

# Planetas enanos

**Julio Solís García**



***Revista Digital de ACTA***

**2024**

Publicación patrocinada por



**ACTA representa en CEDRO los intereses de los autores científico-técnicos y académicos. Ser socio de ACTA es gratuito.**

**Solicite su adhesión en [acta@acta.es](mailto:acta@acta.es)**

## **Planetas enanos**

© 2024, **Julio Solís García**

© 2024, 

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Se autorizan los enlaces a este artículo.

*ACTA no se hace responsable de las opiniones personales reflejadas en este artículo.*

## DEL SÉPTIMO CIELO AL BARQUERO DE LA LAGUNA ESTIGIA

*"Si he visto más lejos que otros, es porque estaba sobre los hombros de gigantes"*  
**Isaac Newton** (1642-1727), físico, matemático, astrónomo, teólogo, inventor y alquimista inglés

El cielo resultaba mágico e incomprensible para los hombres primitivos. Contemplaron el firmamento con admiración y, convencidos de su influencia en la vida humana, su observación constituyó la base de las primeras creencias místicas o religiosas. Pronto advirtieron la diferencia entre las simples estrellas "fijas", que para cualquier observador debió de ser obvio que las estrellas son puntos brillantes que conservan un esquema fijo noche tras noche, y los astros en movimiento visibles a simple vista, como la Luna, el Sol, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, aunque no se comprendiera su naturaleza. Ya en tiempos prehistóricos agruparon las estrellas en constelaciones, formando figuras a semejanza de animales, objetos u otros elementos de su vida cotidiana.

La curiosidad humana con respecto al día y la noche, al Sol, la Luna y las estrellas, llevó a los hombres primitivos a la conclusión de que los cuerpos celestes parecen moverse de forma regular. La alternancia del día y la noche debe haber sido un hecho explicado de manera obvia desde un principio por la presencia o ausencia del Sol en el cielo. El Sol, que separaba el día de la noche, salía todas las mañanas desde una dirección, el Este, se movía uniformemente durante el día y se ponía en la dirección opuesta, el Oeste. Esta regularidad en la salida y la puesta del Sol, así como su trayectoria de levante a poniente, desembocó en la noción del día solar y condujo al establecimiento de un horario. Por la noche se podían ver miles de estrellas que seguían una trayectoria similar. En las zonas templadas, comprobaron que el día y la noche no duraban lo mismo a lo largo del año, en los días largos el Sol salía más al Norte y ascendía más alto en el cielo al mediodía, y en los días con noches más largas el Sol salía más al Sur y no ascendía tanto.

Pronto, el conocimiento de los movimientos cíclicos del Sol, la Luna y las estrellas mostraron su utilidad para definir el tiempo y orientarse, y para la predicción de fenómenos como el ciclo de las estaciones, de cuyo conocimiento dependía la supervivencia de cualquier grupo humano. Cuando la actividad principal era la caza, era trascendental predecir el instante el que se producía la migración estacional de los animales que les servían de alimento y, posteriormente, cuando nacieron las primeras comunidades agrícolas, era fundamental conocer el momento oportuno para sembrar y recoger las cosechas. También la astronomía solucionó otros problemas de las primeras civilizaciones, como la necesidad de establecer con precisión las épocas adecuadas para las celebraciones, y la de orientarse en los desplazamientos y viajes.

Debió de ser importante también, desde un principio, el hecho de que la calidad de la luz nocturna dependiera de la fase de la Luna, y el ciclo de veintinueve a treinta días ofrecía también una manera cómoda de medir el tiempo, dando lugar a calendarios basados en el ciclo lunar. La periodicidad en la sucesión de las fases de la Luna condujo a la institución del mes lunar, que es la base del que todavía usamos. La observación de los movimientos solares con relación a las estrellas fijas reveló que el Sol recorre las doce constelaciones del Zodíaco, dividiéndose la esfera celeste en doce sectores de 30° cada uno, en un largo lapso de tiempo, con lo que se obtuvo la noción de año y la distribución de éste en doce meses. De estas observaciones derivan las actuales divisiones sexagesimales de los ángulos y del tiempo.

Del Megalítico se conservan grabados en piedra de las figuras de ciertas constelaciones, como la Osa Mayor y la Osa Menor, y otros asterismos como el formado por las estrellas más brillantes del cúmulo estelar abierto, claramente visible a simple vista, de "las Pléyades". En ellos cada es-

trella está representada por un alvéolo circular excavado en la piedra. Los astrónomos de estas culturas megalíticas tuvieron unos conocimientos realmente sorprendentes de los movimientos de los astros y de la geometría práctica, que plasmaron en grupos de grandes piedras erectas (megalitos), algunas de más de 25 toneladas de peso y dispuestas de acuerdo con esquemas geométricos regulares.

Del final del Neolítico nos han llegado menhires y alineamientos de piedras hallados en diversas partes del mundo, la mayor parte de ellos orientados hacia el sol naciente, aunque no de manera exacta sino siempre con una desviación de algunos grados hacia la derecha. Este hecho hace suponer que suponían fija la Estrella Polar e ignoraban la precesión de los equinoccios, aunque antiguos pueblos que habitaron Europa tuvieron conocimientos avanzados de los movimientos de los astros, matemática y geometría, y realizaron grandes construcciones para la práctica de la astronomía observacional, determinando los solsticios y equinoccios, y prediciendo los eclipses lunares y solares. Algunos de esos círculos de piedras fueron erigidos de modo que señalasen la salida y la puesta del Sol y de la Luna en momentos específicos del año, especialmente las ocho posiciones extremas de la Luna en sus cambios de declinación del ciclo de 21 días que media entre una luna llena y la siguiente.

Varios de estos observatorios se han preservado hasta la actualidad, siendo los más famosos los de Stonehenge en Inglaterra y Carnac en Francia. Stonehenge fue erigido a 51º de latitud norte y se construyó en varias fases entre los años 2200 y 1600 a.C., siendo uno de los más extensamente estudiados. Sus constructores tuvieron en cuenta el hecho de que el ángulo existente entre el punto de salida del Sol en el solsticio de verano y el punto más meridional de salida de la Luna, es un ángulo recto. El círculo de piedras, que se dividía en 56 segmentos, podía utilizarse para determinar la posición de la Luna a lo largo del año.

Como parecía lógico y evidente, la visión predominante del Universo en muchas civilizaciones antiguas fue el geocentrismo. La civilización griega, de la mano de Claudio Ptolomeo en el siglo II d.C., introdujo un sistema geocéntrico que tendría gran aceptación durante muchos siglos, y que fue publicado en su obra "Almagesto". Esta creencia basada en la idea de que la Tierra era el centro del Universo, solamente sería cuestionada en el siglo XVI al imponerse la teoría heliocéntrica de Nicolás Copérnico, mucho más acorde con las observaciones astronómicas pero con enormes resistencias por parte del Clero Católico. No obstante, hay que resaltar que en el siglo III a. C. Aristarco propuso ya la teoría heliocéntrica, que no fue aceptada generalmente, quedando en un segundo plano hasta que fue recuperada por Copérnico. Con la introducción de esta tesis, se reconoció que el Sol constituía el centro del sistema solar y que las estrellas errantes eran en realidad planetas que, junto con la Tierra, realizaban un movimiento de traslación alrededor del astro rey. Además, se estableció el orden en el que se encontraban estos cuerpos celestes.

En la cosmología geocéntrica medieval la Tierra ocupaba el centro del Universo, y estaba rodeada por ocho esferas celestes, o cielos, correspondientes a: la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno, y el octavo era el de las estrellas. Los teólogos medievales, inspirándose en la doctrina de Aristóteles, introdujeron un noveno cielo, el "*primum mobile*", que no estaba contenido por ningún otro, pero que originaba y alimentaba el movimiento de los otros ocho. Además, esta novena esfera tenía un significado especial vinculado con la "Santísima Trinidad" de la mayoría de confesiones Cristianas. Por encima de ellos el "Empíreo", el más alto de los cielos en la teología católica medieval, sitio espiritual ocupado exclusivamente por Dios y eternamente inmóvil (al contrario que los otros nueve). Por ello la expresión "estar en el séptimo cielo" alcanzó éxito popular en esa época como sinónimo de rayar la perfección, aproximarse a la felicidad o alcanzar la fuente insuperable de bienestar, al tener muy próximas el resto de esferas o cielos cercanos a lo divino, como el octavo cielo de las estrellas y el noveno de los ángeles (Figura 01).



*Figura 01: Cosmología geocéntrica medieval.  
Imagen: Nicolás Oresme, "Le livre du Ciel et du Monde",  
Paris, BnF, Manuscrits, Fr. 565, f. 69, año 1377.*

Galileo fue el primero en observar los planetas con telescopio y descubrir algunas de sus características principales más llamativas, pero habría que esperar hasta el año 1781 para que William Herschell anunciara la existencia de un nuevo planeta, al que le puso el nombre de Urano, al observarlo con su flamante telescopio reflector de 120 cm. 65 años después, los matemáticos Adams y Le Verrier concluyeron independientemente la existencia de un séptimo planeta mediante cálculos matemáticos, señalando la zona del cielo donde debería buscarse, localizándose finalmente por el astrónomo alemán Johann Galle en el lugar señalado por Adams y Le Verrier, dándosele el nombre de Neptuno. Por fin, en el año 1930 el astrónomo norteamericano Clyde W. Tombaugh descubrió Plutón desde el Observatorio Lowell en Arizona, reconociéndose por la Unión Astronómica Internacional como noveno planeta del sistema solar (octavo planeta en nuestro cielo) hasta el año 2006, en el que se le "reclasificó" como planeta enano.

Cuando se descubrió Plutón, se pensaba que su órbita señalaba el límite exterior del Sistema Solar, estableciéndose un paralelismo entre esa parte de nuestro sistema planetario y los límites entre cielo e infierno o entre la vida y la muerte, propios de las teologías y mitologías antiguas. Por este motivo encontraremos los mismos nombres dados al planeta enano Plutón y sus satélites y los de algunos protagonistas de relatos míticos clásicos relativos a la muerte o el infierno.

En la mitología clásica, Plutón (Hades para los griegos) era el dios del inframundo, que custodiaba la entrada del infierno junto con su perro de tres cabezas (Cancerbero) para impedir la entrada de los vivos y la salida de los muertos.

