

DÍA METEOROLÓGICO MUNDIAL 2018

“LISTOS PARA EL TIEMPO, PREPARADOS PARA EL CLIMA”

-OTROS PLANETAS, OTRAS ATMÓSFERAS-

SEVILLA, 22 DE MARZO DE 2018

OTROS PLANETAS – OTRAS ATMÓSFERAS

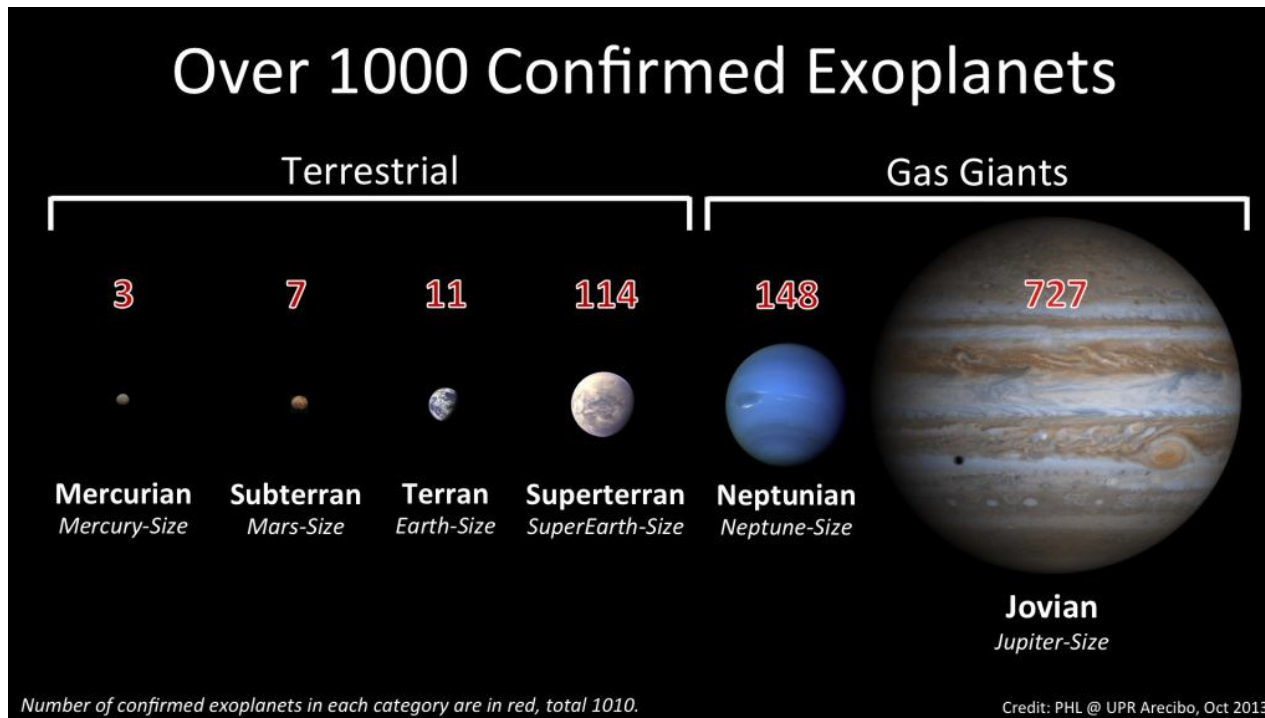


Recreación artística de la superficie de un exoplaneta (crédito: ESO / L. Calçada)

- **Descripción** de algunos **sistemas planetarios** similares al nuestro.
- **Repaso** sucinto de las **atmósferas** conocidas en el **Sistema Solar**.
- Hasta 1990 todo eran conjeturas. 1992 (1º-pulsar) 1995 (1º-estrella normal).
- Ya hay identificados mas de 5000 (1/2 confirmados)

EXOPLANETAS

- TIPOS DE EXOPLANETAS (se han catalogado en dos grandes grupos)
 - Gigantes gaseosos
 - Terrestres



Algunos tipos de exoplanetas y número de confirmados a oct-2013 (PHL@UPR Arcibo)

MÉTODOS DE DETECCIÓN

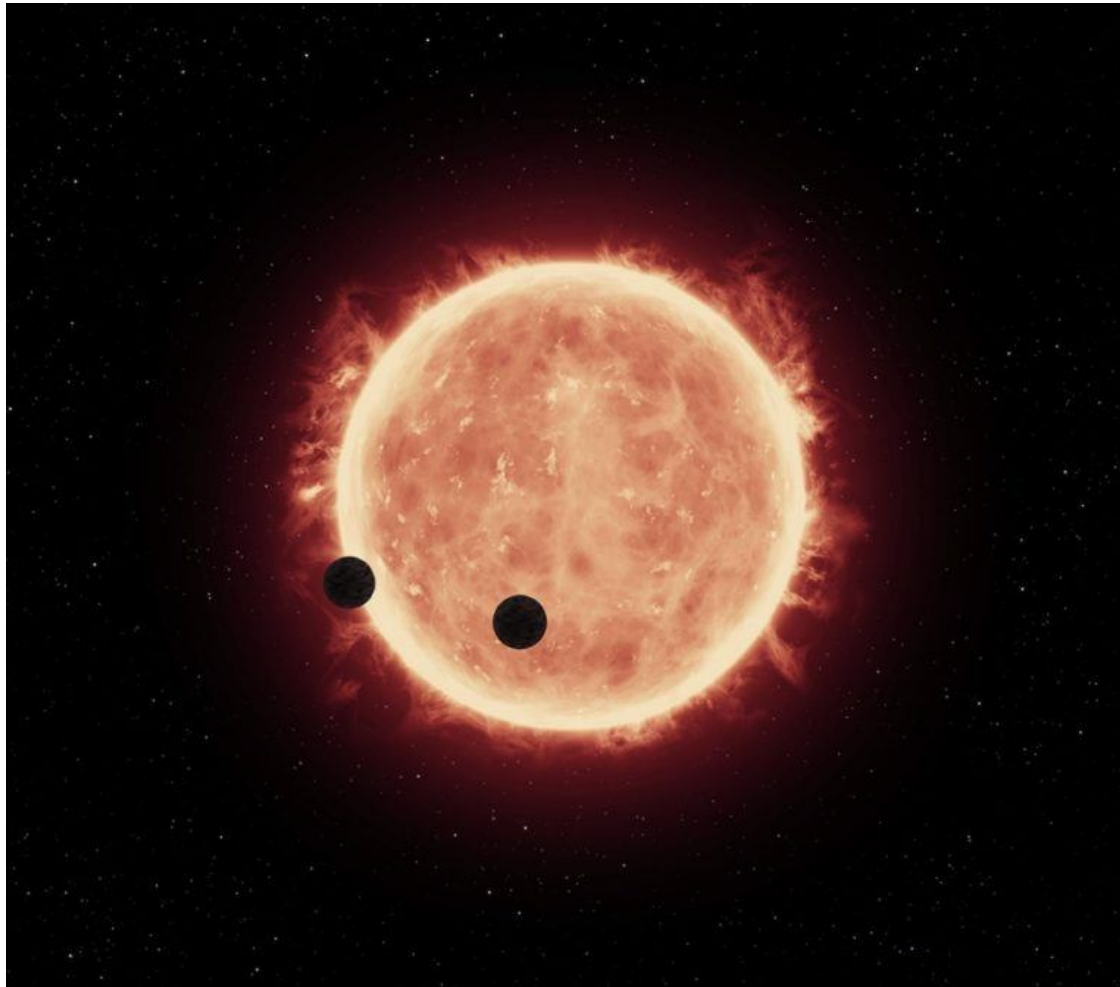
¿Cómo se observan y estudian los exoplanetas? Utilizando los instrumentos más avanzados de última tecnología como los telescopios colocados en órbita (Kepler, Spitzer, CoRoT...) y complejos astronómicos de última generación como el Observatorio Europeo Austral (ESO), los telescopios KECK situados en Hawái, o el GTC de Canarias, siguiendo los siguientes métodos...

o Observación directa

Presenta enormes dificultades. La estrella brilla millones de veces más que los planetas (como pretender detectar la luz de una vela junto a un foco en la oscuridad a gran distancia)

- ‘Very Large Telescope Project’, Observatorio Europeo del Sur, desierto de Atacama en Chile, 4 telescopios de 8,2 metros que pueden trabajar como uno solo, alta resolución y capacidad de acumulación de luz.
- Observatorio norteamericano W.M.Keck de Hawai con 2 telescopios de 10 metros que también pueden operar como un único instrumento.

