atmósfera de metano de Caronte padece pulsaciones *explosivas* a causa de la inclinación casi lateral del sistema Plutón-Caronte hacia el Sol. En efecto, investigadores del Southwest Research Institute, liderados por Randy Gladstone, creen que la primavera de Caronte permite que el metano polar congelado durante décadas regrese a la atmósfera, causando que aumente rápidamente su presión. Durante estos episodios, que acontecen unos pocos años durante su órbita de 248 años del sistema Plutón-Caronte alrededor del Sol, los casquetes polares de escarcha de metano pueden intercambiarse entre el norte y el sur, evaporarse y luego volver a congelarse.

Por su parte, la zona más lisa y llana de Caronte, *Vulcano Planum*, presenta una cantidad muy inferior de cráteres que el resto del satélite, lo cual (de nuevo) nos sugiere una cierta juventud superficial. De algún modo, estos paisajes nos recuerdan a la Luna, a los *maria* de nuestro satélite, extensas regiones oscuras y llanas de origen volcánico; sin embargo, la diferencia más notable entre ambas es de composición (y posiblemente también de antigüedad), puesto que mientras en la Luna se trata de basaltos, en Caronte el componente principal es el hielo de agua. La suavidad de esas llanuras señala, en efecto, un rejuvenecimiento a gran escala. La explicación para ello puede estar en el criovulcanismo, a consecuencia del aumento de volumen al congelarse el antiguo océano de Caronte, que habría partido la corteza y expulsado material fluido del interior, como hemos dicho.

En un artículo publicado en marzo de 2016 en la revista *Science*, el doctor Jeffrey Moore (Centro de Investigación Ames, NASA, EE.UU.), y sus colaboradores afirman que Caronte parece no haber sufrido "recientemente" procesos de cambio y rejuvenecimiento, por lo que su edad debe ser bastante antigua.

En términos generales, en las áreas estudiadas y fotografiadas se puede ver claramente que la superficie es dicotómica, encontrando dos unidades mayores: *Oz Terra*, una región intensamente fracturada al norte, y la mencionada *Vulcan Planum,* al sur.

Los planetólogos han podido elaborar el primer mapa geomorfológico (figura 4) del área estudiada, en el cual están clasificados hasta 16 tipos de unidades geológicas, junto con acantilados de 10 kilómetros de altura, regiones de terrenos oscuros, otros claros, formas lineales, cráteres, etc., para un total de más de mil rasgos superficiales.

Aparte de los naturalmente presentes cráteres (en un número superior al centenar), existen distintas formaciones: las *chasmata* (*chasma*, en singular) son depresiones profundas, alargadas y con pendientes pronunciadas, similares a valles tipo *rift*; los llamandos *montes* (*mons*) son, naturalmente, montañas; las *plana* (*planum*), por su parte, son llanuras, mientras que las *maculae* (*macula*) hacen referencia a manchas oscuras. Finalmente, las *dorsae* (*dorsa*) son crestas y las llamadas *terrae* (*terra*) son regiones extensas. Un ejemplo de algunas de estas formaciones lo tenemos en la figura 5.

Este tipo de mapas permite, además, reconstruir la historia de un cuerpo planetario, y las conclusiones que se derivan del mismo, realizado gracias a la labor de un grupo de investigadores dirigido por Stuart Robbins, son sorprendentes. Lo que sugieren los datos es que posiblemente Caronte padeció un episodio terrible en el que su superficie se partió, como una herida se reabre al poco de cicatrizar si estiramos demasiado la piel. Despúes afloraron a la superficie materiales helados de su interior, que inundaron amplias áreas, los llamados *flujos criogénicos*. Esta herida brutal en la faz de Caronte correspondería a la cadena gigante de cañones y escarpes que hemos mencionado, y que recibe el nombre provisional de *Serenity Chasma*.