Caronte (hijo de Érebo, la oscuridad, y Nix, la noche), cuyo nombre significa "brillo intenso", era el barquero que llevaba las almas de los muertos en su barca hasta el reino de Hades, donde serán juzgadas para decidir su lugar de descanso. Los difuntos debían llevar un óbolo para pagar su viaje al más allá, razón por la cual en la antigua Grecia los cadáveres se enterraban con una moneda bajo la lengua o sobre los ojos. Aquellos que no podían pagar tenían que vagar cien años por las riberas del río Aqueronte, tiempo después del cual Caronte accedía a llevarlos sin cobrar.

Aunque con frecuencia se dice que Caronte conducía las almas de los muertos desde una orilla a la otra del río Estigia (río venenoso) o del lago Aqueresia, en la mayoría de los relatos se señala al río Aqueronte como el que transita el "barquero del lago", al que se conocía como río del dolor o de la aflicción, y lugar de castigo para muchos espíritus. Aqueronte, Estigia, Cocito, Flegetonte y Lete eran los cinco ríos que fluían hacia el Inframundo, siendo el primero la frontera del infierno. Para la mitología griega, Caronte cruza las almas a través de este río hasta el infierno (Figura 02), quedando las almas neutrales sentadas en las orillas. El Aqueronte es río de aproximadamente seis metros de ancho que nace en el mundo de los mortales, y serpentea camino del infierno hasta que luego se hunde bajo tierra hacia el Inframundo. Sus aguas son frías, oscuras, vaporosas y pantanosas, mientras que su corriente tiene miles de voces gritando, chillando de dolor y suplicando clemencia... Un lugar despojado de alegría. Cualquiera que se atreva a tocar sus aguas o siquiera escuchar su corriente, se verá afectado por las malévolas voces, culpándolo de pecados atroces que nunca cometió, y mostrándole sus peores recuerdos, tratando de convencerlo de saltar al río.



Figura 02: Caronte transporta en su barca un alma humana por a través de la laguna Estigia, quedando a la izquierda el Edén, incluyendo la fuente del paraíso, y a la derecha puede verse el terrible aspecto del infierno. Imagen: Pintura de Joachim Patinir "El paso de la laguna Estigia", 1519-1524, Museo del Prado (Madrid).

Ese era el lugar en el que acababa todo el mundo hasta el siglo V a.C., cuando los escritores crearon un destino alternativo para las almas buenas. De esta manera, las almas buenas salían del Hades e iban a los Campos Elíseos, donde se olvidaban de todas sus preocupaciones, mientras que las almas malas iban a parar a las profundidades del Hades. Las almas que habían ofendido a los dioses sufrían un destino aún peor y recibían castigos eternos y retorcidos, como Sísifo, que fue castigado a empujar una roca cuesta arriba por toda la eternidad. El río Aqueronte finalmente se divide en dos pequeños ríos, el Cocito y el Estigia, que fluyen en direcciones opuestas hasta que caen al fondo del reino de Hades.

Con el descubrimiento de planetas más alejados del Sol que Plutón, y de otros cuerpos (grandes asteroides y cometas) situados en el cinturón de Kuiper y la Nube de Oort, en los confines de nuestro Sistema Solar, la Unión Astronómica Internacional consideró necesario, en los primeros años de este siglo, el establecimiento de una nueva categoría planetaria, la de los "planetas enanos", cuyo principal integrante sería el hasta entonces planeta Plutón, junto con el mayor de los asteroides situados entre las órbitas de Marte y Júpiter, "Ceres". Ante el incesante descubrimiento de más y más cuerpos transneptunianos (TNO y KBO), como "Eris", "Makemake" y "Haumea", se establecieron también nuevas categorías, como los denominados "Plutoides" (subgrupo de los planetas enanos situados más allá de la órbita de Neptuno), "Plutinos" y "cubewanos".

## PLANETAS ENANOS

*"No mezclaré conjeturas con certezas"*

**Isaac Newton** (1642-1727), físico, matemático, astrónomo, teólogo, inventor y alquimista inglés

Durante 76 años, desde el descubrimiento del planeta enano Plutón, se pensó que el número de planetas en nuestro Sistema Solar era nueve, y que no parecía probable encontrar nuevos planetas más alejados. Sin embargo, en los primeros años del presente siglo se empezaron a descubrir nuevos astros, como "Eris" el 21 de octubre de 2003, por Michael E. Brown, Chad A. Trujillo y David L. Rabinowitz, "Makemake" el 31 de marzo de 2005, por Michael E. Brown, Chad A. Trujillo y David L. Rabinowitz, y "Haumea" el 7 de marzo de 2003, sin descubridor oficial (anunciado por M.E. Brown et al y por J.L. Ortiz et al). Los dos primeros descubiertos en el Observatorio de Monte Palomar (EE.UU.) y el tercero en el Observatorio de Sierra Nevada (España), y anunciados el 29 de julio del año 2005.

Estos descubrimientos obligaron a la Unión Astronómica Internacional, en su Asamblea General celebrada en Praga durante el mes de agosto de 2006, a definir un nuevo término de objeto celeste, el de "planeta enano", que debería reunir los siguientes requisitos:

- Estar en órbita alrededor del Sol.
- Tener suficiente masa para que su propia gravedad haya superado la fuerza de cuerpo rígido, de manera que ha adquirido equilibrio hidrostático (forma casi esférica).
- No haber limpiado de otros cuerpos similares la vecindad de su órbita.
- No ser un satélite.

A partir de ese momento, Plutón dejó de ser un planeta en el sentido clásico y pasó a ser catalogado como planeta enano. Además, es el prototipo de una nueva categoría de objetos transneptunianos que la Unión Astronómica Internacional, en la reunión de su Comité Ejecutivo celebrada en Oslo en junio de 2008, decidió denominar oficialmente como "plutoides", y que corresponde a los planetas enanos más alejados del Sol que Neptuno. También pasaron a ser planetas enanos el asteroide "Ceres", el plutoide "Eris" y, en junio y septiembre del año 2008, los plutoides "Makemake" y "Haumea" (Figura 03).



Figura 03: Ubicación de los planetas, planetas enanos y otros objetos del Sistema Solar en orden de distancia al Sol (no están a escala). Crédito: NASA

El cinturón de asteroides es una zona del Sistema Solar situada entre las órbitas de los planetas Marte y Júpiter, muy diferente de los confines del mismo donde se encuentran el resto de planetas enanos, como el cinturón de Kuiper, cuyos objetos se denominan "KBO", el disco disperso (objetos "SDO"), y la nube de Oort.

Ceres es el único planeta enano con un ambiente "templado", sin atmósfera apreciable (quizá una liviana exosfera de vapor de agua sublimada del hielo superficial detectado en algunas zonas). Su temperatura máxima se encuentra alrededor de los  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  y casi todo lo que se sabe de este interesante astro ha sido fruto de los datos suministrados por la misión espacial robótica "Dawn" de la NASA, que tras acercarse a Marte camino del cinturón de asteroides, exploró el asteroide Vesta y orbitó al planeta enano Ceres durante tres años (2015-2018), aportando gran información científica (Figura 04).