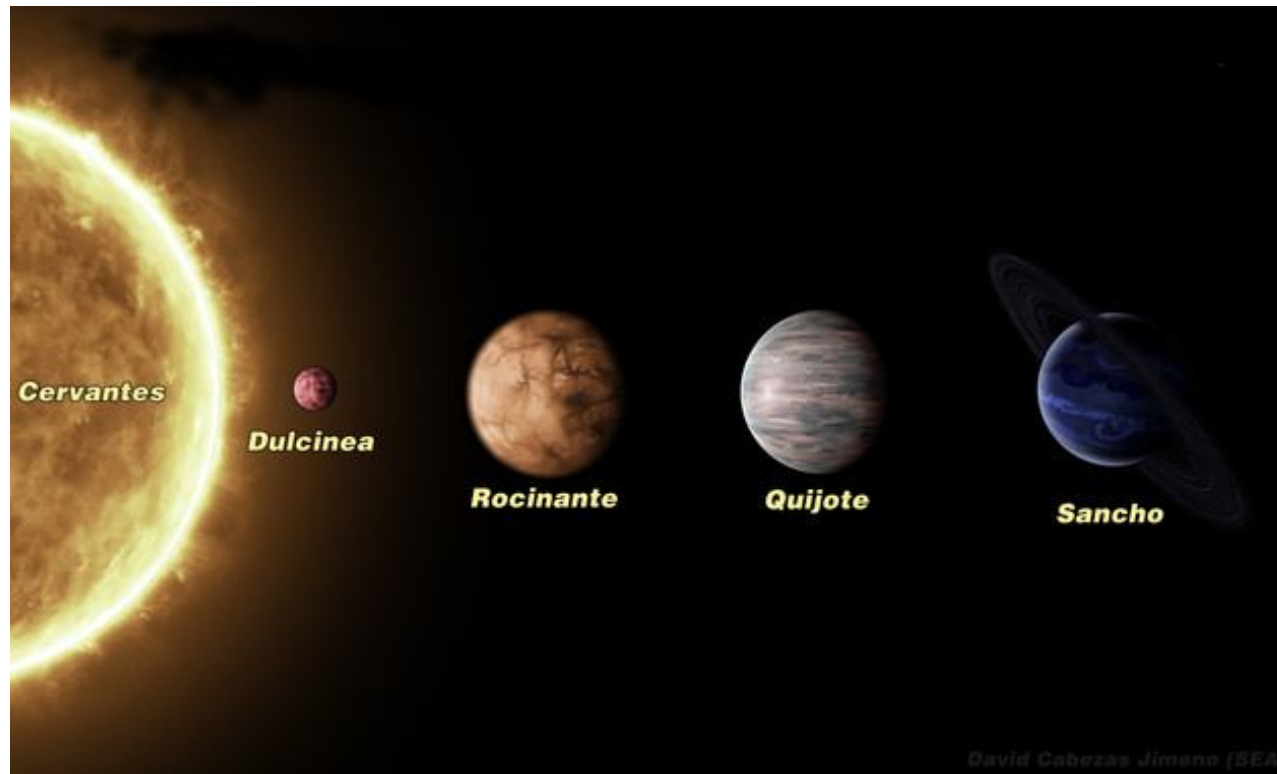
Solamente puede emplearse este método para estrellas muy débiles y planetas muy grandes y separados de la estrella, y que emitan en infrarrojo.



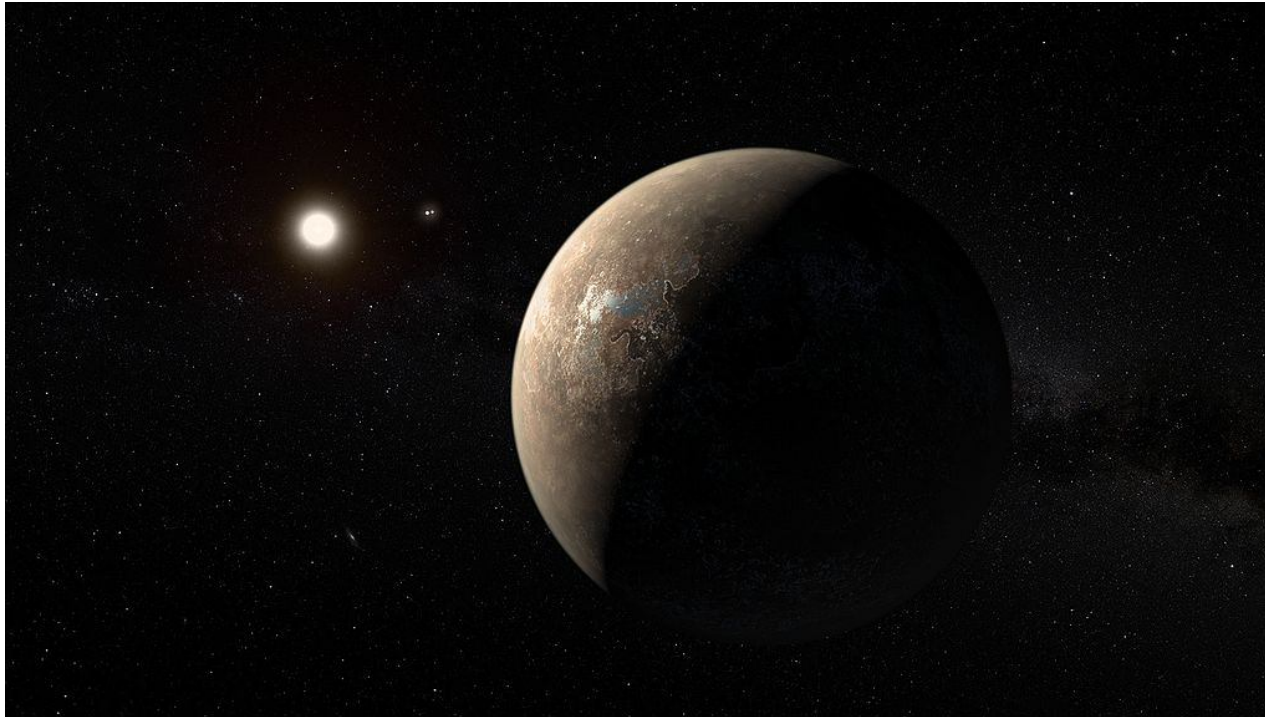
Tránsito de dos exoplanetas rocosos (crédito: NASA, ESA y G. Bacon (STScI))

- **Tránsito** (mide la disminución de brillo de la estrella causada por el paso de planetas por delante de ella)
- **Velocidad radial** (mide el desplazamiento doppler de las líneas del espectro de la estrella causado por el giro de los planetas a su alrededor)
- **Astrometría** (mide el desplazamiento de la estrella respecto al fondo de estrellas fijas causado por el giro de sus planetas)
- Otros métodos complementarios poco utilizados (microlentes gravitacionales ...)

SISTEMAS PLANETARIOS DE ESTRELLAS CERCANAS



- **Sistema Planetario ‘Cervantes’ (mu Arae)** – renombrado en 2015 UAI – descubierto por el método de velocidad radial. Es inestable
- Cervantes es similar al Sol, 50 a.l. +5,2 magnitud aparente, rica metales
- Dulcinea (mu Arae c) ¿supertierra-neptuno caliente? 10 masa Tierra - 0,1 UA – 10 días – > +600 °C
- Rocinante (mu Arae d) 0,5 masa Júpiter – 0,9 UA – 311 días
- Quijote (mu Arae b) 1,7 masa Júpiter – 1,5 UA – 643 días
- Sancho (mu Arae e) 1,8 masa Júpiter – 5,2 UA – 11,5 años

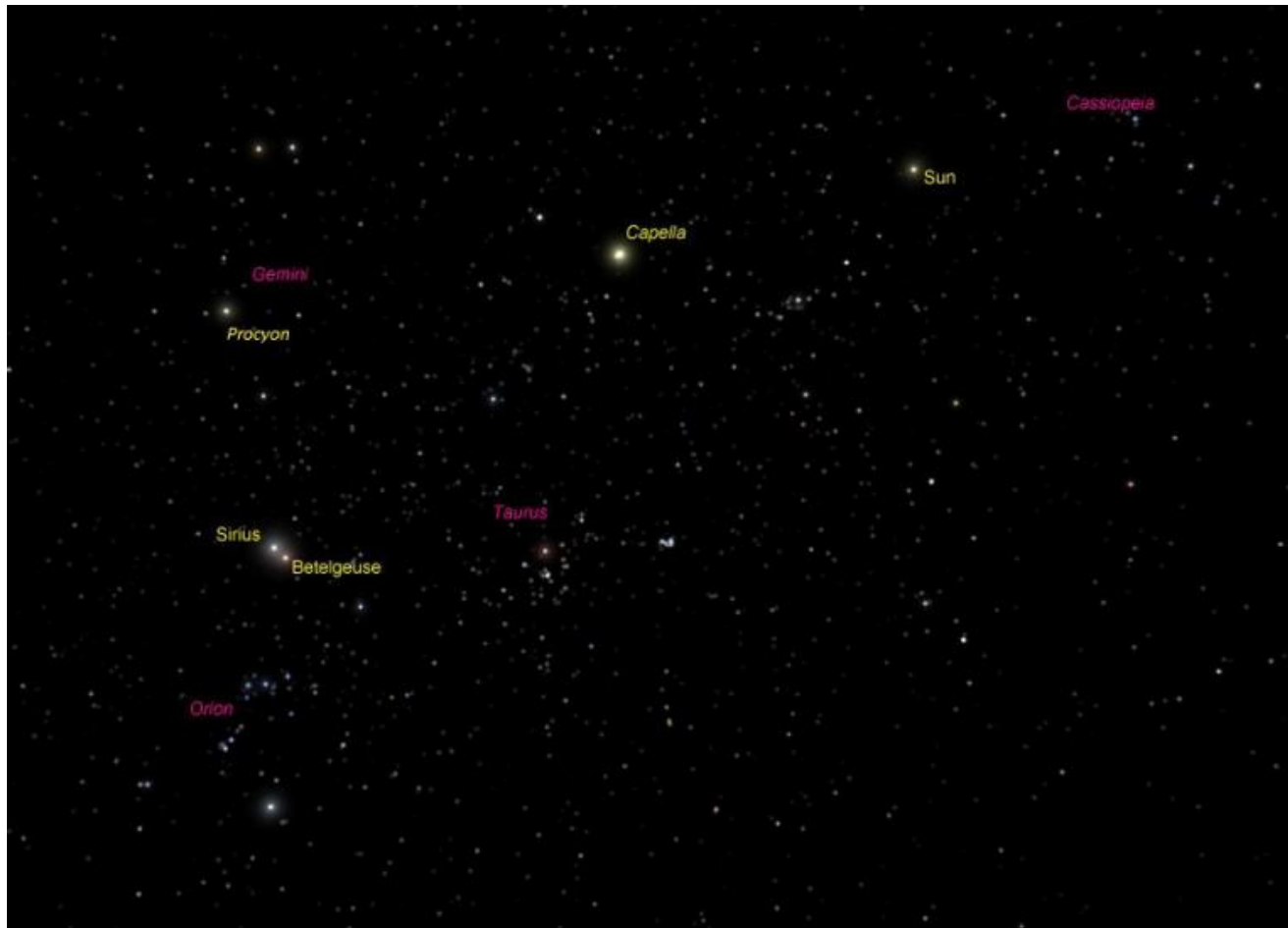


Recreación artística del exoplaneta Próxima Centauri b (crédito: ESO / M. Kornmesser)