Por otro lado, Caronte exhibe muy pocos

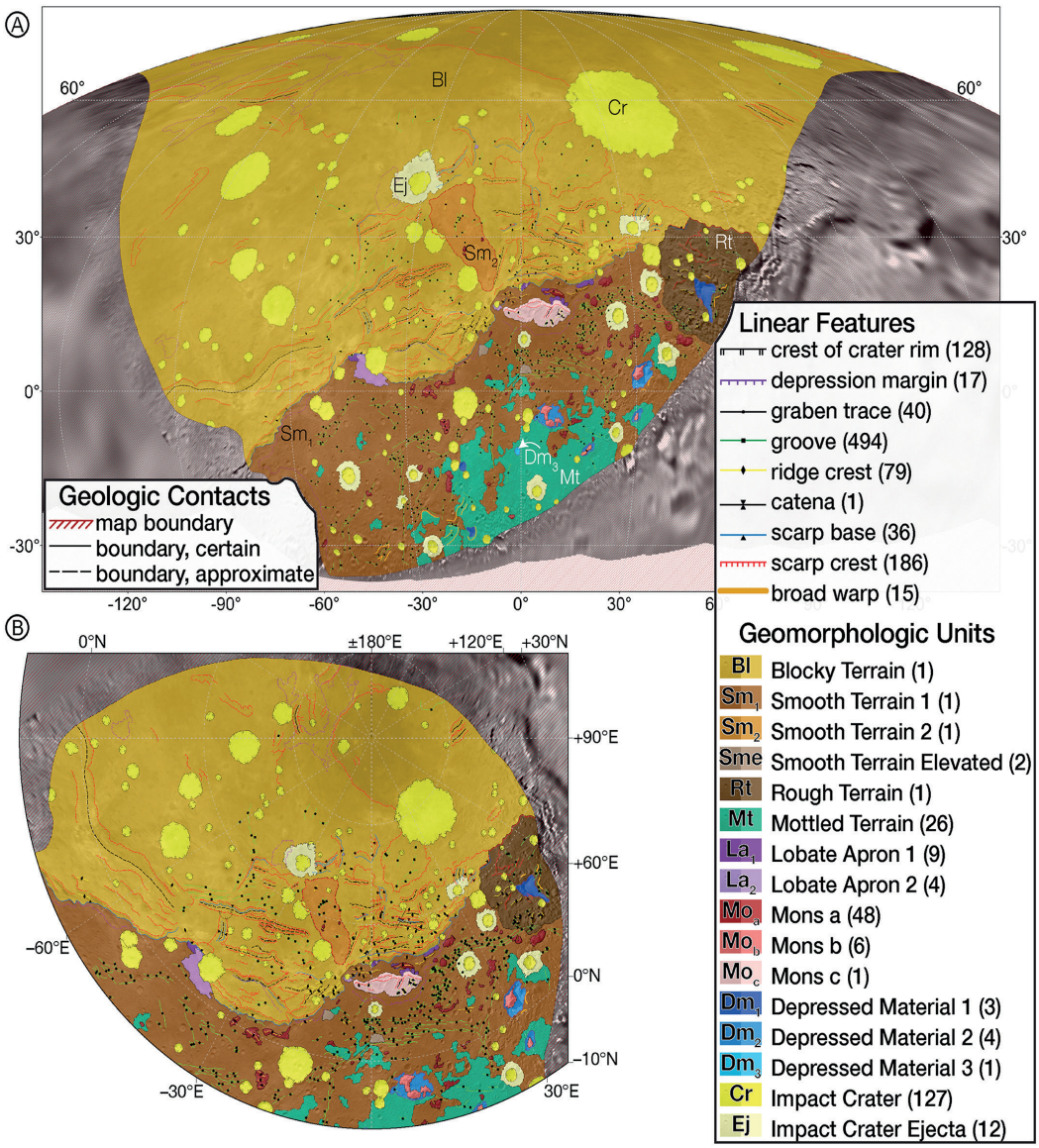


FIGURA 4 –

Mapa de unidades geomorfológicas del hemisferio de avance de Caronte en proyección de Molleweide (A) y en estereografía polar (B). Los números entre paréntesis en la leyenda indican cuántas unidades hay de cada tipo. Así, por ejemplo, en color amarillo intenso están representados los cráteres de impacto, 127 en total, y en un tono más blanquecino aparecen los eyecta, *es decir, los materiales expulsados del cráter de impacto tras su excavación y que son depositados a su alrededor, y que suman doce en este caso. (Stuart J. Robbins,* et. al, *JGR Planets, 25 de enero de 2019)*

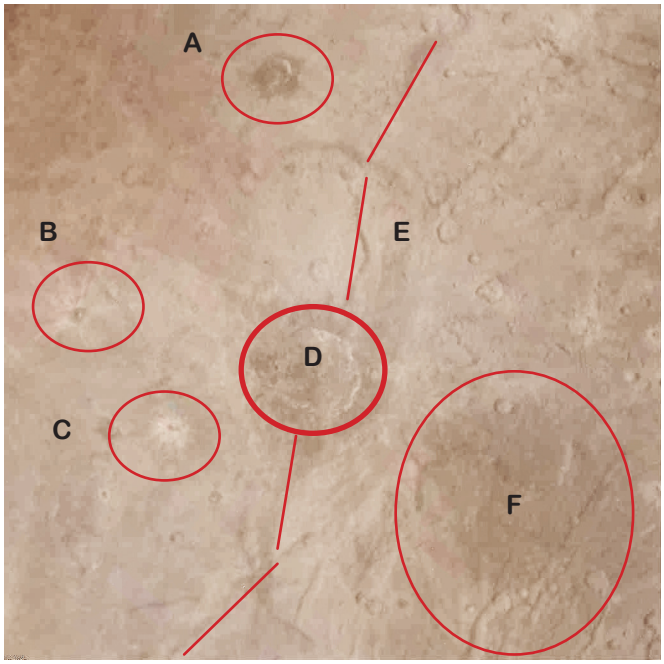


FIGURA 5 –

Algunos ejemplos de formaciones de Caronte, en una imagen de la New Horizons. **A***: el cráter Vader;* **B***: cráter Organa;* **C***: cráter Skywalker;* **D***: cráter Ripley;* **E***: Nostromo Chasma, valle de tipo rift que atraviesa Ripley de norte a sur (líneas rojas);* **F***: Gallifrey Macula, una gran mancha oscura y el cañón Tardis Chasma. (NASA, JHUAPL, SwRI)*

cráteres desgastados por la erosión. Esto es bastante desconcertante. Aunque la atmósfera de un cuerpo sea liviana, con el tiempo los cráteres acaban siendo erosionados de un modo u otro (como sucede, por ejemplo, en Marte, que presenta casos de cráteres antiguos y otros más recientes). Pero en esta luna casi todos son frescos, de bordes definidos y aparentemente intactos. ¿Entonces?