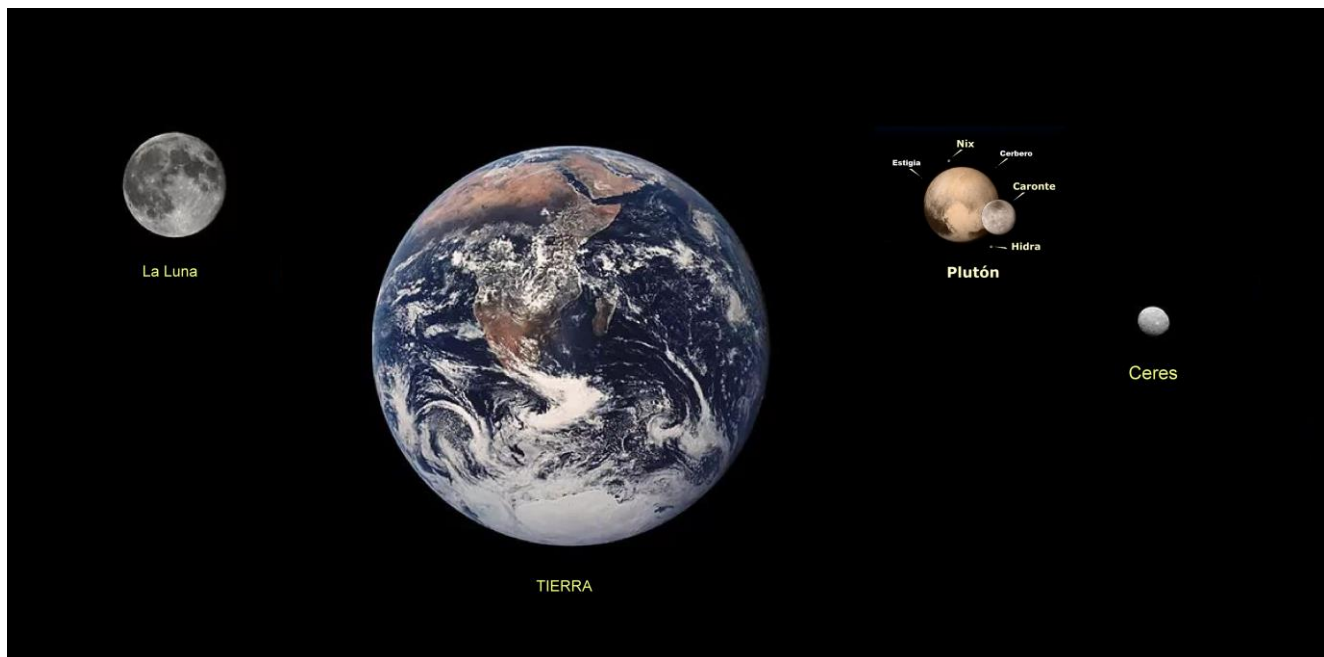
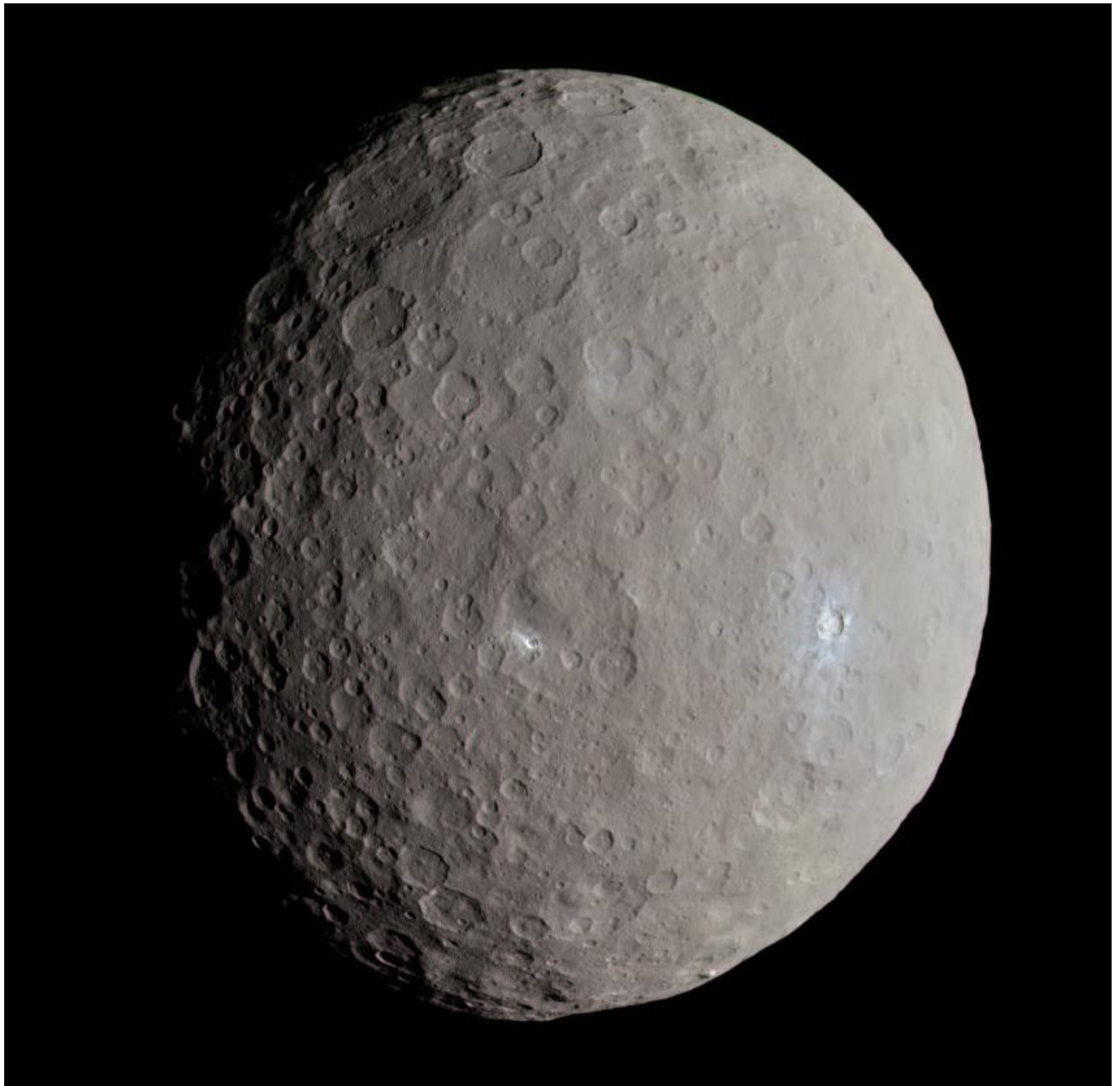


Figura 04: Tamaños comparados de la Tierra, la Luna, Plutón y sus satélites, y Ceres. Imagen del autor compuesta con fotografías de la NASA.

"Dawn" descubrió en Ceres una superficie compuesta por hielo de agua y minerales hidratados, como carbonatos y arcillas, e incluso la posibilidad de la existencia de un océano de agua bajo el manto de hielo existente sobre el núcleo rocoso. Más allá de la posibilidad de ese océano interno, lo cierto es que se han descubierto afloramientos de salmuera, a modo de criovolcanes, que po-



drían proporcionar un hábitat potencial para la vida microbiana. Ceres sería, por tanto, el cuerpo con criovolcanes más cercano al Sol. Las magníficas imágenes transmitidas por la sonda "Dawn", que se acercó hasta 385 km de la superficie, mostraron claros indicios de escarcha y zonas brillantes en el interior del cráter "Occator" (Figura 05).



*Figura 05: Imagen del planeta enano Ceres tomada por la sonda "Dawn" de la NASA el 4 de mayo de 2015 desde una distancia de 13 641 km. Los dos cráteres brillantes que aparecen en la foto son el "Haulani" a la derecha y el "Oxo" a la izquierda. Crédito: NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA/Justin Cowart.*

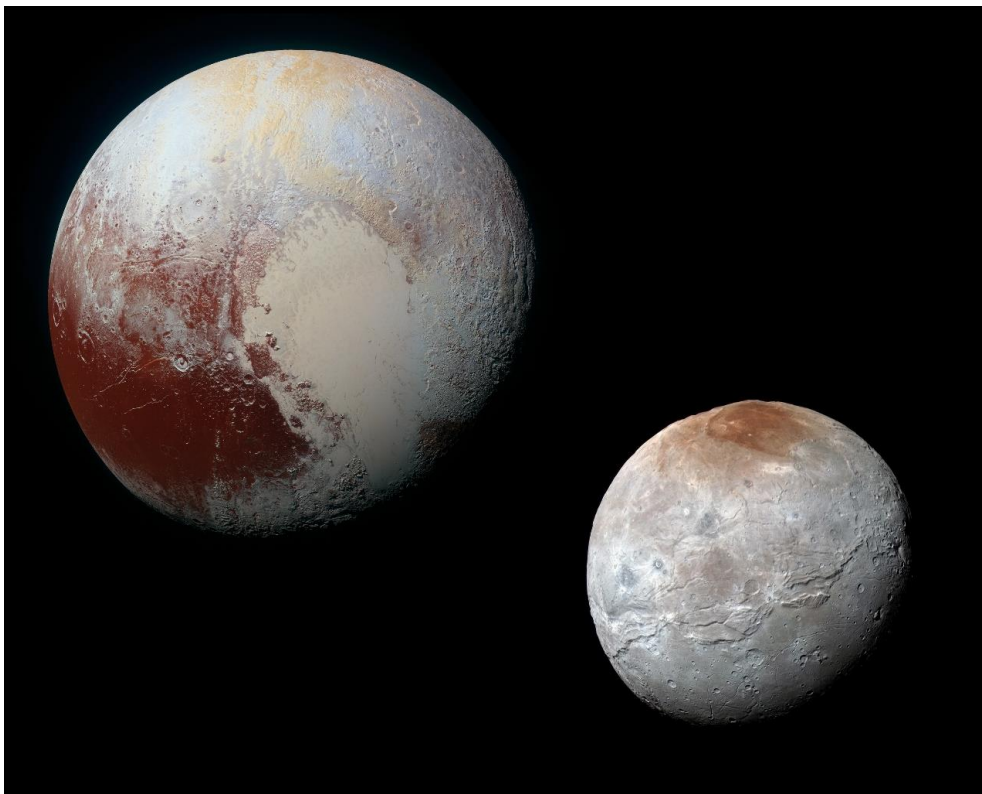
Plutón es el mayor y mejor conocido de los planetas enanos y, seguramente, muchas de sus características son compartidas por el resto de plutoides más alejados del Sol. Pequeño, frío y situado a una distancia de la Tierra para nosotros inimaginable, siempre ha sabido guardar muy bien sus secretos, tanto, que hasta el año 2015 solamente se tenía una imagen borrosa de su

superficie, con algunos claroscuros poco definidos y pocos datos, se pensaba que este esquivo planeta, menor que nuestra Luna, no tendría atmósfera ni presentaría actividad geológica.

Sin embargo, hace pocos años se produjo un hito en la investigación planetaria con la llegada de la sonda espacial de la NASA "New Horizons", que puso de manifiesto con sus espectaculares fotografías y registros físicos-químicos, que este noveno y último planeta del Sistema solar hasta el año 2006, y reclasificado como planeta enano a partir de esa fecha, es un mundo sorprendente, dinámico y singular, con temperaturas típicas de  $-230\text{ }^{\circ}\text{C}$ , notable actividad geológica y criovulcanismo, y cambios estacionales significativos en su tenue atmósfera de nitrógeno ( $\sim 90\%$ ), metano ( $\sim 10\%$ ) y algo de monóxido de carbono.

Estos cambios afectan a su albedo, variable durante los 248 años que tarda en recorrer su órbita, favoreciendo además la actividad geológica y ambiental observada en su superficie, y que le otorga los característicos colores ocre-rojizos, grises, blancos y amarillentos que se aprecian en las extraordinarias imágenes recibidas.

Cuando en febrero de 1930 Clyde William Tombaugh descubrió Plutón, un esquivo puntito en el cielo de magnitud  $+15,1$  (\*), nada hacía pensar que ese pequeño planeta rocoso y helado, que marcaba el límite del Sistema Solar, pudiera en realidad ser un astro activo que encerraba extraordinarias características singulares, únicas en nuestro sistema planetario.



*Figura 06: Plutón y Caronte. Crédito: NASA/JHUAPL/SWRI.*

**(\*)** La magnitud visual aparente representa el brillo de las estrellas y demás objetos celestes, la escala original proviene de la antigua Grecia, y se estableció una magnitud  $+1$  para las estrellas más brillantes y  $+6$  para las más débiles que era capaz de captar el ojo humano a simple vista. En esa escala, Sirio, la estrella más brillante del cielo, tiene una magnitud aparente de  $-1,47$ , mientras que Venus puede llegar a  $-4,4$ , la Luna llena a  $-12$ , y el Sol a  $-27$ . En un entorno urbano pueden verse estrellas de magnitud  $+3$  o  $+4$ , y en un cielo oscuro pueden verse hasta de magnitud  $+6$ . Con un telescopio de  $20\text{ cm}$ . apenas alcanzaríamos a ver

estrellas de magnitud +13 en condiciones ideales, el telescopio de 8 metros de Mauna Kea (Hawai) alcanza hasta la magnitud +27, y el Hubble llega hasta +32

A pesar de su reducido tamaño (~2374 km de diámetro), tiene nada menos que cinco satélites que configuran un sistema ciertamente único, con Caronte, su mayor y principal satélite, con el que forma lo que podría considerarse casi un planeta doble (Figura 06), dado el tamaño parecido de ambos, hasta el extremo de que no giran uno respecto al otro, sino que lo hacen ambos alrededor de un punto situado entre los dos astros (baricentro), y muestran ambos la misma cara uno respecto al otro, como hicieran dos niños jugando en el patio de un colegio agarrados por las manos girando uno respecto al otro. Alrededor de este baile planetario giran los otros cuatro satélites (Nix, Hidra, Cerbero y Estigia), muy pequeños e irregulares (no esféricos), como espectadores curiosos de la pareja Plutón-Caronte. Los últimos datos indican que Nix podría tener ~40 km de "diámetro" (Figura 07), Estigia unos ~10 km de "diámetro" y todos presentan una rápida rotación y superficies luminosas que podría deberse a la presencia de hielo.