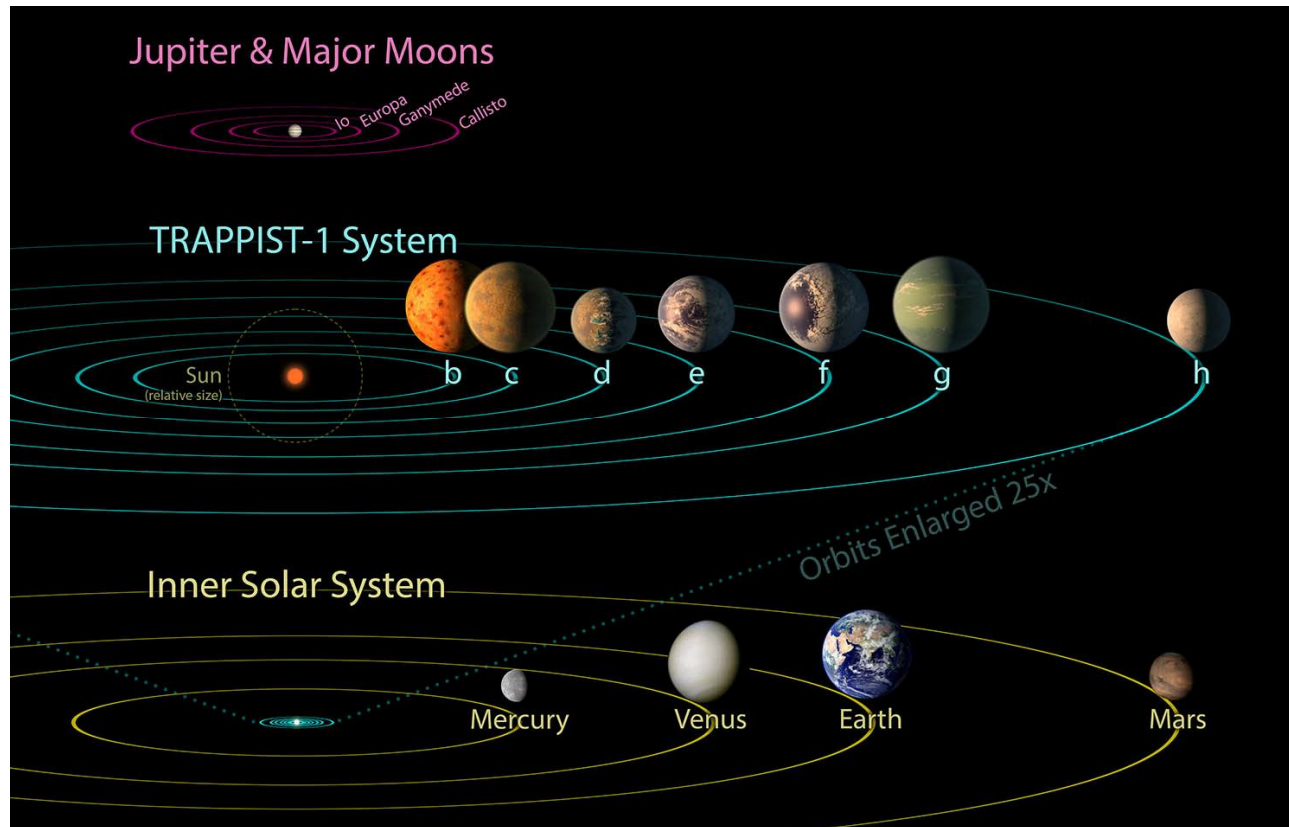
- **Sistema Planetario ‘Próxima Centauri’**, el más cercano a la Tierra, descubierto en 08/2016, desde ESO, método velocidad radial
- Enana roja variable - 4,2 a.l. – 3000 K – 4800 millones de años – 0.12 masa Sol – magnitud aparente 11,13
- **‘Proxima b’** – zona habitable – 11 d – 0,05 UA – rotación capturada
- Similar a La Tierra – 1,27 masa Tierra
- Puede haber quedado arrasado por una **erupción estelar masiva** descubierta recientemente en su estrella



Recreación artística de la superficie del exoplaneta Próxima Centauri b, con la estrella Próxima en el horizonte y un poco arriba a la derecha el sistema binario alfa centauri A/B (crédito: ESO / M. Kornmesser)

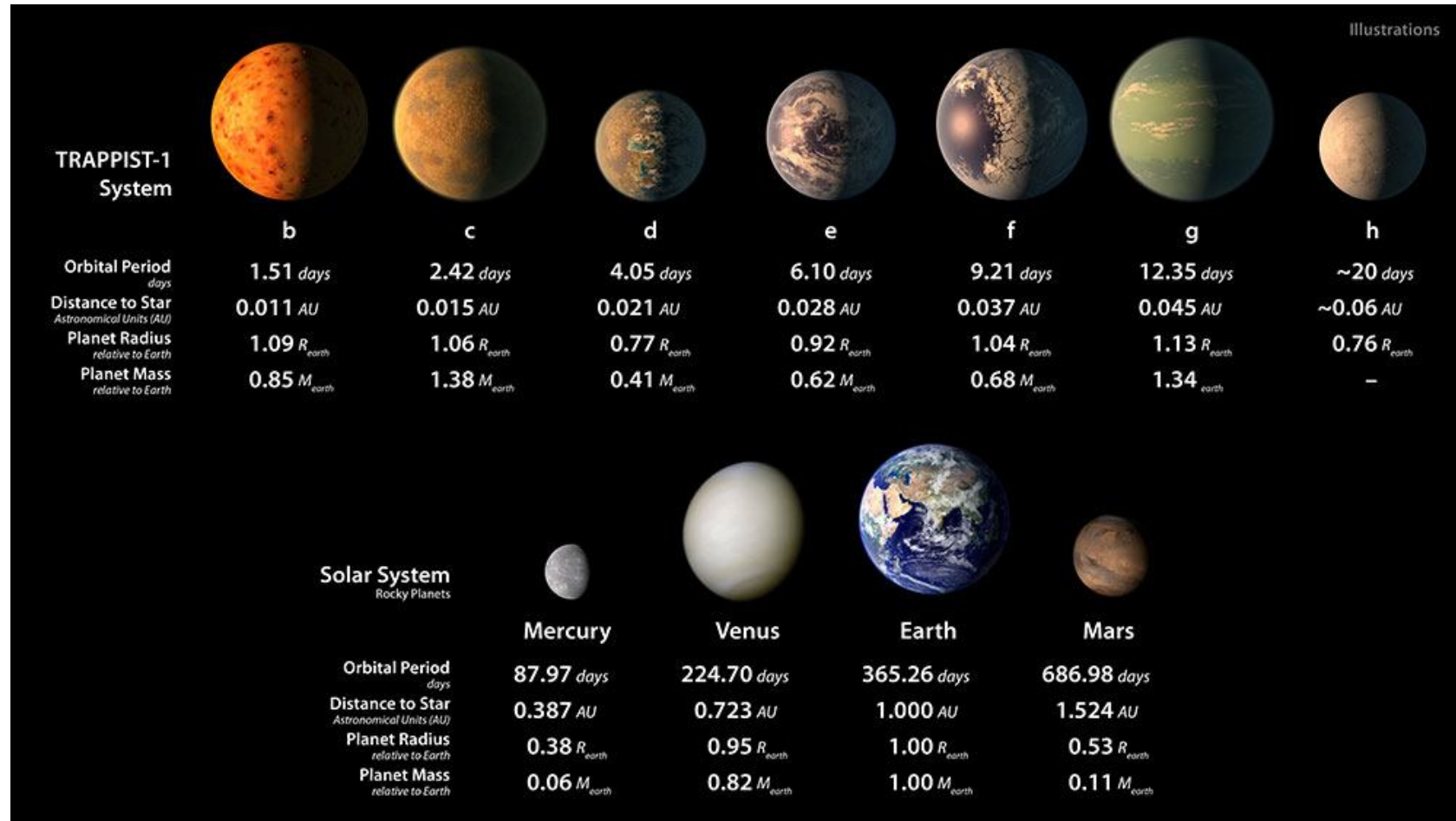


El cielo que se observaría desde el planeta extrasolar 'Próxima b', donde podría apreciarse el Sol, como una estrella de primera magnitud en la constelación de Casiopea, el resto del cielo variaría poco respecto al que nos es familiar, salvo algunos detalles como ver a Sirio al lado de Betelgeuse en la constelación de Orión (crédito: David Charbonneau)



Tamaños relativos del sistema TRAPPIST-1 y del Sistema Solar interior (crédito: NASA / JPL-Caltech)

- **Sistema Planetario ‘TRAPPIST-1’**
- 02/2017 – 40 a.l. – Acuario
- Detección: TRAPPIST (Belga-ESO) – Spitzer (NASA) – VLT (ESO)
- Enana roja ultrafría m8v -7 planetas
- 6 rocosos – 3 zona habitable (e,f,g) – ¿‘h’ mundo helado?
- Se esperan avances Telescopio espacial James Webb
- Distancia mínima entre b y c 600000 km. se ven grandes en sus cielos.
- Rotación capturada, al menos los más interiores. Periodos orbitales resonantes 8:5:3:2 (b,c,d,e)
- Alta probabilidad de agua líquida, sobre todo en f
- Fuerzas de marea generan calor interno en los más cercanos a su estrella



Datos comparados entre los planetas terrestres del Sistema Solar y los exoplanetas del sistema TRAPPIST-1
(crédito: NASA / JPL-Caltech)



*Imagen artística de lo que podría ser la superficie del exoplaneta TRAPPIST-1f
(crédito: NASA / JPL-Caltech)*