Los cráteres parecen haber sido producidos hace poco, o bien son antiguos pero ha habido algún proceso que los mantenido definidos y sin alteración. Una explicación posible es imaginar que hubo un fenómeno que ha borrado los cráteres más antiguos, dejando a la vista únicamente los más recientes. El responsable de ello podrían ser los citados flujos criogénicos, que emergieron a través de las grietas superficiales de Caronte y enterraron los cráteres más antiguos. Según esto, en el pasado lejano el interior de Caronte sufrió un calentamiento intenso, padeciendo un cambio químico o físico que provocó una ligera expansión del mismo. La consecuencia fue agrietar la superficie, al igual que cuando colocamos un bizcocho en el horno. Los materiales fundidos brotarían hasta cubrir gran parte de la superficie, borrando la anterior, junto con los cráteres que se hubieran producido hasta entonces. De este modo, solo serían visibles los cráteres formados posteriormente, mucho más recientes y que aún no han sido degradados.

También hay, por otro lado, menos cráteres pequeños de lo esperado. El Cinturón de Kuiper, en el que vive la pareja Plutón-Caronte, está repleto de objetos que han ido impactando contra ellos. La doctora Keisi Singer, perteneciente al mismo organismo que Robbins, ha utilizado junto a sus colegas imágenes detalladas de la New Horizons para mapear los cráteres y así determinar los tamaños de los objetos impactantes del Cinturón. Según los investigadores afirmaron en su artículo de 2019 aparecido en *Science*, existe una evidente ausencia de cráteres de menos de 13 km de diámetro (figura 6). Esto podría implicar, por tanto, que la población de cuerpos de pequeño tamaño en el Cinturón de Kuiper es menor de lo esperado, sobre todo en la franja entre los 100 metros y los 1,5 kilómetros. Esta

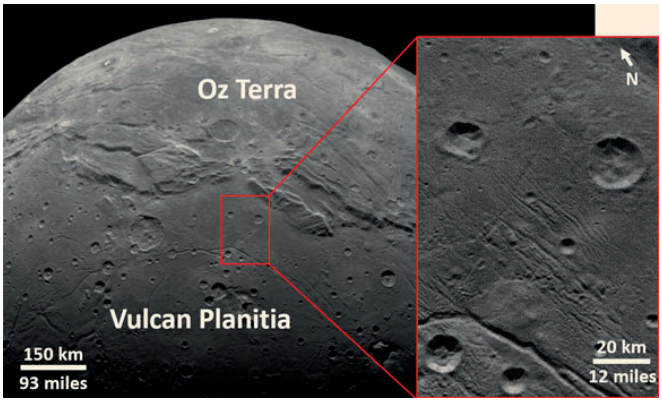


Figura 6 –
La llanura Vulcan Planum, captada por la cámara LORRI de la sonda New Horizons en 2015. Su terreno suave y sin muchos cráteres de pequeñas dimensiones ilustra, al parecer, la escasez de cuerpos pequeños en el Cinturón de Kuiper. El detalle permite comprobarlo. (NASA/Lab. de Física Aplicada, Universidad Johns Hopkins/LORRI/ Southwest Research Institute)

inferior cantidad contrasta con la del Cinturón de Asteroides, donde sí hay muchos cuerpos pequeños, quizá porque tienden a impactar más los unos con los otros, fragmentando los objetos mayores en una miríada de pequeños.

Las edades de Caronte: Oz, Vulcano y Spock

Un modo interesante de organizar las características de Caronte, basándose en los flujos criogénicos mencionados, es dividir la historia de la luna en épocas o edades distintas. Los autores del mapa geomorfológico que hemos visto describieron y nombraron tres épocas principales. Pero es una propuesta, la suya, totalmente sujeta a revisión, según reconocieron ellos mismos. Las tres épocas son: *Oziana*, *Vulcaniana* y *Spockiana*.

La época Oziana aconteció hace más de 4.000 millones de años, al formarse Oz Terra, la primeriza corteza de Caronte. La Vulcaniana vino justo después, emitiéndose los flujos criogénicos que formarían la llanura de Vulcan Planum, cerca del ecuador de la luna. Esta época probablemente fue duradera, mientras se iba enfriando Caronte. Por último, la época final, la Spockiana, supone la transición al tiempo en que Vulcan Planum está ya solidificado. Fue durante esta época cuando el área sufrió los impactos que causaron los cráteres que vemos hoy.

El interior de Caronte: ¿Un océano de agua líquida?