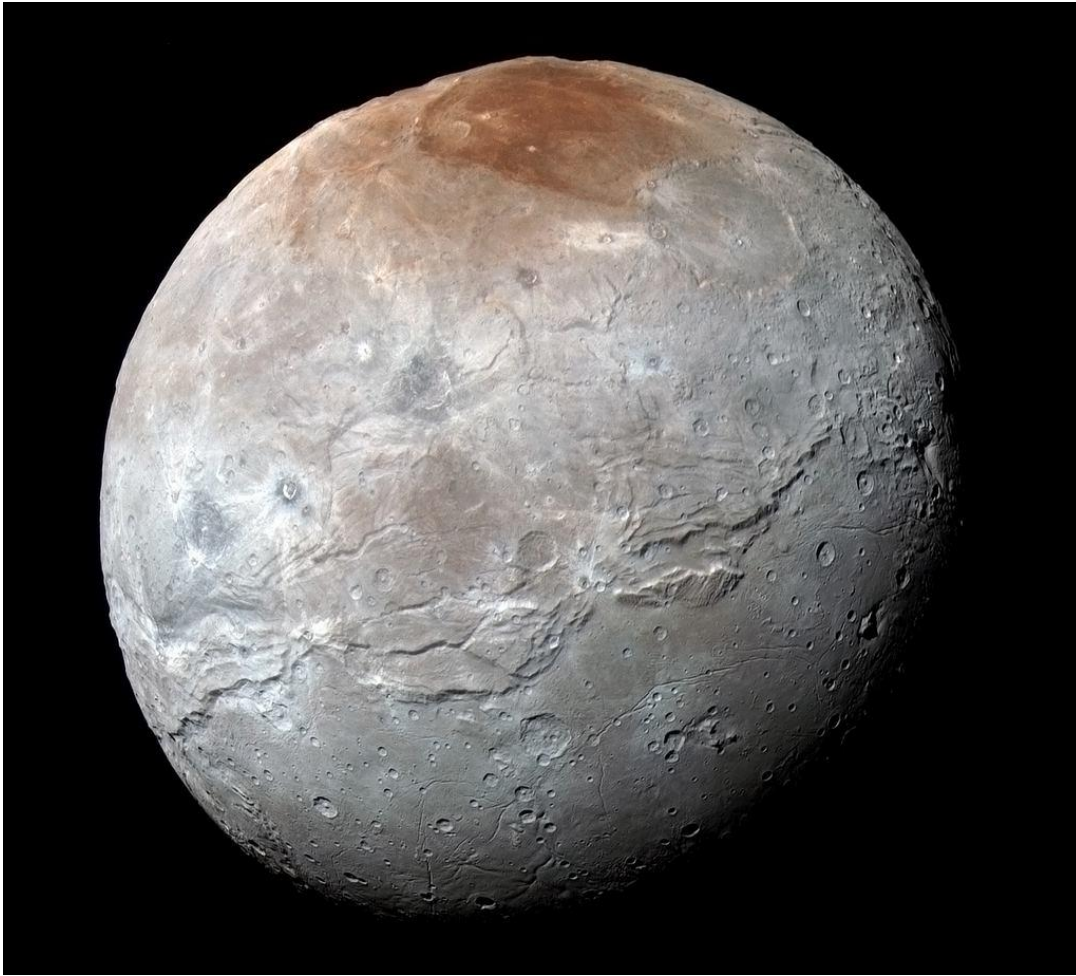


Figura 07: Nix.  
Crédito: NASA/JHUAPL/SWRI.

Plutón tiene otras muchas características peculiares, además de su reducido tamaño, también es muy poco denso, menos de la mitad que La Tierra, lo que hace que una persona que pese 70 kg en nuestro planeta, pesaría en Plutón aproximadamente 4 o 5 kg, casi la mitad que en la Luna. También tiene una órbita muy excéntrica e inclinada respecto al plano de la eclíptica, lo que hace que durante su mayor acercamiento al Sol quede por el interior de la órbita de Neptuno, y que recorre en 247,94 años terrestres, tiempo que dura un año "plutoniano".

Merece la pena señalar el acierto con los nombres que se asignaron al conjunto de Plutón y sus satélites. Plutón, dios romano del inframundo, nombre perfecto para el que fue durante mucho tiempo último planeta del Sistema Solar, y que daba paso a las tinieblas interestelares, a pesar de que posteriormente se descubrió parte del contenido de esas 'tinieblas' con algunos cuerpos similares a Plutón, como el planeta enano Eris, que se mueve entre el "cinturón de Kuiper" y el "disco disperso", y que junto con la "nube de Oort" conforman las tres acumulaciones de objetos transneptunianos, que mayormente vienen a ser cometas y otros cuerpos rocosos que contienen hielo, metano y amoníaco entre otros elementos y compuestos (la nube de Oort se considera el límite del Sistema Solar, y es una nube esférica de rocas, hielo, núcleos de cometa y asteroides, situados a un año-luz del Sol, a una cuarta parte del camino que nos separa de la estrella más cercana, "Próxima centauri").

No pudo ponerse un nombre más adecuado al más grande de sus satélites, Caronte (Figura 08), que, como hemos visto, en la mitología griega era el nombre del barquero que llevaba las almas de los difuntos de una orilla a otra del río Aqueronte (o de la laguna Estigia, según las fuentes), para entregárselas a Hades (Plutón en la mitología romana). Nix, la diosa de la noche; Hidra, serpiente de tres cabezas que custodiaba la entrada en el inframundo; Cerbero, el can de tres cabezas que guardaba la puerta del inframundo para que los muertos no pudieran salir y los vivos no pudieran entrar; y Estigia, diosa del río del mismo nombre que terminaba en el infierno, recrean parte de la mitología griega en este rincón del Sistema Solar, la entrada al inframundo helado.



*Figura 08: Imagen de Caronte, la mayor de las cinco lunas de Plutón.  
Crédito: NASA/JHUAPL/SWRI.*

Con la llegada a mediados del año 2015 de la nave "New Horizons" de la NASA, se ha descubierto ante nuestros ojos un mundo desconocido hasta la fecha, con imágenes y datos que van arrojando luz acerca de tan apasionante, remoto y helado rincón de nuestro sistema planetario. Plutón tiene una órbita con una excentricidad muy acusada, de 0,2488, lo que le lleva a situarse a 4437 millones de kilómetros del Sol en su distancia mínima o perihelio, cuyo último paso por este punto se produjo en el mes de septiembre del año 1989, y a 7376 millones de kilómetros en el momento de mayor alejamiento o afelio, lo que significa que en su mayor acercamiento se encuentra casi 20 veces la distancia de la Tierra al Sol (\*\*) más cerca que en su afelio. Si la órbita de la Tierra tuviera esa excentricidad, en enero estaría cerca de la órbita de Venus (a unos 5 millones de km de la misma), y en el mes de julio en las proximidades de la órbita de Marte (le quedarían unos 20 millones de km para alcanzarla), lo que afectaría de manera dramática al clima terrestre. Esta alta excentricidad provoca en Plutón cambios estacionales, aunque de menor entidad, dadas la enorme lejanía del Sol, la poca consistencia de su atmósfera y las gélidas temperaturas incluso en su perihelio (Figura 09).

**(\*\*)** La distancia de La Tierra al Sol se denomina en Astronomía "Unidad Astronómica" (U.A.), y equivale a 149,6 millones de kilómetros.



Figura 09: Capas de la atmósfera de Plutón. Crédito: NASA/JHUAPL/SWRI.

Durante su largo invierno, que dura más de cien años, la atmósfera de Plutón se congela y colapsa, reduciéndose a una gélida neblina apenas perceptible, no olvidemos que estamos hablando de una temperatura superficial de  $-240\text{ }^{\circ}\text{C}$ , apenas 33 grados por encima del cero absoluto. En el "verano", la tenue y extensa atmósfera de Plutón muestra hasta 12 capas neblinosas diferenciadas a lo largo de sus más de 100 km de extensión, compuesta por nitrógeno molecular ( $\sim 90\%$ ), metano ( $\sim 10\%$ ), monóxido de carbono, y trazas de acetileno, etileno, y etano, a una presión en superficie de 10 microbares, y con un característico color azul resultado de la dispersión de la luz solar por las partículas que componen tan exigua atmósfera.

Plutón gira sobre sí mismo en algo más de seis días y su eje de rotación tiene una inclinación sobre el plano de su órbita de  $122^{\circ}$ , a pesar de lo cuál los mayores cambios de temperatura en su superficie se deben a su mayor o menor alejamiento del Sol durante el recorrido de su órbita. Hemos tenido la suerte de que en el momento de la llegada de la nave "New Horizons", el planeta se encontrara más cerca de su perihelio que de su afelio, permitiendo así la observación y estudio de su atmósfera, que de otra forma hubiera desaparecido casi completamente (Figura 10).