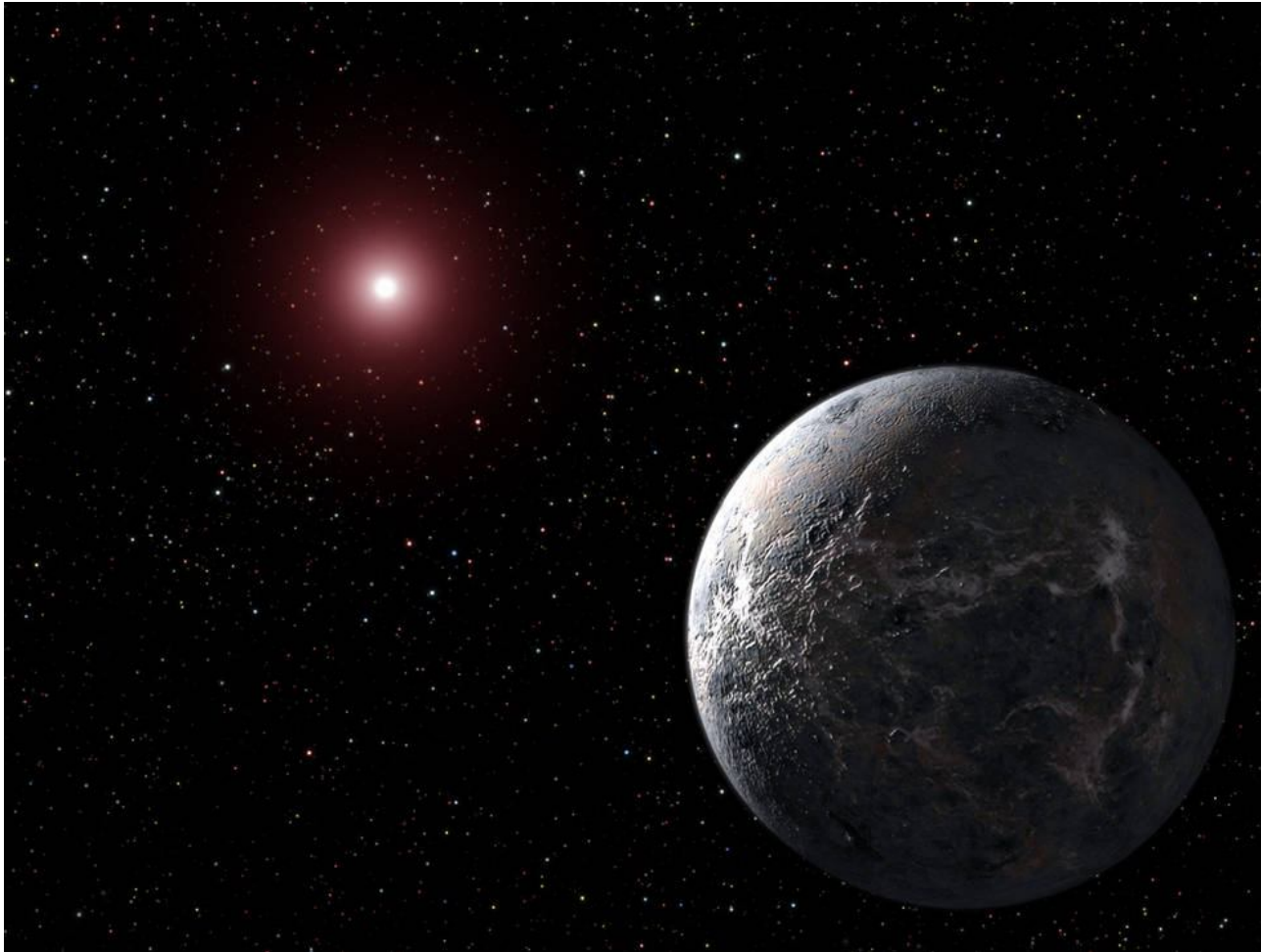


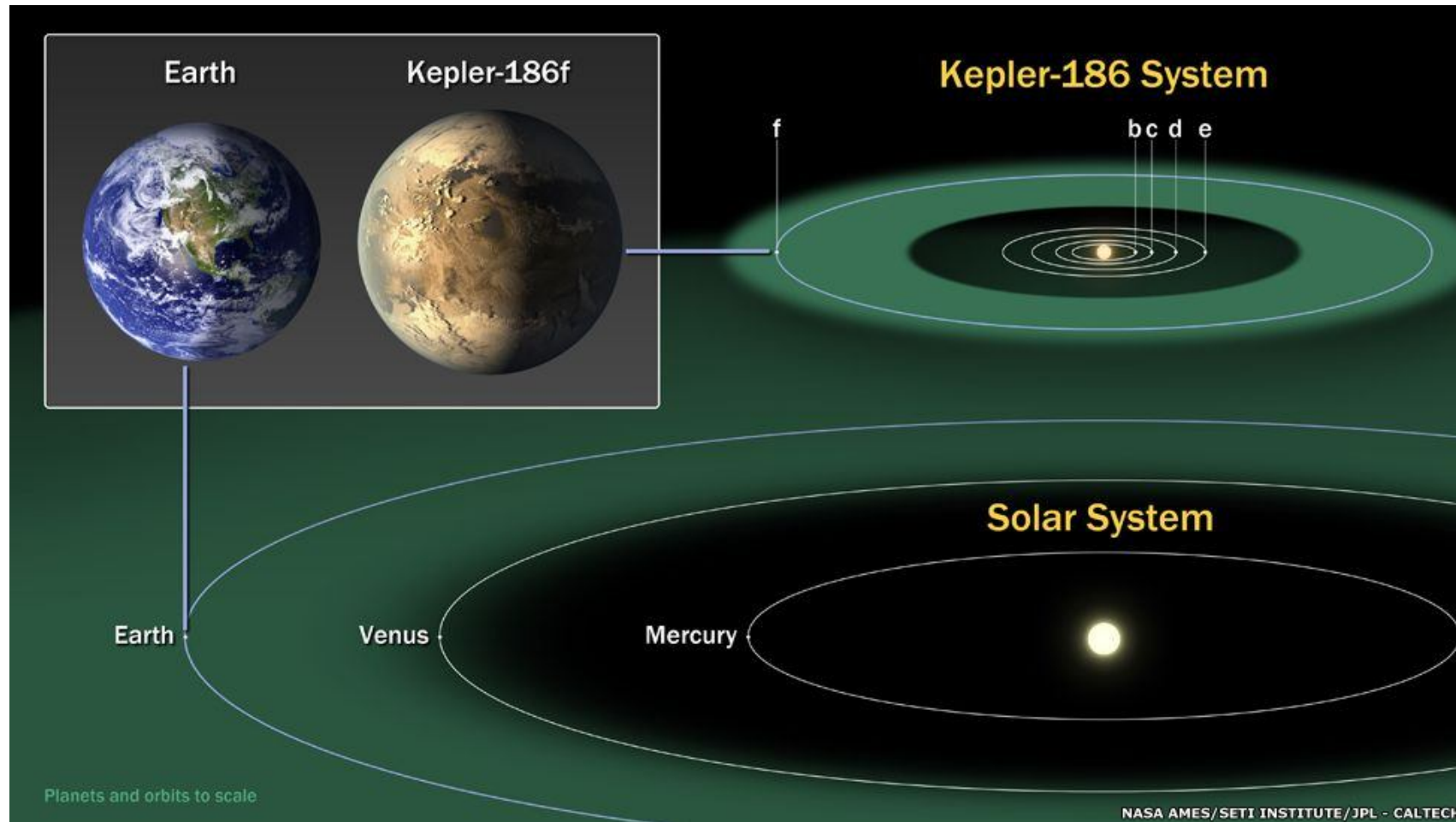
Imagen artística del planeta extrasolar OGLE-2005-BLG390Lb (Crédito: NASA/JPL-Caltech)

- **Planeta extrasolar ‘OGLE-2005-BLG390Lb’** descubierto en 2006
- 20000 a.l. – Sagitario – cerca del centro de la Vía Láctea – gira alrededor de una estrella enana roja a 2,5 U.A. en 10 años – 3 veces mayor que La Tierra – planeta helado (- 220 °C)

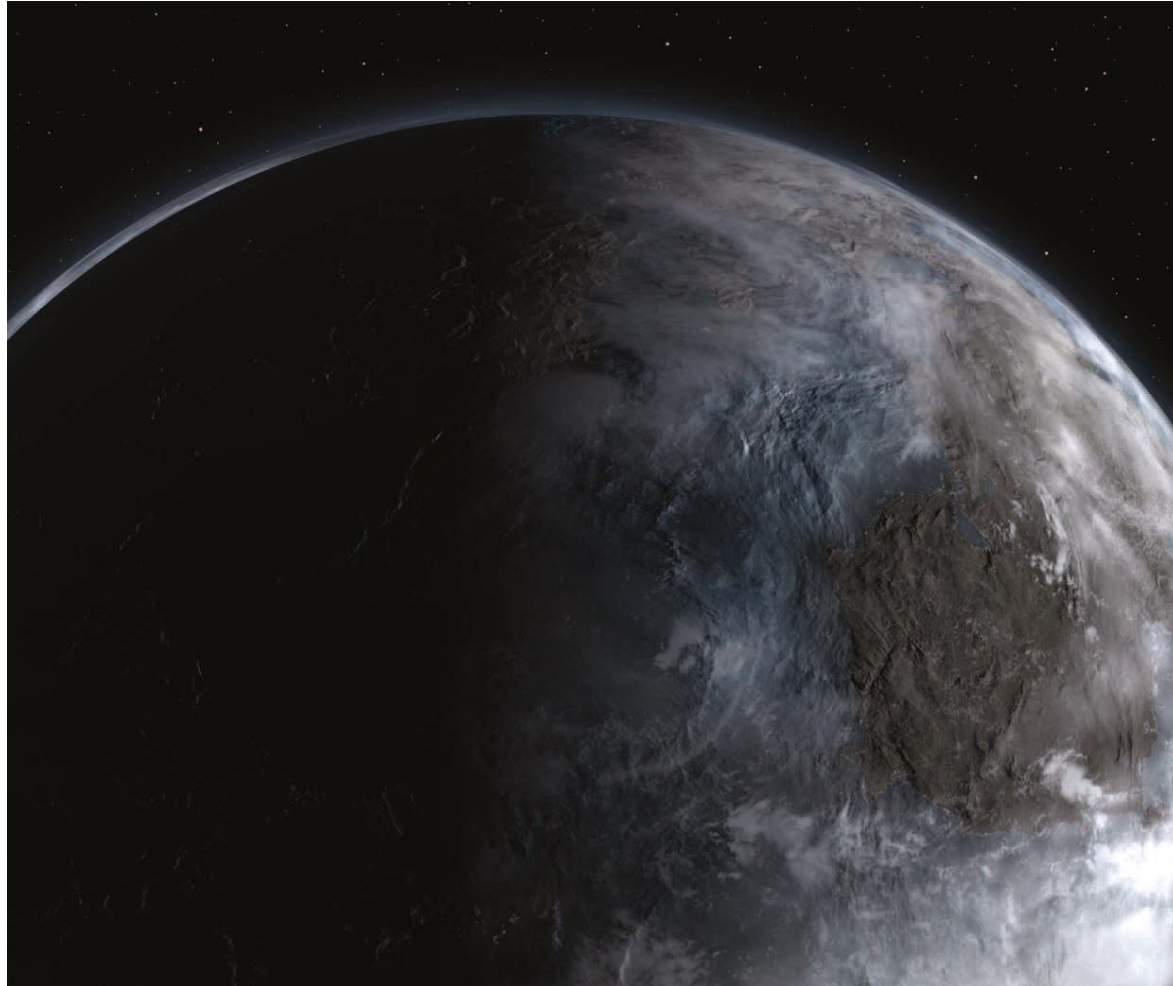


Recreación artística del exoplaneta Kepler186f (crédito: NASA Ames/SETI Institute/JPL Caltech)