La densidad global de Caronte, que se puede determinar a partir de su volumen y su masa, resultó ser de 1,7 gr/cm^3. Por tanto, es menos denso que Plutón. Se cree que este tiene en su composición un 70% de roca, mientras que en Caronte no superaría el 55%, siendo el resto hielo. Esta baja densidad (es la mitad de la lunar, por ejemplo) hizo postular dos teorías rivales acerca del interior del satélite mayor de Plutón antes de la llegada de la New Horizons (figura 7).

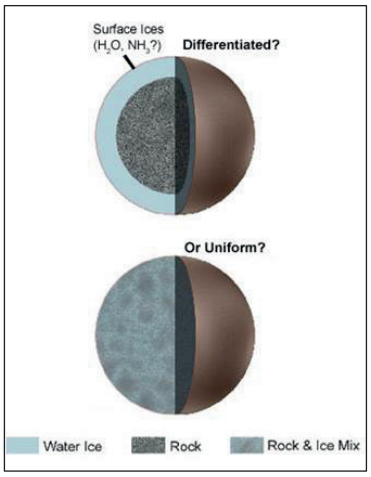


Figura 7 –
Dos posibilidades distintas acerca del inteior de Caronte. La opción superior muestra un interior diferenciado, con un gran núcleo, sobre todo compuesto de roca, y, por encima, una capa de hielo de agua de notable espesor; la opción inferior, por su parte, implica un interior no diferenciado, con rocas y hielos mezclados. (NASA/JLP)

Algunos científicos, en efecto, pensaban que Caronte era un cuerpo diferenciado, como lo es Plutón, es decir, con un núcleo rocoso y un manto helado. Otros, sin embargo, sostenían que dicho interior era uniforme, en todo su volumen, sin capas separadas. Observaciones desde nuestro planeta con el telescopio gigante Gemini parecían apoyar al segunda posibilidad, aunque también las hay que respaldan la primera.

El paso de la New Horizons en julio de 2015 reveló el gran sistema de fallas tectónicas extensionales ecuatoriales, que se expresan como crestas, escarpes y valles en la superficie de Caronte. En ocasiones, la profundidad de estas estructuras alcanza los 6,5 kilómetros. Lo que todo ello nos indica es que la luna, en el pasado, sufrió un proceso de expansión, que fracturó la superficie y creó esas simas y profundas hondanadas. Pero, ¿por qué?

Sabemos que la capa más exterior de Caronte está formada sobre todo por hielo de agua. Cuando era una luna más joven, esta capa se calentaba al descomponerse los elementos radiactivos del interior, que le proveían de energía, y también por el propio calor interno del satélite. Si hubo el suficiente calor, la transferencia del mismo hacia la superficie podría haber derretido el hielo de agua, formándose un océano subterráneo. Pero a medida que Caronte se enfrió con el tiempo, este océano se habría congelado, y tambén expandido (como le sucede al agua cuando se congela, que aumenta su volumen), empujando la superficie hacia afuera y generando los enormes abismos que vemos hoy.

Puede que el océano subterráneo escapara a la superficie, lo que causó una especie de "granizada helada", por medio del criovulcanismo, que inundó las vastas extensiones de Vulcan Planitia. Pero este vulcanismo no fue violento, como sucede con algunas erupciones terrestres, sino que habría ido subiendo material desde el interior a través de las grietas superficiales; aunque, por otro lado, también cabe la posibilidad de que aconteciera una ruptura a gran escala de las capas superiores de Caronte. Esto implicaría que la superficie de la luna conserva, de algún modo, los restos del antiguo océano.

Serenity Chasma (figura 8), la impresionante red ecuatorial de cañones, como hemos visto, es una de las las mayores de todo el sistema solar. La topografía y las particularidades de esta región sugiere a los científicos que la capa de hielo de agua de Caronte pudo haber estado, al menos, parcialmente líquida en su historia temprana, pero que desde entonces se ha congelado. En todo caso, y al contrario que en Plutón, en donde sí se cree que su océano sub-superficial pueda mantenerse líquido actualmente, en Caronte parece claro que ya hace mucho quedó congelado.

De todos modos, aunque actualmente el océano se halle congelado en su totalidad, es asombroso y muy interesante comprobar que tales formaciones líquidas o semi heladas son