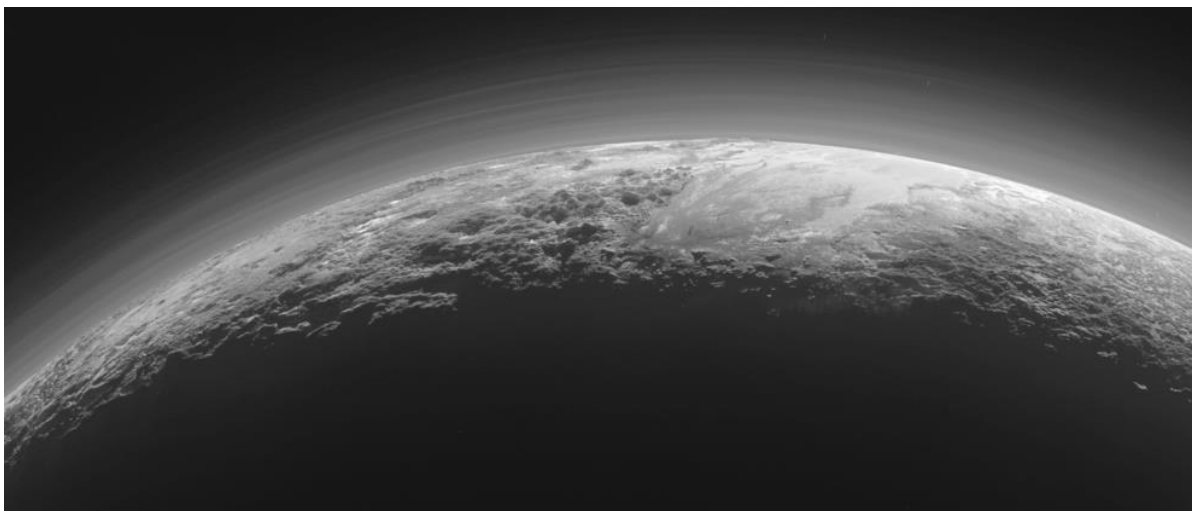
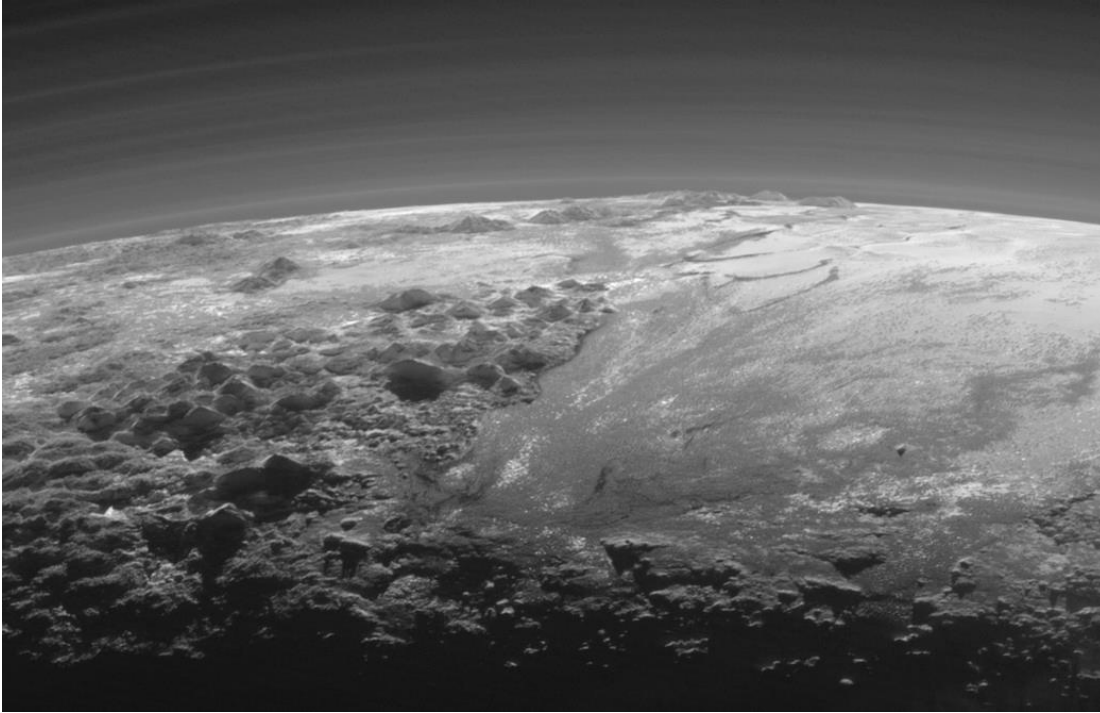


Figura 10: Atmósfera de Plutón. Crédito: NASA/JHUAPL/SWRI.

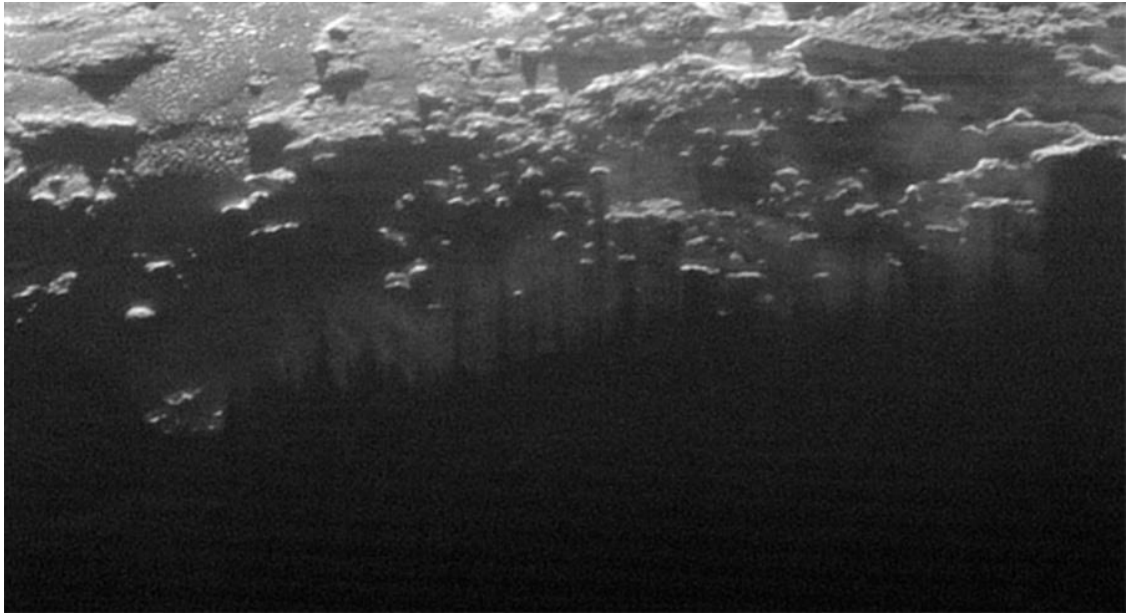


*Figura 11: Montes Norgay y Hillary, y la llanura helada Sputnik Planum.  
Crédito: NASA/JHUAPL/SWRI.*

La sonda, que aparte de sus instrumentos científicos llevaba como pasajero al descubridor de Plutón, Clyde Tombaugh (o mejor dicho, sus cenizas, dado que el astrónomo falleció en 1997), envió un torrente de información cuyo análisis y estudio llevará años al equipo científico de la misión, sin embargo las imágenes e información recibida hasta el momento ya han aportado importantes datos y sensacionales instantáneas que quedarán en los libros de Historia de la Astronomía.

Los investigadores de la misión "New Horizons" han puesto de manifiesto, de manera preliminar, sus primeras impresiones derivadas de los datos e imágenes recibidos, empezando por los tonos ocre-rojizos de buena parte de su superficie, que podrían deberse a la presencia de tolina, moléculas ricas en nitrógeno que podrían formarse por la acción de los rayos ultravioleta del sol y por los rayos cósmicos con el metano, en el seno de un ambiente nitrogenado.

Con la aproximación de la sonda quedaron ante nuestros ojos, con asombroso detalle, las magníficas montañas heladas, las corrientes de nitrógeno solidificado por el intenso frío, y las abundantes nieblas bajas, que podrían recordar de alguna manera a nuestro familiar Ártico. Las montañas pueden alcanzar hasta 3500 metros de altura, como se muestra en la figura 11, en la que aparecen los "Montes Norgay" en primer plano, en la zona escarpada situada al oeste (izquierda) de la llanura helada "Sputnik Planum", y los "Montes Hillary" cerca del horizonte. A la derecha, al este de la llanura "Sputnik" se aprecia un terreno rugoso cortado por claros glaciares. En esta fotografía de alta resolución, y en la figura 12, que es una ampliación de la zona inferior derecha de la anterior, pueden apreciarse, gracias al oportuno contraluz, algunos detalles de las nieblas, apreciándose al menos un banco de nieblas y bajas neblinas a ras de suelo, cortadas por las sombras paralelas de algunas colinas y pequeñas montañas iluminadas por la luz crepuscular del Sol, al igual que las nieblas en las que se proyectan las sombras. El ancho de la foto abarca 185 km.



*Figura 12: Nieblas a la puesta de Sol. Crédito: NASA/JHUAPL/SWRI.*



*Figura 13: Plutón, con la característica "Sputnik Planum". Crédito: NASA/JHUAPL/SWRI.*

"Sputnik Planum" es el nombre con el que se conoce la zona lisa y con forma de bombilla o corazón, que se ha hecho característica de la imagen de Plutón que todo el mundo conoce. La región que se extiende a su derecha, tierras altas de un color blanco brillante puede estar recubierta por

nitrógeno helado arrastrado por la atmósfera desde la llanura adyacente, o evaporado desde la misma y depositado posteriormente en dicha zona alta y escarpada. También se han podido apreciar glaciares fluyendo desde estas tierras altas hacia la llanura Sputnik, lo que se asemejaría bastante a las corrientes congeladas en los márgenes de los casquetes de hielo de Groenlandia y La Antártida. Los científicos de la misión "New Horizons" no esperaban encontrar un ciclo hidrológico basado en el nitrógeno en los remotos confines del Sistema Solar (Figura 13).

Aunque no está claro el origen de la actividad geológica, parece verosímil que la débil luz solar sea el motor de dicho ciclo, equivalente de alguna forma al ciclo hidrológico que alimenta las capas de hielo de la Tierra, donde el agua se evapora de los océanos, depositándose en forma de nieve en las zonas polares, y volviendo a los mares a través del flujo glacial. Plutón es sorprendentemente parecido a la Tierra a este respecto, según las propias palabras de Alan Stern, director del equipo científico de la misión. Igualmente, se han encontrado evidencias de una corteza de agua helada y de fenómenos erosivos cuyo origen parece estar en los procesos geológicos como la convección de hielo, flujos de glaciares, transporte de compuestos volátiles y rachas de viento.