- **Planeta extrasolar**
'Kepler186f'
- Descubierta mediante el método de tránsito.
- 500 a.l. – Cygnus – gira alrededor de una enana roja a 0,35 U.A. en 130 días – algo mayor que La Tierra – (- 46 °C, mayor si hay atmósfera densa).
- Planeta terrestre/rocoso o planeta océano con atmósfera densa.
- Rotación no capturada (sin acoplamiento por marea)



Zonas Goldilocks del Sistema Solar y del Sistema Kepler186 (crédito: NASA Ames/SETI Institute/JPL Caltech)



Gliese 581g (crédito: ESO)

- **Planeta extrasolar ‘Gliese 581g’**, supertierra (masa 4 x Tierra)
- 20,5 a.l. – Libra –
- 6 planetas – tres en zona habitable –
- Situado en **zona habitable** con la gravedad suficiente para mantener una atmósfera, temperatura media similar a la de La Tierra (-13°C /+24°C)

Reflexión: *distancias en Astronomía*

- A veces perdemos la perspectiva de las magnitudes manejadas en Astronomía, pareciéndonos poca cosa 10 U.A. o los 4 años luz que nos separan de la estrella más cercana, (Unidad Astronómica = 150×10^6 km - Año Luz = $9,46 \times 10^{12}$ km - Parsec = 3,26 años luz)
- Avión comercial – 6 horas en cruzar Atlántico – 15 días a La Luna (~1 segundo luz) – 17 años al Sol (~8 minutos luz) – 5×10^6 años a la estrella más cercana (alfa centauri, ~4,37 años luz)
- Los aviones vuelan a 1000 km/h, las naves espaciales más rápidas a unos 50000 km/h. Los viajes interestelares están fuera del alcance de la Humanidad por ahora.

LOS CIELOS PLANETARIOS EN EL SISTEMA SOLAR -MERCURIO-



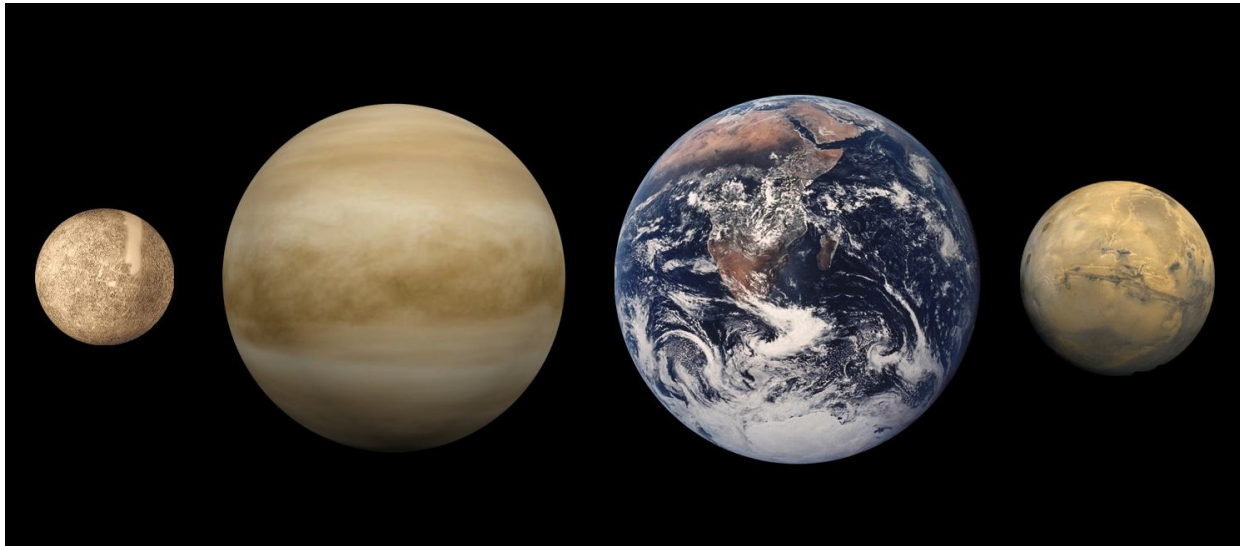
Recreación artística de la superficie de Mercurio (Autor: Julio Solís)



Recreación artística de la superficie de Mercurio (Autor: Julio Solís)

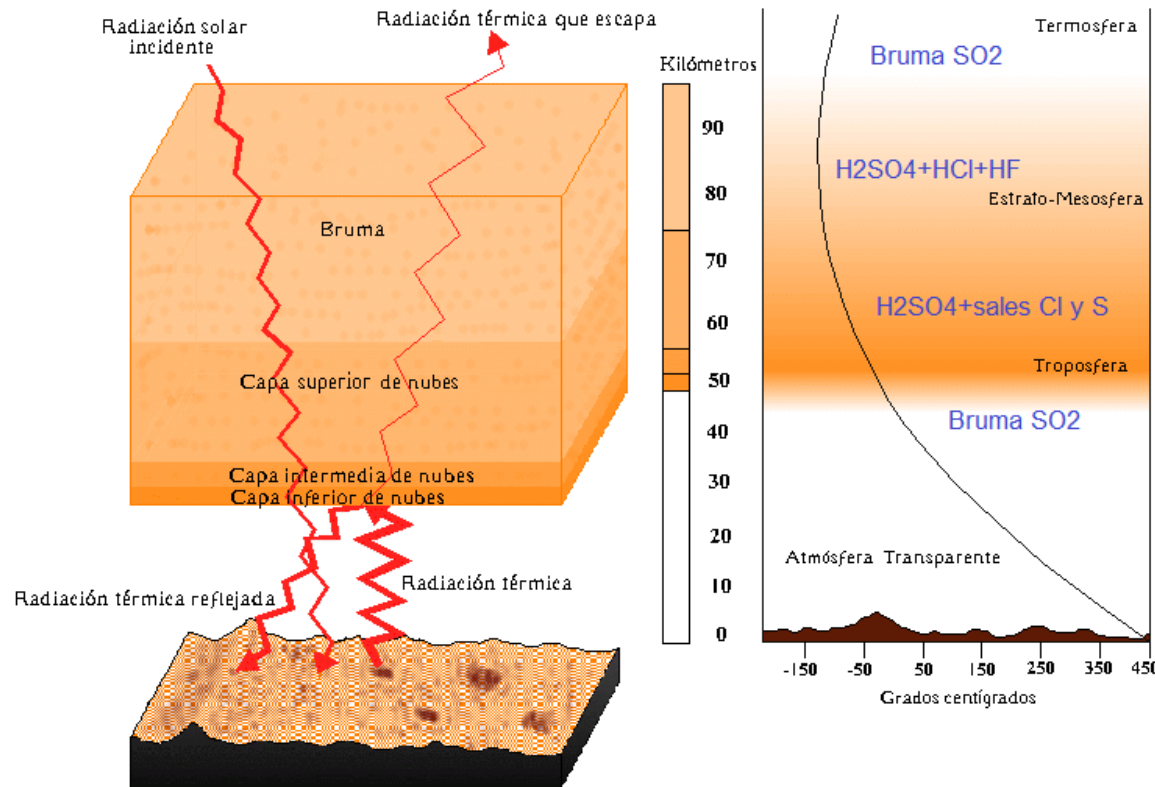
- Aspecto similar a La Luna, pequeño, rocoso y denso, 0 Satélites, 4880 km diámetro, 26 kg, año 88 días, día 58d, 58×10^6 km
- Sin atmósfera – **vestigios viento solar** y **elementos volátiles** desintegración radiactiva rocas (protones, partículas alfa, gases nobles, O₂, Na, K, N₂, CO₂ (10^{-15} atm.))
- Cielo negro y estrellado
- Agua en el fondo de cráteres
- Temperaturas al sol > + 360 °C, a la sombra y por la noche - 175 °C