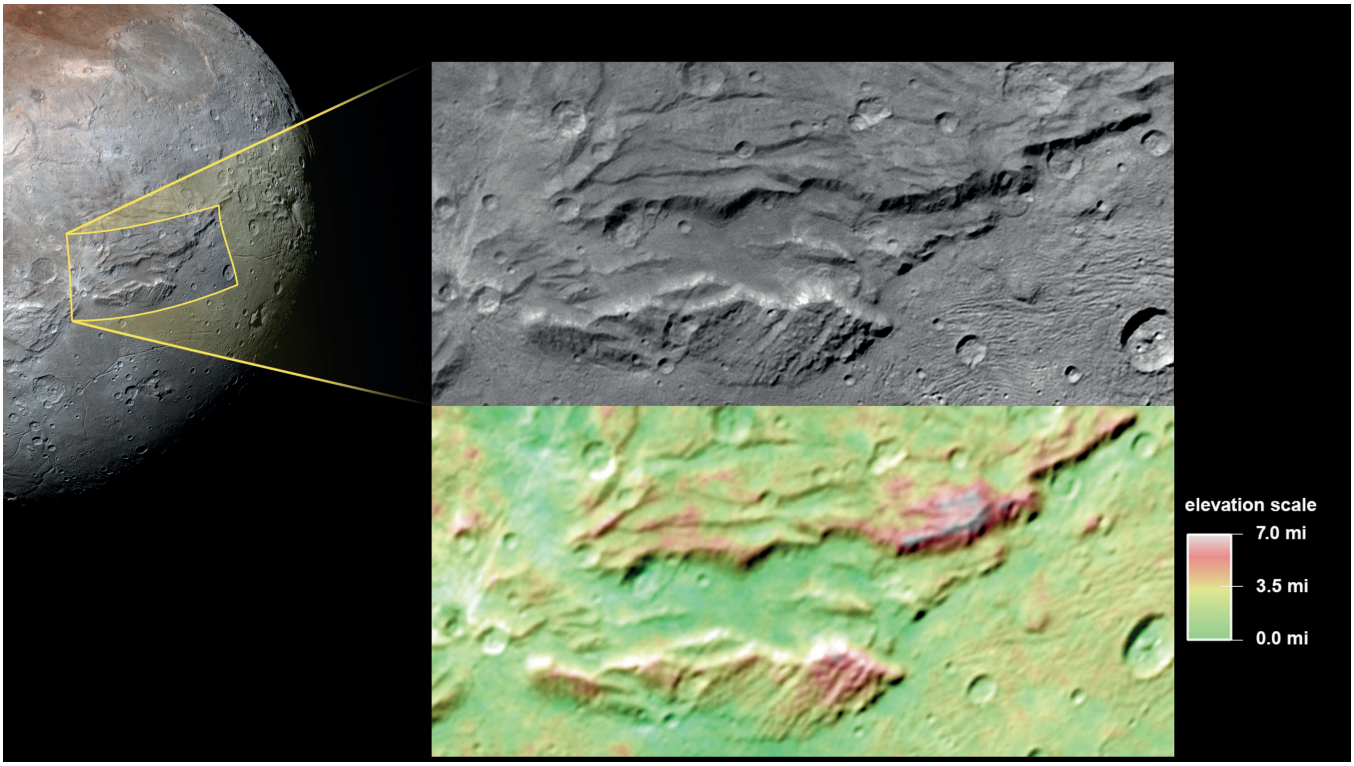


Figura 8 –
Detalle de Serenity Chasma, la gran red de cañones ecuatorial de Caronte. La sección inferior muestra la topografía codificada por colores de la misma región. El estudio de estas gigantescas formaciones sugiere a los científicos que la capa de hielo de agua que había bajo la superficie de Caronte pudo haber estado líquida, al menos parcialmente, en un pasado remoto. Actualmente, sin embargo, estaría ya totalmente congelada. (NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Southwest Research Institute)

abundantes por doquier. En todo el sistema solar exterior aparecen evidencias de océanos sub-superficiales, sea actuales o pasados, desde los satélites galileanos hasta Plutón y Caronte, ubicados a 6.000 millones de kilómetros del Sol.

Astrobiología

Puede resultar sorprendente, y realmente lo es, considerar siquiera la posibilidad de vida extraterrestre en un mundo que, como acabamos de decir, está cuarenta veces más lejos del Sol que la Tierra. Por tanto, la cantidad de energía que recibe de la estrella es ínfima. Además, la temperatura superficial es de -230ºC. ¿Cómo podría nada vivo sobrevivir allí?

Naturalmente, hoy en día no es plausible. Caronte carece de atmósfera espesa, radiación solar suficiente y agua líquida, por lo que no supone un objetivo astrobiológico prometedor en absoluto.

Ahora bien, como les sucede a todos los mundos y planetas, las condiciones actuales bien podrían haber sido muy distintas en el pasado.

En efecto, si el océano de antaño en Caronte sobrevivió durante el tiempo necesario, no es imposible imaginar la posibilidad de que, allí, en los remotos confines del sistema solar, se dieran las circunstancias favorables para la persistencia de ciertas formas de vida, protegidas en el océano de la dañiña radiación solar, aliméntandose quizá a partir de los nutrientes generados en las fumarolas hidrotermales cuando el interior del satélite aún estaba caliente.

Puede también que el océano y la supeficie estuvieran en contacto, es decir, que hubiese un flujo de material entre ambos (como sucede, por ejemplo, con el caso de Encélado, la luna de Saturno, que expulsa material al espacio en forma de géiseres procedente de su océano líquido). Si la superficie helada de Caronte es hoy todo lo que resta, el último vestigio del océano que una vez poseyó, entonces puede que ese dinamismo del que gozó dicho océano permitiera, aun durante un corto espacio de tiempo, la presencia de alguna biología extraterrestre.