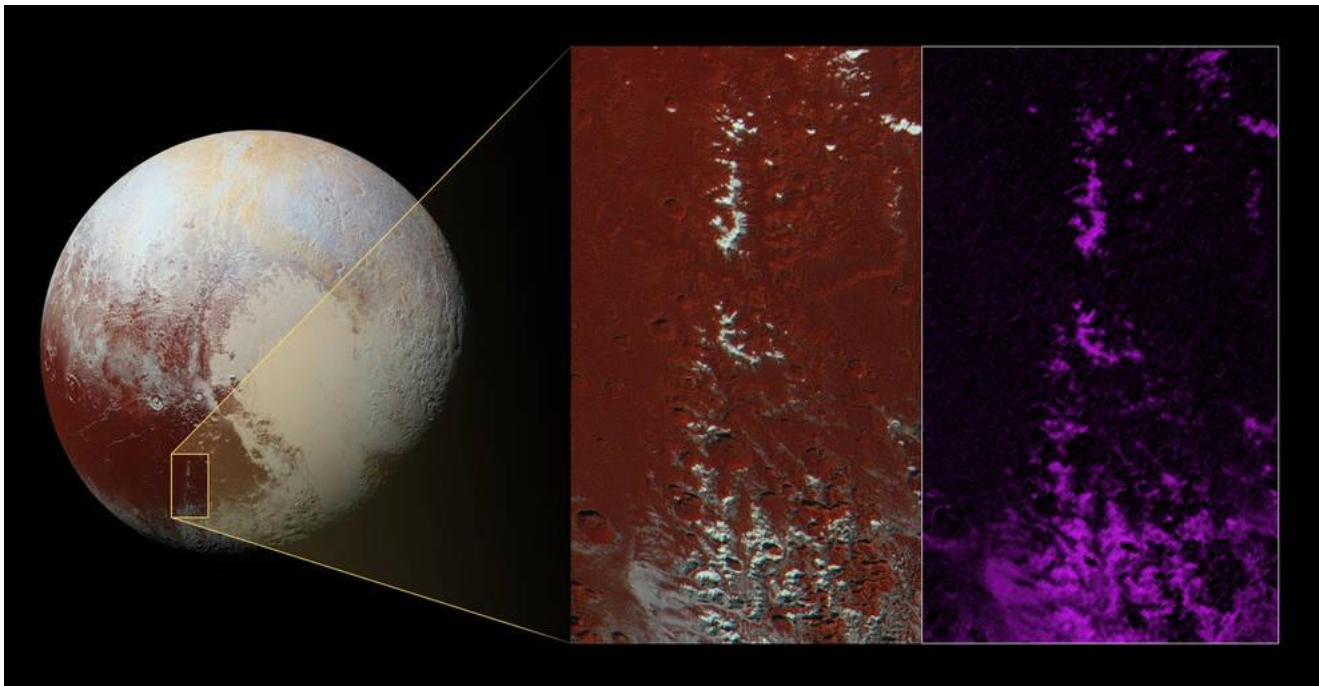


Figura 14: Cimas nevadas en las cordilleras de Cthulhu Regio. Crédito: NASA/JHUAPL/SWRI.

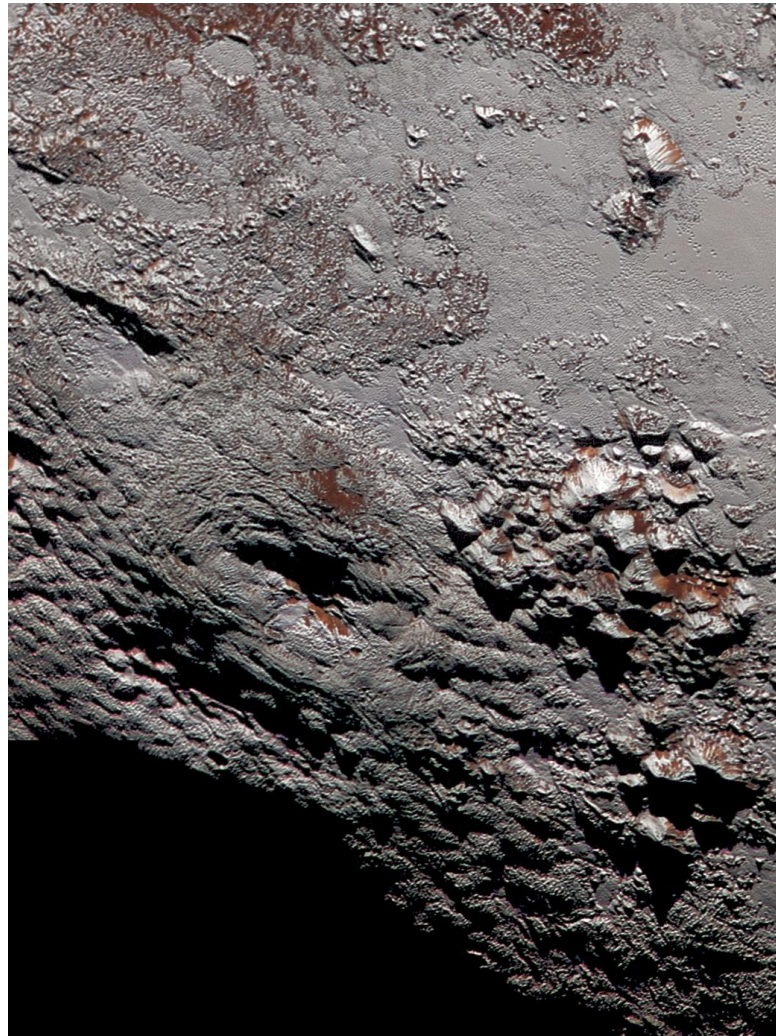
Otra zona que ha llamado la atención de los investigadores es la denominada "Cthulhu Regio" (Figura 14), con una extensión de 3000 km de largo y 750 km de ancho, al oeste de la gran llanura helada de nitrógeno "Sputnik Planum", en ella aparecen una serie de cadenas montañosas cubiertas de nieve, que contrasta claramente con su oscuro entorno seguramente cubierto por las mencionadas tolina (complejas moléculas que se forman cuando el metano está expuesto a la luz ultravioleta solar, y que adquieren un tono rojo oscuro). El equipo científico piensa que esa nieve que cubre las cimas de las montañas podría ser predominantemente metano que se ha condensado en forma de hielo, y que podría comportarse en Plutón de manera similar a como lo hace el agua en la atmósfera de la Tierra, condensándose como hielo a grandes alturas.

También se han obtenido imágenes de lo que podrían ser criovolcanes, es decir, volcanes hechos de hielo que rezuma o rebosa del interior del planeta. De ser así, todo apunta a la existencia de alguna fuente de calor interna, como por ejemplo calor residual de elementos radiactivos presen-



tes en las rocas, que en algún momento pasado impulsó la fusión de algunos depósitos de hielos interiores de nitrógeno y metano, y que posteriormente erupcionaron a la superficie. Estos criovolcanes podrían suponer un mecanismo de rejuvenecimiento y reposición de estos hielos inestables y volátiles, que subliman fácilmente pasando a la tenue atmósfera, y que finalmente acaban perdiéndose en el espacio.

Los dos candidatos más firmes a ser criovolcanes (Figura 15), elegidos por el equipo investigador de la misión "New Horizons", han recibido la denominación provisional de "Monte Wright" y "Monte Piccard", con bordes de 150 km de ancho y que se elevan hasta 5 km sobre la superficie, situados al suroeste de "Sputnik Planum" (el corazón brillante de Plutón).



*Figura 15: Criovolcán (Monte Wright). Crédito: NASA/JHUAPL/SWRI.*

Las erupciones de estos criovolcanes no tendría ningún parecido a las que se producen en nuestro planeta, sería más como la expulsión de un fluido helado, como si fuera pasta de dientes, compuesto sobre todo por hielo de agua fundida acompañada por nitrógeno y metano que podrían salir en forma de gas.

Respecto a la atmósfera, el equipo científico dirigido por Alan Stern publicó en la revista "Science" el sorprendente resultado de sus preliminares estudios al respecto, que señalan que la misma actúa como refrigerante, evitando la pérdida acelerada de nitrógeno. Todos los planetas pierden

una pequeña parte de sus atmósferas al perderse por el espacio algunas moléculas de gas que se calientan lo suficiente como para alcanzar la velocidad de escape, sin embargo, los datos suministrados por la "New Horizons" pusieron de manifiesto una pérdida muchísimo menor de la esperada, debido a un alto enfriamiento en su atmósfera. La atmósfera de Plutón ha resultado ser más fría y compacta de lo que se esperaba, actuando algunas de las partículas de su gruesa capa neblinosa (quizá algunos hidrocarburos, o el cianuro de hidrógeno que es un refrigerante eficiente detectado recientemente en su atmósfera) como refrigerantes que absorben parte de la energía solar, que de otra manera podría calentar las moléculas de nitrógeno gaseoso de la propia atmósfera. Sea como fuere, la neblinosa y fría atmósfera (Figura 16) podría ayudar a explicar por qué se mantienen grandes extensiones de nitrógeno helado como la "Sputnik Planum", que solamente habría perdido 6 cm de espesor en su capa de nitrógeno helado en los 4560 millones de años de existencia del planeta.



*Figura 16: Neblinosa atmósfera de Plutón. Crédito: NASA/JHUAPL/SWRI.*

La misión "New Horizons" no ha acabado todavía, en estos momentos la nave sigue su camino hacia el exterior del cinturón de Kuiper a 54 000 km/h, después de haber enviado importante información del objeto "MU69 2014", un pequeño objeto de 50 km de "diámetro", al que llegó el día 1 de enero de 2019. La sonda alcanzó este objeto, actualmente denominado "Arrokoth" (anteriormente apodado "Ultima Thule" por la NASA), a 43,4 unidades astronómicas (U.A.) del Sol, desde donde las comunicaciones con la Tierra tardan 6 horas en llegar (en cada sentido). El máximo acercamiento entre "New Horizons" y "Arrokoth" fue de 3500 km y las imágenes facilitadas

tenían una resolución de 30 metros por píxel. Arrokoth fue clasificado como un objeto binario de contacto primordial del Cinturón de Kuiper (Figura 17).



Figura 17: Imagen compuesta del objeto binario de contacto primordial del Cinturón de Kuiper 2014 MU69 "Arrokoth" (antes "Ultima Thule"), tomada por la sonda "New Horizons" el 1 de enero de 2019. Crédito: NASA/JHUAPL/SWRI/Roman Tkachenko.