VENUS



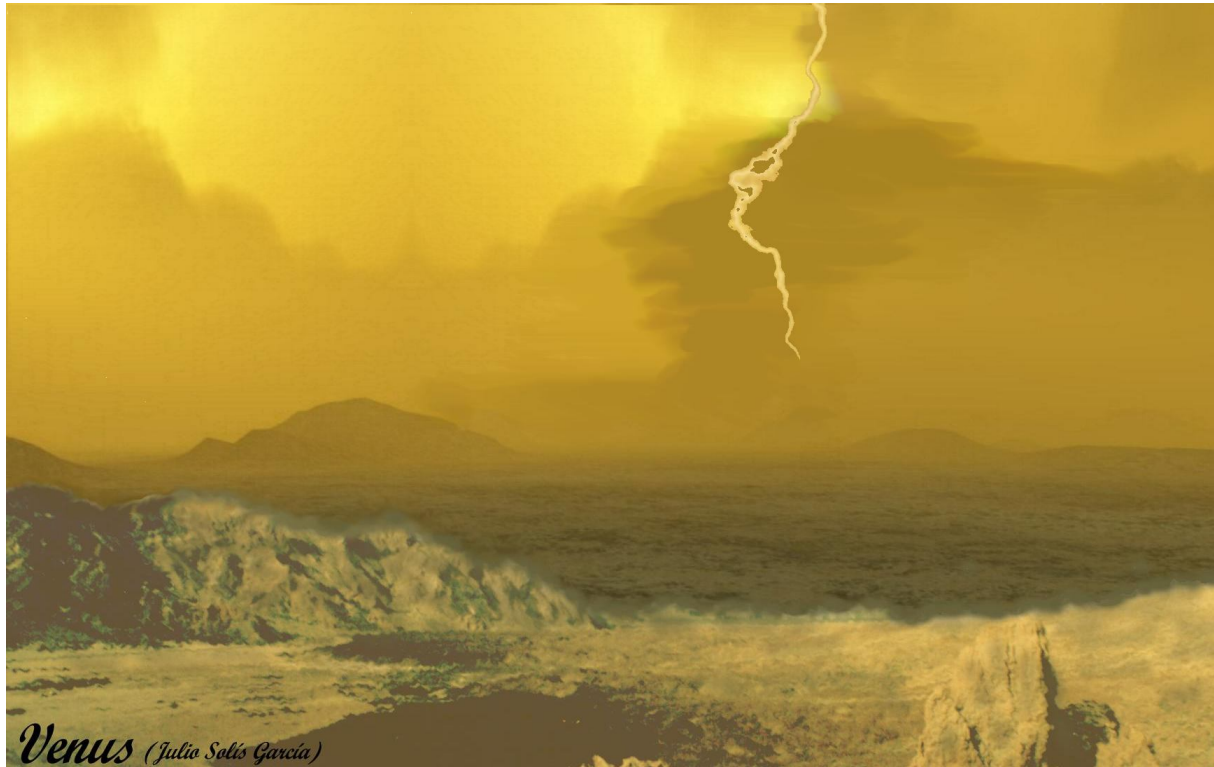
Planetas terrestres (fotografías NASA) –Mercurio/Venus/La Tierra/Marte-

- Gemelo de La Tierra, sin satélites, 63,4 kg, día 243 d retrógrado, 108×10^6 km, **planeta más próximo (38×10^6 km)**, año de 224,5 días (t) (inclinación - excentricidad ~ 0) no tiene estaciones
- Junto con el Sol y La Luna el objeto más brillante en el cielo, se ve de día. Albedo 65%, siempre cubierto de nubes
- Fuerte efecto invernadero (+ 460 °C)
– Uniformidad climática – **Planeta más cálido del Sistema Solar**. Venera 7 (1970) – 23 minutos operativo
- CO₂ (96,4%) – N₂ (3,4%) – H₂O (1,4%) – H₂S (sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico)) – OCS (Sulfuro de carbonilo) – gases nobles (Ar, Ne, Xe) 93200 hPa. Sin magnetosfera



Corte de la atmósfera de Venus (Autor: Julio Solís)

- Atmósfera limpia y transparente <30 km – aspecto fluido y pastoso – (bruma de SO₂ (dióxido de azufre) 32 km a 48 km visibilidad >1 km) – (capa nubosa H₂SO₄+sales cristalinas cloro y azufre - 48-67 km) - (H₂SO₄ + HCl+ HF – 67-90 km) - (bruma SO₂ > 90 km) – convección – fenómenos eléctricos – relámpagos en el seno de la capa nubosa - temperatura +100 °C base, +10 °C en la cima.
- En capas altas se originan partículas de ácido sulfúrico (SO₄H₂) que precipitan, el fuerte calor en zonas bajas las descompone en SO₂ y H₂O provocando su evaporación. Permanente lluvia que no llega al suelo (virga de ácido sulfúrico).
- Vientos flojos en superficie que aumentan con la altitud hasta 370 km/h cima de las nubes que giran en 4 días de E a O (súper rotación), decreciendo hacia los polos

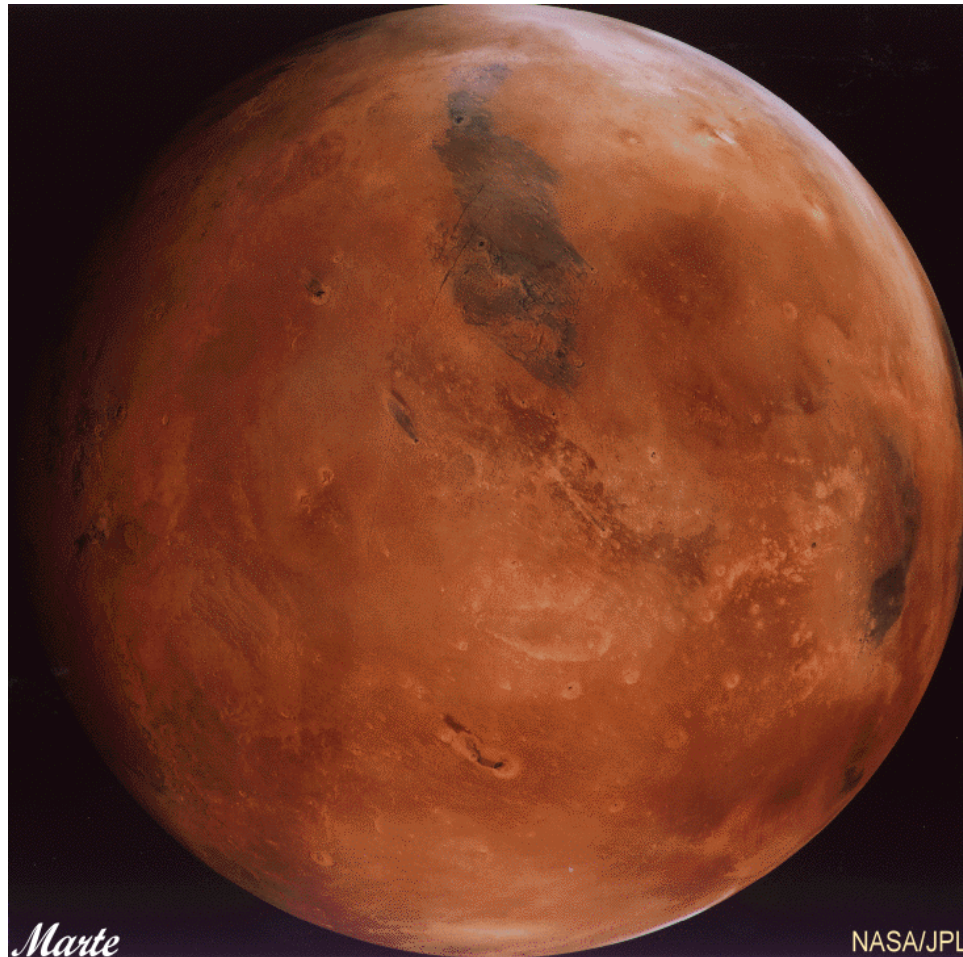


Venus (Julio Solís García)

Recreación artística del paisaje de Venus (Autor: Julio Solís García)

- Superficie con una apariencia de desierto seco y rocoso, inmerso en una luz amarillenta-anaranjada.
- Tendríamos la sensación de estar viendo el paisaje desde el fondo del mar (1000 m).
- La luminosidad en la superficie de Venus es incluso menor que la de un día nublado y tormentoso en La Tierra. **No se ve nunca ni el Sol ni el cielo estrellado.**

MARTE



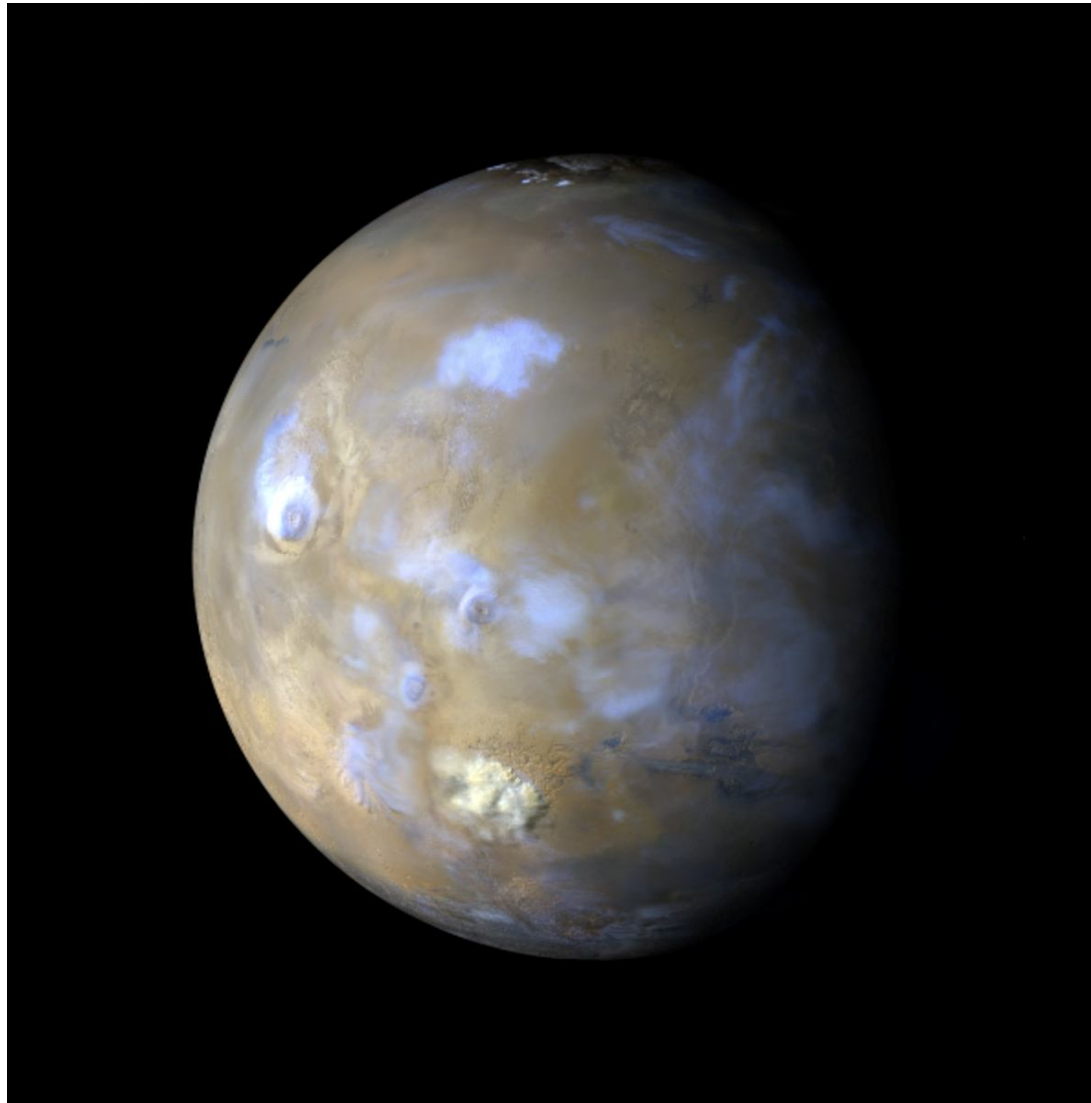
Fotografía de Marte (NASA/JPL)