El futuro

Todas las preguntas que nos hacemos con respecto a Caronte, y por añadidura acerca de Plutón, multiplicadas mucho más tras la histórica y fascinante visita de la sonda New Horizons en julio de 2015, serán respondidas, si acaso, dentro de mucho tiempo. Recordemos que nunca habíamos llegado a Plutón desde su descubrimiento, en 1930. Las distancias son tan enormes que la empresa es sumamente compleja. Por el mismo motivo, la New Horizons no tiene, por el momento, una sustituta. De hecho, no está previsto una misión que vuelva al sistema Plutón-Caronte en, al menos, los próximos veinte años.

Y, sin embargo, ambos mundos son tan atractivos, estimulantes y han roto tanto los esquemas a los científicos planetarios, que las agencias espaciales deberían replantearse si dedicar una parte de sus fondos económicos a proseguir su estudio.

Motivos tienen de sobra: quizá Plutón y caronte, (y también Tritón, la luna de Neptuno), sean los miembros mayores de un nuevo tipo de cuerpos *semi-planetarios*. Su diversidad geológica, sus posibles océanos internos, sus enormes cañones, manchas rojizas llenas de tolinas, superficies rejuvenecidas, antiguos lagos y, quién sabe, si la posibilidad de vida extraterrestre (pasada en el caso de Caronte, quizá aún presente en Plutón) son razones más que suficientes para redirigir los esfuerzos (y el presupuesto) hacia esos dos pequeños y distantes mundos que han revolucionado nuestros conocimientos de los cuerpos exteriores del sistema solar. ■

Enlaces:

https://www.discovermagazine.com/the-sciences/charons-icy-surface-erupted-from-an-underground-ocean

https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2018JE005684

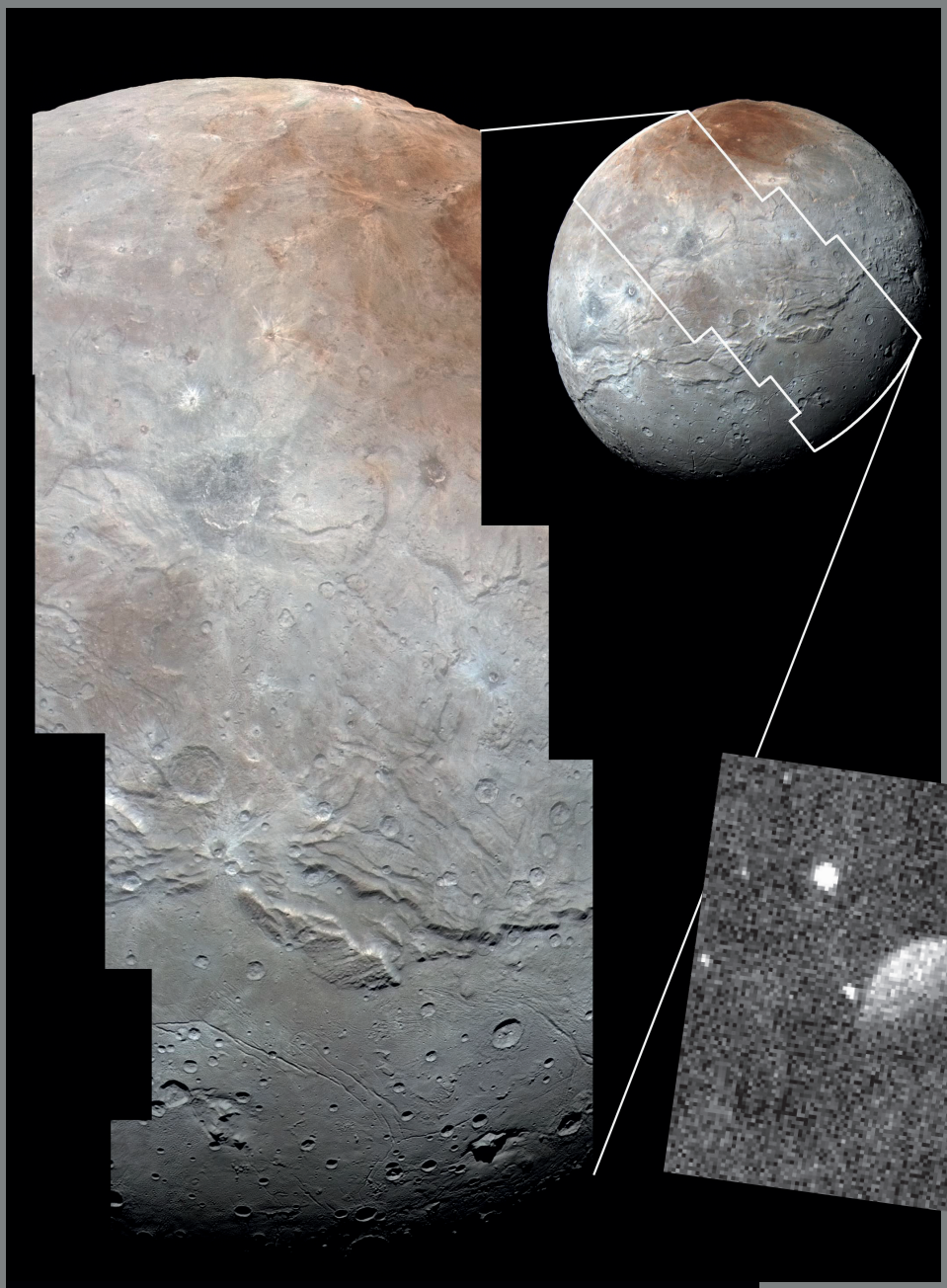
http://www.sci-news.com/space/charons-red-polar-cap-10925.html

https://blogs.agu.org/geospace/2019/02/26/new-map-reveals-geology-and-history-of-plutos-moon-charon/