Del resto de planetas enanos, "Haumea", "Makemake" y "Eris", no se conoce mucho, aunque deben tener algunas características similares a Plutón. Respecto a sus parámetros orbitales y otros datos de interés, caben señalar los siguientes datos tomados del Anuario del Real Observatorio Astronómico de Madrid 2024 (Observatorio Astronómico Nacional-IGN):

### Elementos orbitales (J2000.0)

Planeta	inclinación $i$	longitud del nodo, $\Omega$	argumento perihelio, $\omega$	longitud del perihelio, $\varpi$
Ceres	10°587	80°409	73°213	153°622
Plutón	17°142	110°303	113°764	224°067
Haumea	28°225	122°104	239°360	361°464
Makemake	28°998	79°597	298°410	378°007
Eris	44°179	35°874	151°506	187°380

Argumento del perihelio:  $\omega = \varpi - \Omega$

**Distancias orbitales (J2000.0)**

Planeta	semieje mayor, $a$		excentricidad, $e$	distancias (ua)	
	en ua	$10^6$ km		q, mínima	Q, máxima
Ceres	2,7655	413,71	0,0800	2,544	2,987
Plutón	39,4817	5906,38	0,2488	28,641	50,322
Haumea	43,0808	6444,80	0,1963	34,624	51,538
Makemake	45,4823	6804,06	0,1597	38,218	52,746
Eris	67,6960	10127,18	0,4409	37,846	97,546

**Traslación (J2000.0)**

Planeta	periodo orbital $P$ (años)	movimiento medio diario $n$	velocidad orbital media $V$ (km/s)	periodo sinódico medio (días)
Ceres	4,60	0°214304	17,88	466,72
Plutón	247,94	0°003975	4,67	366,73
Haumea	282,77	0°003486	4,48	366,54
Makemake	306,74	0°003213	4,42	366,44
Eris	557,00	0°001770	3,44	365,90

La velocidad de escape es  $\sqrt{2}$  veces la velocidad orbital.

**Datos fotométricos**

Planeta	albedo geométrico	albedo de Bond	magnitud visual, $V$ , en oposic.	índice de color B-V	constante solar (Tierra=1)
Ceres	0,1		6,8	0,71	0,13
Plutón	~0,6	~0,5	15,1	0,85	0,0007
Haumea	0,7		16,5		0,0005
Makemake	0,8		16,0		0,0005
Eris	0,9		17,1		0,0002

La constante solar de la Tierra es:  $1370 \text{ W m}^{-2} = 1,96 \text{ cal min}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ .

**Tamaño**

Planeta	radio ecuat. en $\mathcal{R}_{\oplus}$	tamaño elipsoide en km	achata- miento, $f$	tamaño del angular a 1 ua	volumen Tierra=1 ( $\approx 10^{12}$ km <sup>3</sup> )
Ceres	0,076	965 × 961 × 891	0,075	1",3	0,0004
Plutón	0,186	2377	<0,006	3",3	0,0064
Haumea	~0,157	1920 × 1540 × 990	~0,4	~2",7	~0,002
Makemake	~0,118	1434 × 1434 × 1422	0,008	~2",1	~0,002
Eris	0,185	2326	~0	3",3	0,0064

El achatamiento se define como:  $f = 1 - D_{\text{polar}} / D_{\text{ecuat}}$

**Masa**

Planeta	masa, Mp ( $\mathcal{M}_{\oplus}$ )	densidad media (g cm <sup>-3</sup> )	gravedad superf. ecu. (m s <sup>-2</sup> )	constante gravit., GMp (10 <sup>10</sup> m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup> )
Ceres	0,00016	2,2	0,56	6
Plutón	0,00218	1,9	0,62	87
Haumea	~0,0007	2,6	~0,3	~27
Makemake	~0,0007	~2	~0,5	~27
Eris	0,00277	2,4	0,79	110

**Satélites de los planetas enanos**

planeta	satélite	dimensiones (km)	mag.	periodo orbital (d)	descubrimiento
<b>Plutón:</b>					
I	Caronte	1208	16,8	6,387	1978 Christy
II	Nix	50 × 35 × 33	23,4	24,855	2005 Weaver et al
III	Hidra	65 × 45 × 25	22,9	38,202	2005 Weaver et al
IV	Cerbero	19 × 10 × 9	26,3	32,168	2011 Showalter et al
V	Estigia	16 × 9 × 8	26,9	20,162	2012 Showalter et al
<b>Haumea:</b>					
I	Hi'iaka	~310	20,6	49,46	2005 Brown y AOT
II	Namaka	~170	21,9	18,28	2005 Brown y AOT
<b>Makemake:</b>					
I	S/2015 (126472) 1	~175	23,8	>12	2016 Parker et al
<b>Eris:</b>					
I	Disnomia	300-400	23,1	~14	2005 Brown y AOT

AOT: adaptive-optics team del Observatorio Keck en Mauna Kea.

Los valores del tamaño y el periodo del satélite de Makemake son preliminares.

## OBJETOS MENORES DEL SISTEMA SOLAR

*"La naturaleza es siempre más sutil, más compleja y más elegante de lo que somos capaces de imaginar"*  
**Carl Sagan** (1934-1966), astrónomo, astrofísico, cosmólogo, astrobiólogo y divulgador científico

Además de los cinco planetas enanos, los ocho planetas y la multitud de satélites de todos ellos, reconocidos actualmente por la Unión Astronómica Internacional, existe una "fauna" muy numerosa de objetos menores, "SSSB" (Small Solar System Body), en nuestro Sistema Solar. Tenemos el cinturón de asteroides situado entre las órbitas de los planetas Marte y Júpiter, pero además otros muchos objetos menores que deambulan entre Júpiter y Neptuno (objetos Centauro), e incluso en diversos grupos repartidos por todo nuestro sistema planetario más exterior. Sin embargo, la mayor acumulación de estos esquivos cuerpos se encuentra más allá de Plutón, en los denominados "cinturón de Kuiper", "disco disperso" y "nube de Oort" (Figura 18), en los confines del Sistema Solar. Según los datos oficiales ofrecidos por el Anuario del Real Observatorio Astronómico de Madrid 2024 (Observatorio Astronómico Nacional-IGN), están cuantificados de la siguiente manera:

### 6.1. Estadísticas de objetos menores

Número de objetos conocidos de distinto tipo en mayo de 2023:

Planetas enanos:	5
Satélites de los planetas enanos:	9
Asteroides descubiertos:	~ 1 278 000
Asteroides numerados:	~ 620 000
Asteroides nombrados:	~ 23 500
Ritmo anual de descubrimiento de asteroides:	~ 70 000
Asteroides potencialmente peligrosos:	2339
Objetos Atenas ( $Q > 0,983$ ua, $a < 1$ ua):	2546
Objetos Apolo ( $q < 1,017$ ua, $a > 1$ ua):	16 418
Objetos Amor ( $1,017 < q < 1,3$ ua):	13 092
Objetos Centauro (entre Júpiter y Neptuno):	43
Objetos transneptunianos:	3109
Cometas con denominación IAU:	~ 4500
Cometas de corto periodo numerados:	460
Ritmo de descubrimiento de cometas:	~ 100 por año
Masa total de los asteroides:	$0,0005 M_{\oplus}$
Masa del cinturón de Kuiper:	$0,03-0,1 M_{\oplus}$
Masa de la nube exterior de Oort:	~ $5 M_{\oplus}$

Donde son:

$a$  semieje mayor de la órbita.

$q$  distancia mínima al Sol.

$Q$  distancia máxima al Sol.

## DEL CINTURÓN DE KUIPER A LA NUBE DE OORT

HAY TRES REGIONES DIFERENCIADAS MÁS ALLÁ DE LA ÓRBITA DE NEPTUNO

### CINTURÓN DE KUIPER

De 30 a 55 unidades astronómicas del Sol, más allá de la órbita de Neptuno. Es un anillo con forma de rosquilla, en la eclíptica.

Se han observado más de un millar de objetos y se calcula que existen al menos otros 50000 más con un diámetro medio de 30 km.

- Planetas enanos / Objetos transneptunianos: Plutón, Haumea, Makemake, Ultima Thule, etc.
- Núcleos cometarios: cometas de periodo corto < 200 años en orbitar el Sol.

### DISCO DISPERSO

De 55 a cientos de unidades astronómicas del Sol.

Es un disco difuso de objetos y se extiende más allá del plano de la eclíptica. Está poblado por un número incierto de objetos transneptunianos, algunos con más de 1000 km de diámetro.

- Planetas enanos / Objetos transneptunianos: Eris, Sedna, etc.
- Núcleos cometarios: cometas de periodo largo.
- Aquí estaría el hipotético planeta 9, una supertierra.

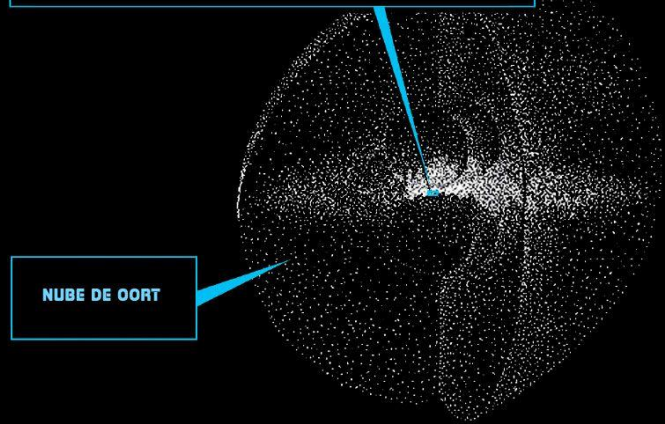
### NUBE DE OORT

De 5000 a 100000 unidades astronómicas del Sol.

Es una cáscara esférica que rodea el Sistema Solar.

Forma una nube casi esférica de cuerpos helados que orbitan en torno al Sol. Se extiende hasta el espacio interestelar, más allá del alcance del viento solar, pero bajo la influencia gravitatoria del Sol.

- Objetos transneptunianos.
- Núcleos cometarios de largo período > 200 años en orbitar el Sol.



GEOIBERIA

Imagen: NASA

Figura 18: Cinturón de Kuiper, Disco Disperso y Nube de Oort, con alguno de los planetas enanos (Plutoides), cubewanos, núcleos cometarios y demás objetos periféricos de nuestro Sistema Solar.