- Más amigable que Venus, 1/2 Tierra (6780 km diámetro), 2 Satélites (Fobos y Deimos, pequeños e irregulares) , 26,5 kg, día 24,37 h, año 687 d, 228×10^6 km, $25^{\circ} 19'$ inclinación eje, órbita excéntrica, 4 estaciones (duración 2T), cambios estacionales en casquetes polares y oscurecimiento superficial. Máxima aproximación 56×10^6 km
- Casquetes polares de CO_2 , con hielo de H_2O en el polo norte bajo la capa de hielo de CO_2
- Temperatura normal diurna - 50°C . En verano-ecuador hasta $+ 20^{\circ}\text{C}$. Noche - 85°C – Gran amplitud térmica
- CO_2 (95,3%) – N_2 (2,7%) – Ar (1,7%) - O_2 (0,13%) - CO (0,08%) – vapor de agua y vestigios de otros elementos y gases. Sin magnetosfera, atmósfera ligera (7-9 hPa)



Fotografía de Marte realizada por las cámaras de ' Mars Pathfinder' de la NASA

- Cielo color asalmonado, polvo, dunas, arena fina, grandes montañas, cráteres de impacto, impresionantes cañones, **capas de escarcha nocturna, nieblas al amanecer (H₂O)**, indicios en tiempos pasados, atmósfera densa y corrientes líquidas (H₂O) en superficie. Notable capa de permafrost. Fenómenos erosivos (viento y cambios de temperatura).
- Color rojo, oxidación de minerales de hierro de la superficie (piritas) por peróxido de hidrógeno (H₂O₂), reacciones químicas (Fenton)
- Flujo condensación CO₂ polo N -> polo S



- Se alcanza la saturación con facilidad, generando nubes poco consistentes que **no producen precipitación nunca**
- Nubes amarillentas (polvo superficial – asociadas a tormentas de arena).
- Nubes blanquecinas (próximas al terminador, como **estratos**) cristales de H₂O
- Nubes azuladas (mismo patrón de conducta que blanquecinas y se encuentran también en zonas polares)
- Nubes convectivas calentamiento diurno, **cúmulos** dispersos como pequeñas pompas que pueden dar lugar a nubes orográficas ondulatorias y lenticulares. Hielo de H₂O.
- Nubes tipo cirros, de CO₂ en zonas polares en invierno (-120 °C).

Nubes y tormentas de arena en Marte (5/marzo/2018) – Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) de la NASA

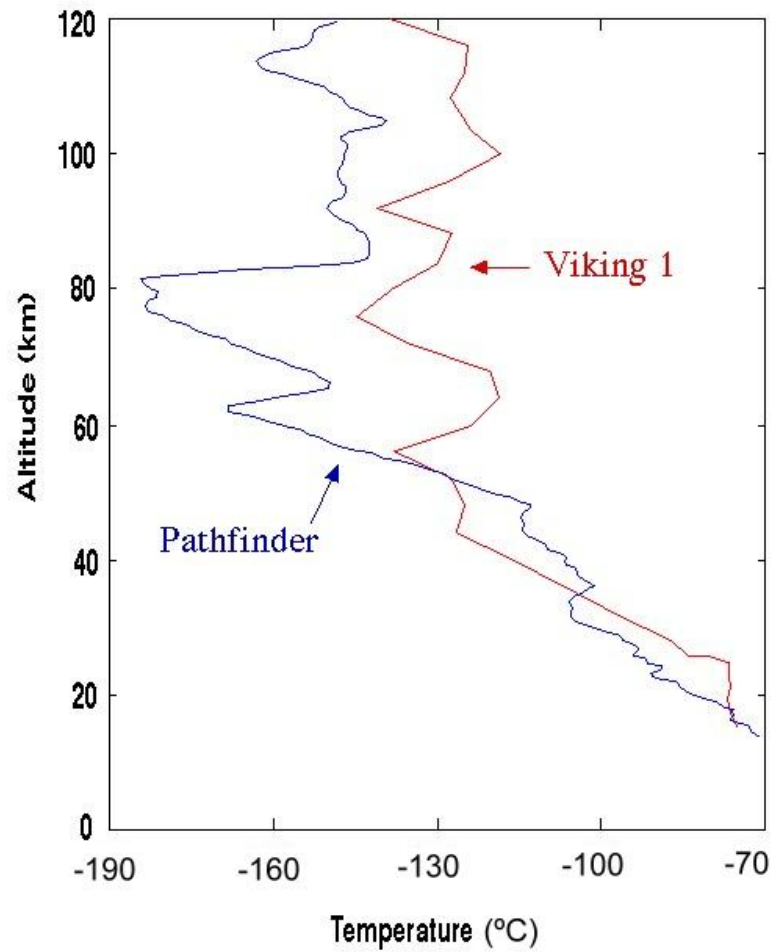


Marte (Julio Solís García)

Recreación artística del paisaje de Marte (Autor: Julio Solís García)

- En **Marte** se dan dos regímenes de vientos:
- En **invierno** en latitudes medias con vientos fuertes del Oeste, corriente en chorro a gran altura
- En **verano** en zonas ecuatoriales donde la variación diurna de la insolación genera **brisas de montaña**
- Velocidad típica del viento en superficie ~40 km/h (viento necesario para levantar arena > 100 km/h)
- En invierno cerca de los polos se generan vientos de hasta 300 km/h que producen tempestades de arena que pueden durar meses.

Atmospheric temperatures from Pathfinder Atmospheric Structure Instrument



Temperatura atmósfera de Marte (NASA)



Puesta de sol captada por el rover Spirit en Marte - Image Credit: NASA/JPL/Texas A&M/Cornell

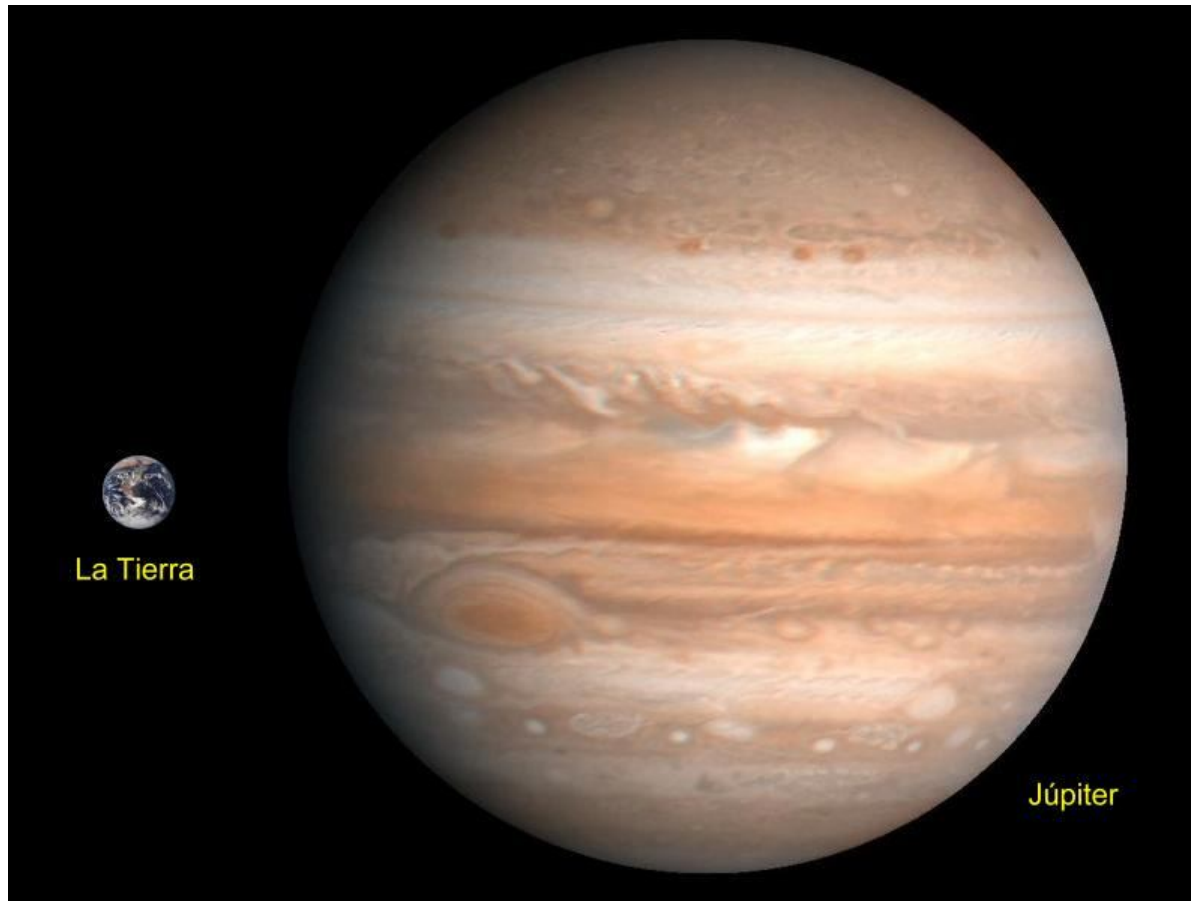


Fotografía de la superficie de Marte realizada por las cámaras de la Mars Science Laboratory (Curiosity) de la NASA