TITAGUAS Serranía Alto Turia ha obtenido en 2017 la certificación de "*Reserva Starlight*" otorgada por la *Fundación Starlight* y avalada por la **UNESCO**. Esta certificación acredita que no hay apenas contaminación lumínica, siendo un municipio respetuoso con el cielo oscuro para la Observación Astronómica.

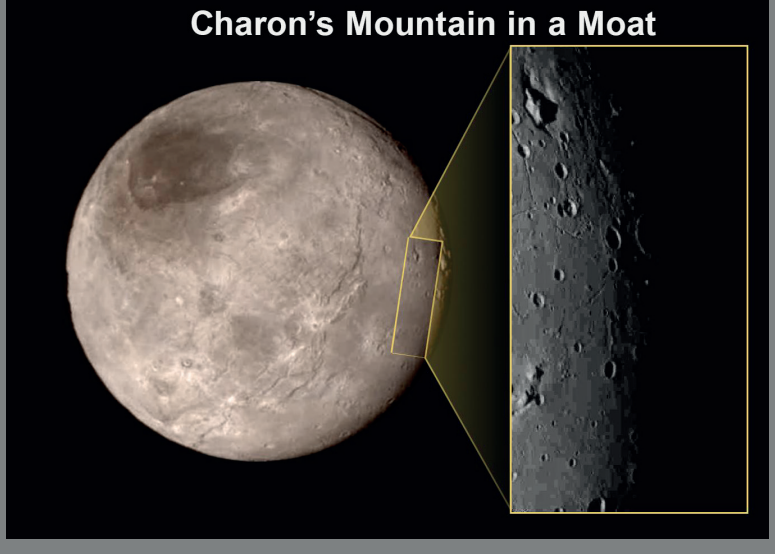
'Apaga una luz y enciende una estrella'
ESCUELA DE CIENCIAS "COSMOFISICA"
c/San Cristóbal, 46 - 46178 TITAGUAS
Valencia (Spain)

GALERÍA



A-
Imágenes de alta resolución de Caronte tomadas por la cámara LORRI, de la sonda New Horizons, *poco antes del acercamiento del 14 de julio de 2015. Las tierras altas craterizadas las cortan cañones y se reemplazan por las llanuras de la región* Vulcan Planum. *El mosaico abarca el diámetro de la luna (1214 km) y resuelve detalles de tan solo 0,8 km.*

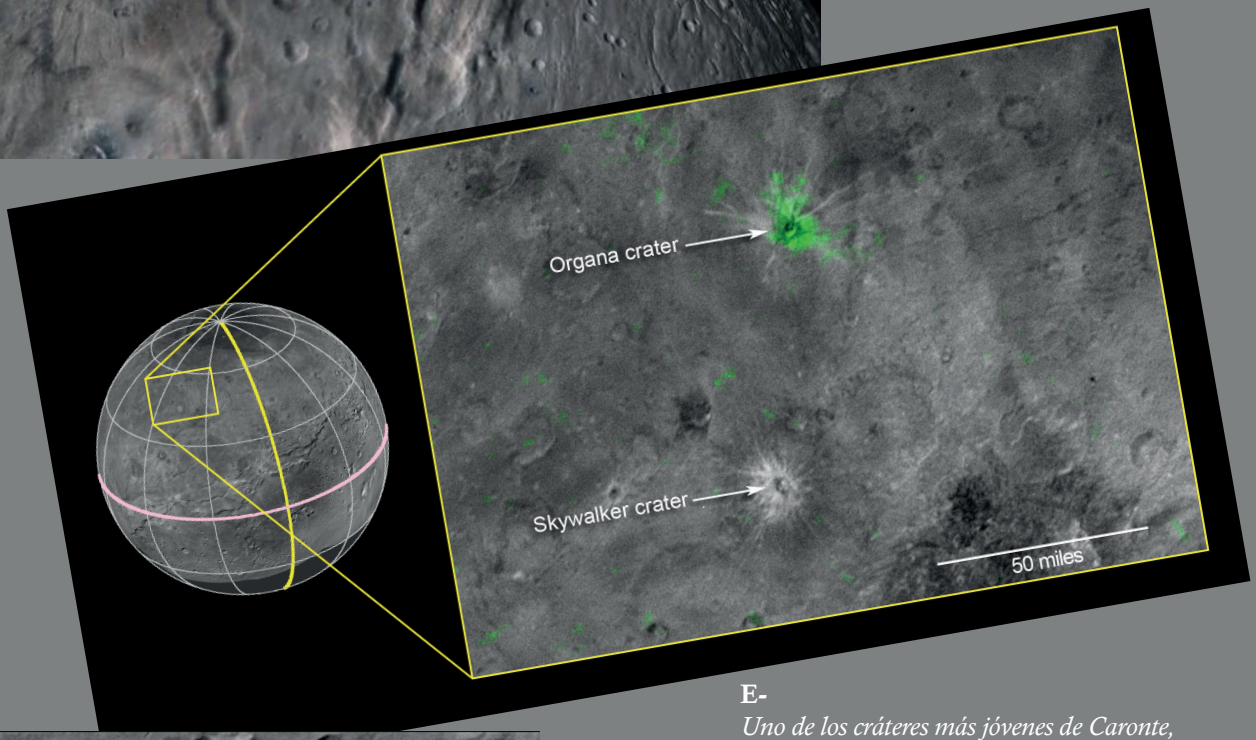
B-
Curiosa y hermosa "luz cenicienta" de Plutón sobre Caronte. Muestra el lado nocturno de la luna de Plutón, con un campo estelar de fondo. La media luna sobreexpuesta es la franja de terreno iluminada por el Sol. La toma, del 15 de julio, se logró cuando la sonda ya se alejaba, a una distancia de 150.000 km.