Créditos: GEOIBERIA - <http://www.geodiversidad.es/> - NASA.

El cinturón de Kuiper es la primera gran acumulación de objetos que encontramos en la parte exterior del Sistema Solar una vez superado Plutón, que se encuentra en la zona más interna del mismo. Los cuerpos que forman esta nube aplanada se denominan "KBO" (Kuiper Belt Objects), encontrando entre ellos a tres de los cinco planetas enanos (Ceres está en el Cinturón de Asteroides y Eris en el Disco Disperso). En ocasiones podemos encontrarnos con el término "cubewano" que se refiere a un subgrupo de los "KBO" denominado "CKBO" (Classical Kuiper Belt Objects) que suelen tener órbitas estables y casi circulares.

Para aclarar tantos términos y siglas, conviene diferenciar las denominaciones de "Plutoides" y "Plutinos", ya que los primeros se refieren a los planetas enanos situados más allá de la órbita de Neptuno; es decir que Plutón, Eris, Makemake y Haumea son los únicos plutoides hasta el momento presente, ya que el quinto planeta enano, Ceres, se encuentra en el Cinturón de Asteroides; por su parte los plutinos son objetos transneptunianos o "TNO" (Trans Neptunian Objects) que están en resonancia orbital 3:2 con Neptuno, lo que significa que por cada dos giros completos alrededor del Sol por parte de Neptuno, los plutinos hacen tres. Por este motivo, Plutón, además de ser el más importante de los planetas enanos, es también un plutoide y un plutino a la vez (Figura 19). Por último, se denominan "SDO" (Scattered Disk Objects) a los objetos que se encuentran en el Disco Disperso.

Respecto a los cometas, sabemos que el mayor reservorio se encuentra en la nube de Oort, en la que se hallan billones de ellos, todos de largo periodo. Los cometas de periodo corto se encuentran en el Cinturón de Kuiper y algunos en el Disco Disperso. Se estima que el límite exterior del Sistema Solar coincide con el borde externo de la nube de Oort, a partir del cual se entra de lleno en el espacio interestelar desde el que en tres años llegaríamos a la estrella más cercana, "Próxima Centauri", si viajáramos a la velocidad de la luz.



Figura 19: Tamaños comparativos de la Tierra con los planetas enanos y sus satélites, algunos grandes asteroides, y otros objetos transneptunianos de mayor tamaño - Wikimedia Commons -

## CONCLUSIONES

*"No hay un arriba o abajo absolutos, como enseñó Aristóteles; ninguna posición absoluta en el espacio, sino que la posición de un cuerpo es relativa a las de los otros cuerpos".*  
**Giordano Bruno** (1548-1600), astrónomo, filósofo, teólogo, matemático y poeta, dominico asesinado, quemado vivo en Roma por hereje por el Santo Oficio.

A mediados del siglo XX, en las escuelas se enseñaba que el Sistema Solar estaba compuesto por el Sol, nueve planetas, algunas decenas de satélites, asteroides y cometas. Hoy las cosas han cambiado mucho gracias al avance tecnológico, con nuevos telescopios más potentes, observatorios en órbita y sondas espaciales. Ahora el Sistema Solar se nos ha mostrado mucho más complejo, desde luego con el Sol como astro central del mismo, pero con ocho planetas, cinco planetas enanos, 173 satélites y multitud de cuerpos menores, cuyo descubrimiento no cesa. Ya no es Saturno el único planeta con anillos, también los tienen Júpiter, Urano y Neptuno, y tenemos fotografías y datos de los principales cuerpos de nuestro sistema planetario impensables hace pocas décadas (Figura 20).

Cabe esperar que en el futuro sea posible realizar un amplio reconocimiento de las zonas remotas aún por explorar, y profundizar en el estudio sobre los planetas y demás astros de nuestro sistema planetario, como los cometas y asteroides, estos últimos por cuestiones de seguridad y por nuestra propia supervivencia, aunque parece que las misiones más importantes, a corto y medio



plazo, tienen como objetivo el establecimiento de estaciones orbitales y bases en la Luna, como paso previo a exploraciones tripuladas en Marte, y para la explotación de nuestro satélite con fines turísticos y de obtención de recursos minerales.

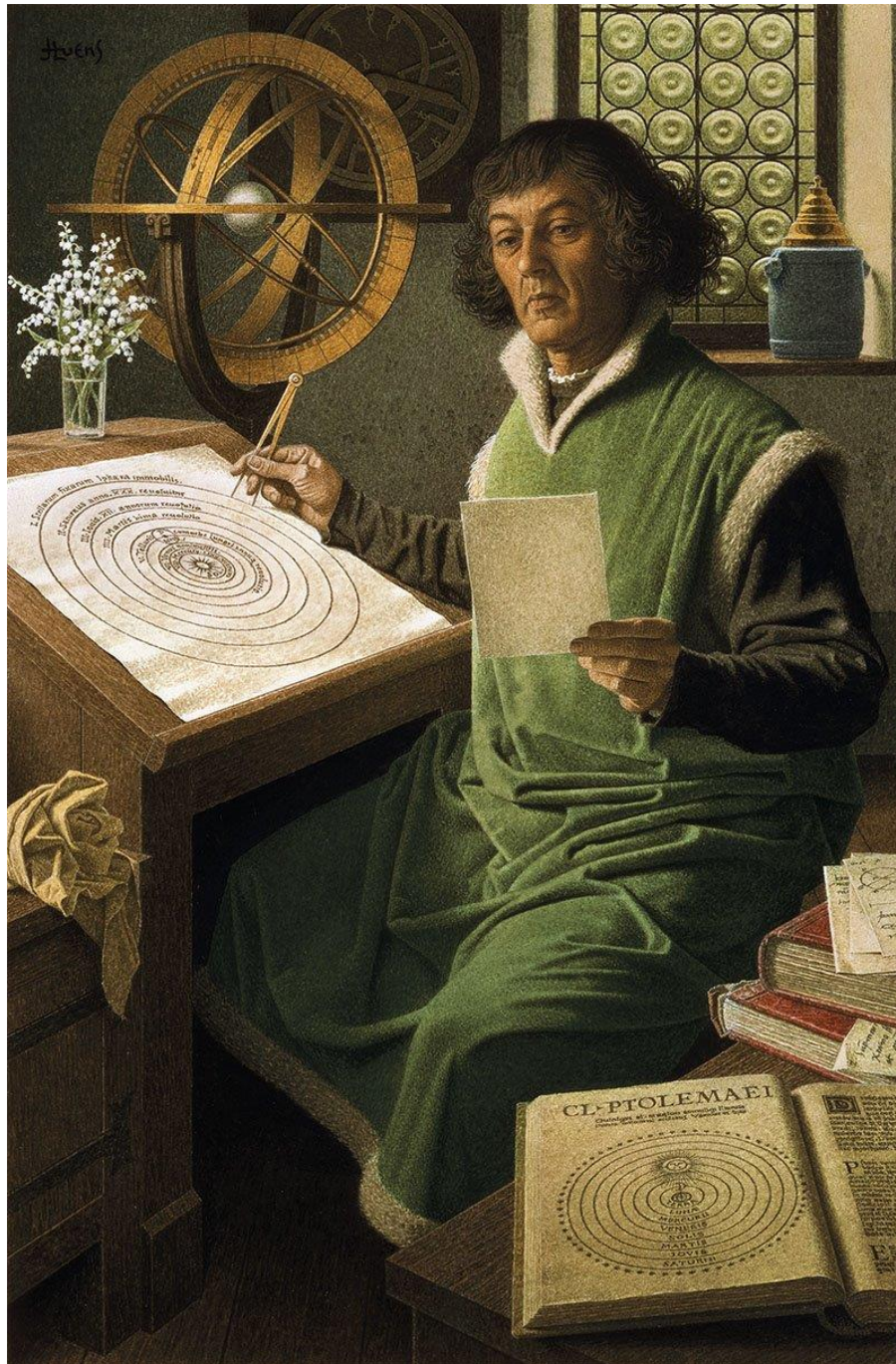


Figura 20: Ilustración de Nicolás Copérnico, precursor de la astronomía moderna que implantó definitivamente el sistema heliocéntrico, concebido originalmente por el sabio griego Aristarco de Samos en Alejandría, 250 años antes del nacimiento de Jesucristo. Imagen del Ilustrador belga Jean León Huens (1921-1982).

## REFERENCIAS Y CONSULTAS

- *Anuario del Real Observatorio Astronómico 2024 - Instituto Geográfico Nacional - 2024*
- *Los cielos de los planetas y satélites del Sistema Solar - Revista Digital ACTA nº 32*  
[https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/032001.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/032001.pdf)
- [https://cab.inta-csic.es/users/pgperez/Teaching/Astrofisica/01\\_Historia\\_final.pdf](https://cab.inta-csic.es/users/pgperez/Teaching/Astrofisica/01_Historia_final.pdf)
- [https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/062033.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062033.pdf)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/El\\_paso\\_de\\_la\\_laguna\\_Estigia](https://es.wikipedia.org/wiki/El_paso_de_la_laguna_Estigia)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Cielos\\_del\\_Para%C3%ADso](https://es.wikipedia.org/wiki/Cielos_del_Para%C3%ADso)
- <https://museovirtual.csic.es/salas/universo/universo3.htm>
- <https://supercurioso.com/paraiso-de-dante/>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Esferas\\_celestes](https://es.wikipedia.org/wiki/Esferas_celestes)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Planeta\\_enano](https://es.wikipedia.org/wiki/Planeta_enano)
- <https://spaceplace.nasa.gov/ice-dwarf/sp/>
- <https://www.mdsc.nasa.gov/index.php/2022/10/18/la-nasa-estudia-los-origenes-de-haumea-el-planeta-enano/>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Cintur%C3%B3n\\_de\\_Kuiper](https://es.wikipedia.org/wiki/Cintur%C3%B3n_de_Kuiper)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Objeto\\_transneptuniano](https://es.wikipedia.org/wiki/Objeto_transneptuniano)
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Cubewano>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Disco\\_disperso](https://es.wikipedia.org/wiki/Disco_disperso)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Nube\\_de\\_Oort](https://es.wikipedia.org/wiki/Nube_de_Oort)

(Para comentarios y observaciones al autor: [caronte@acta.es](mailto:caronte@acta.es))