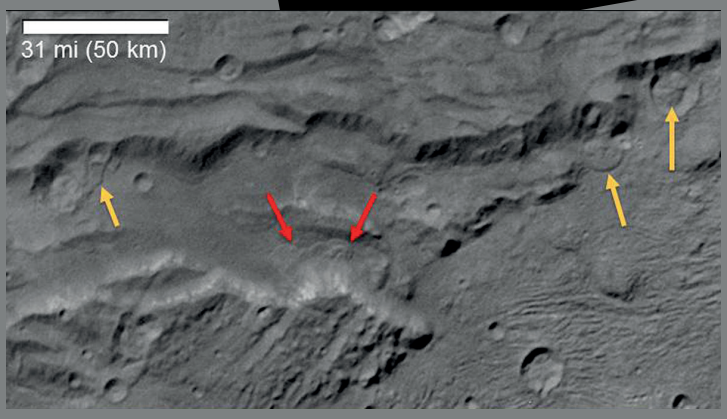
C-
El recuadro amplía una región curiosa de Caronte: una llanura con un prominente pico, en la esquina superior izquierda. La imagen abarca 390 kilómetros de arriba a abajo.

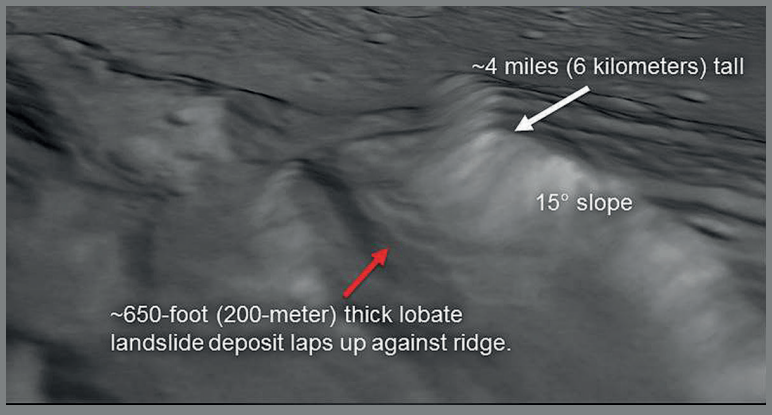
La imagen se realizó el 14 de julio, casi dos horas antes del máximo acercamiento de la New Horizons, desde una distancia de 79 000 kilómetros.

D-
Mediante ordenador se ha realizado esta visión "de sobrevuelo" de Caronte. Forma parte de un vídeo de la NASA, y este fotograma muestra el cañón Serinity Chasma.
El vídeo completo puede verse en: https://photojournal.jpl.nasa.gov/archive/PIA21864_Charon_Flyover.mp4



E-
Uno de los cráteres más jóvenes de Caronte, con el nombre provisional de Organa. *La destacada mancha verde a su alrededor implica absorción infrarroja en longitudes de onda de aproximadamente 2,2 micrones, lo que indica que el cráter es rico en amoníaco congelado, y que probablemente ha sido expuesto recientemente. El cráter Skywalker, algo más abajo en la imagen, está dominado por el hielo de agua, como muchos otros cráteres de Caronte.*





F-
Dos imágenes de detalle de Serenity Chasma, el gran cañón que atraviesa el ecuador de Caronte. La superior señala posibles signos de deslizamiento del terreno (marcadas con flechas), mientras la inferior ilustra una vista en perspectiva del mismo. Fueron realizadas el día, ya histórico para la exploración espacial, 14 de julio de 2015. El sistema Plutón-Caronte no volverá a ser estudiado por otra sonda hasta dentro de varias décadas, como mínimo.