Fotografía de la superficie de Marte realizada por las cámaras de la Mars Science Laboratory (Curiosity) de la NASA

JÚPITER



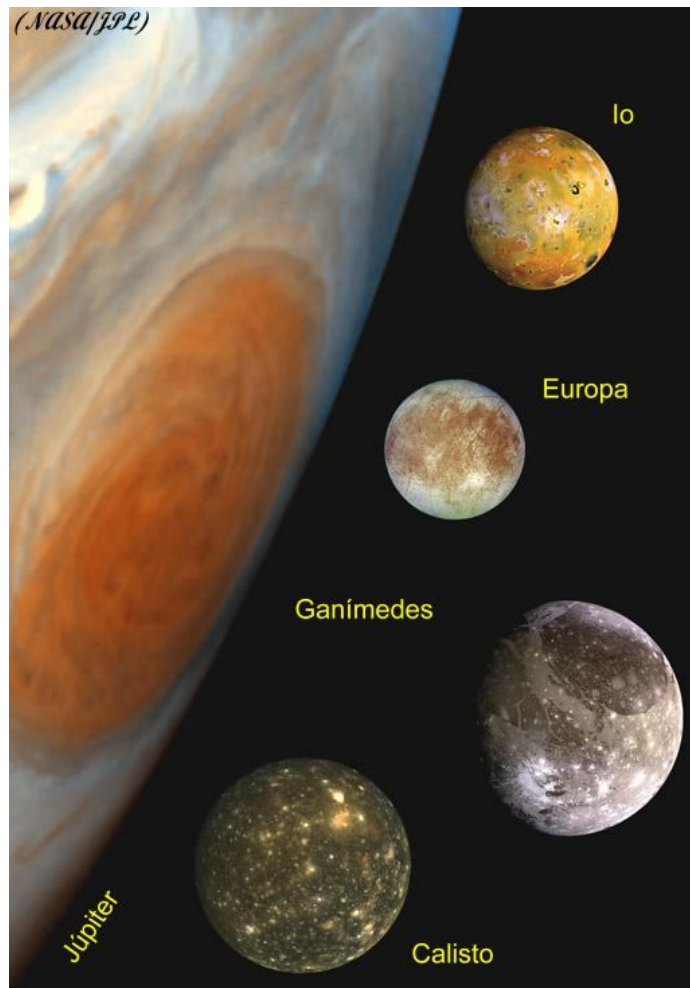
Tamaños comparativos LaTierra/Júpiter

- Planeta mas grande Sistema Solar (algo más grande hubiera sido una estrella), 67 Satélites, 177 kg, día 9,55 h, año 11,8 a, 778×10^6 km. Temperatura en la cima de las nubes -144 °C
- Gigante gaseoso (143000 km diámetro) sin superficie sólida definida, importante magnetosfera (>10 veces Tierra), tiene anillos y auroras polares, achatado por los polos.
- H_2 ($>81\%$) – He ($>17\%$) – CH_4 (0,1%) - H_2O (0,1%) – NH_3 (0,02%) – vestigios de hidrocarburos y compuestos de azufre
- Atmósfera 1000 km – océano H_2 y He 18000 km (3×10^6 atm) – hidrógeno metálico fluido conductor, hasta el núcleo de rocas y silicatos (30000 °C y millones de atmósferas de presión)



Recreación artística de las vistas que habría desde la parte alta de la atmósfera de Júpiter, con el Sol y los satélites galileanos (no están a escala) Autor: Julio Solís García

- Gigantescas masas nubosas de intenso y variado colorido, por la presencia de compuestos de azufre y fósforo (producidos por reacciones químicas radiación UV del sol y de relámpagos en el seno de la atmósfera).
- Nivel de referencia de la base de la atmósfera a 20 atm (y +140 °C). Desde ese nivel hacia arriba hay una troposfera de 50 km donde se desarrollan todos los fenómenos meteorológicos. (Tropopausa: < 0,1 atm y -170°C). Estratosfera desde 50 km hasta 300 km (Estratopausa: 10⁻⁶ atm y -80 °C). Termosfera > 300 km (temperatura en aumento hasta los 1000 °C)



Satélites galileanos de Júpiter (Autor: Julio Solís)

- La estructura nubosa se organiza en **bandas paralelas al ecuador** denominadas zonas y cinturones, en las **zonas** se produce una fuerte ascendencia con nubes convectivas blancas, y en los **cinturones** corrientes descendentes con nubes oscuras de menor desarrollo. Entre las zonas y los cinturones se registran corrientes en chorro de hasta 500 km/h en sentidos opuestos O-E y E-O. Latitudes > 55° pierde carácter zonal apareciendo **movimientos caóticos, torbellinos y remolinos**. Gran Mancha Roja, gigantesco anticiclón de cientos de años de existencia, gira en 5 días, vientos periféricos de 400 km/h
- **El motor de la dinámica atmosférica es el calor interno**, el planeta se contrae 2 cm/año, irradia calor y genera movimientos convectivos, como un líquido en una cazuela puesta al fuego (emite más calor del que recibe del Sol).
- Tipos de nubes: **altas** de amoníaco color rojizo (similares a cirrus), **medias** de hidrosulfuro amónico de color blanquecino-parduzco, **bajas** blanco-azuladas de cristales helados de agua. También abundan las **Nubes convectivas** tormentosas de amoníaco de gran desarrollo vertical. **En los niveles bajos de la atmósfera se encuentra una niebla espesa de NH₃ y H₂O**

IO, EUROPA, GANÍMEDES Y CALISTO



Tamaños comparativos de La Luna, La Tierra y Marte, con los satélites galileanos de Júpiter (Autor: Julio Solís García)

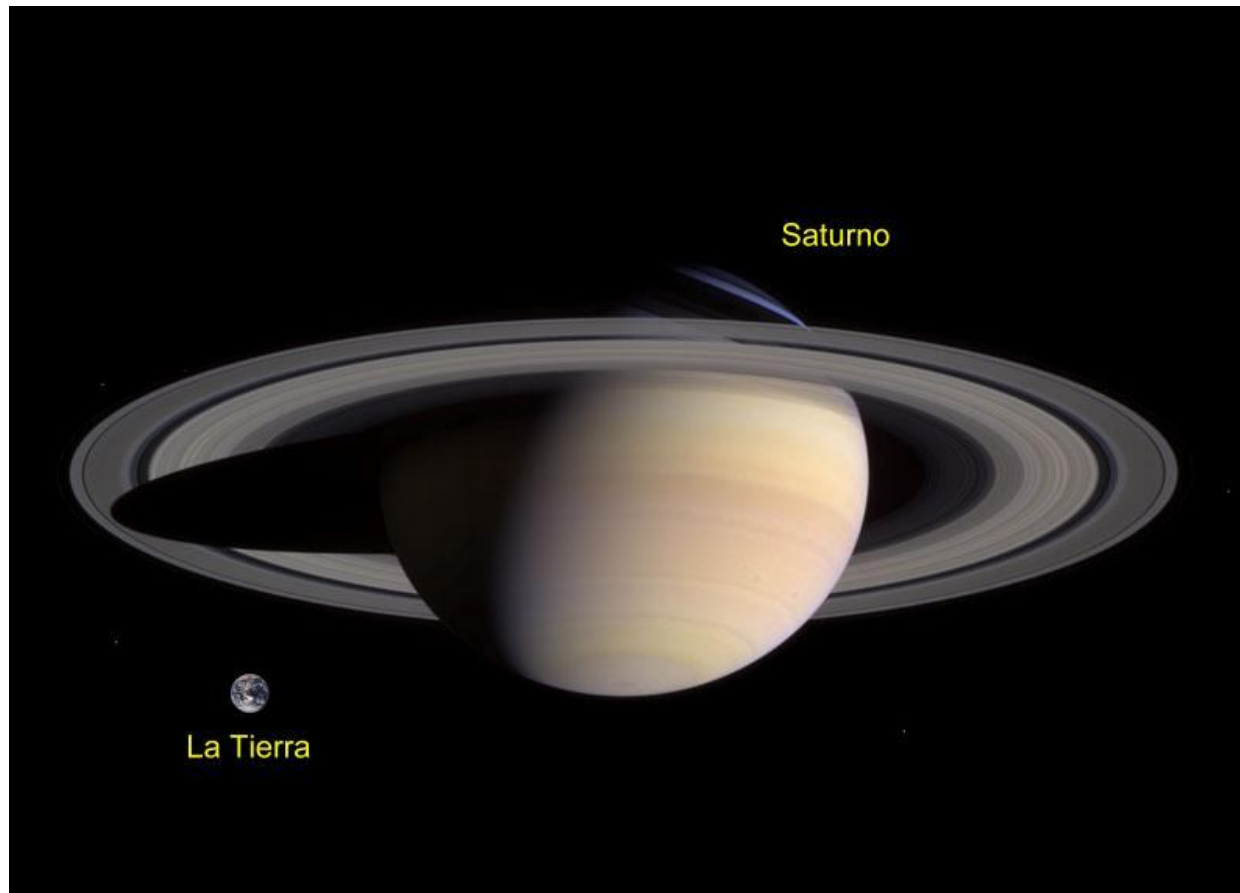
- No tienen verdaderas atmósferas
- Io: 3600 km, intensas fuerzas de marea, **mayor actividad volcánica y sísmica del S.Solar**, lagos y ríos de compuestos de azufre y silicatos, $-145\text{ }^{\circ}\text{C}$ (magma $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$). Tiene atmósfera de dióxido de azufre. 8,8 kg (Tierra 70 kg)
- Europa: 3100 km, sin atmósfera con vestigios de O_2 , por descomposición vapor de agua por UV – sublimación hielo superficial), Océano de agua de 100 km profundidad, costra de hielo 20 km, $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Superficie lisa de hielo de agua fracturado por fuerzas de marea, 9,3 kg (Tierra 70 kg)



*Recreación artística de una vista de Júpiter desde la superficie de Ganímedes
(Autor: Julio Solís García)*

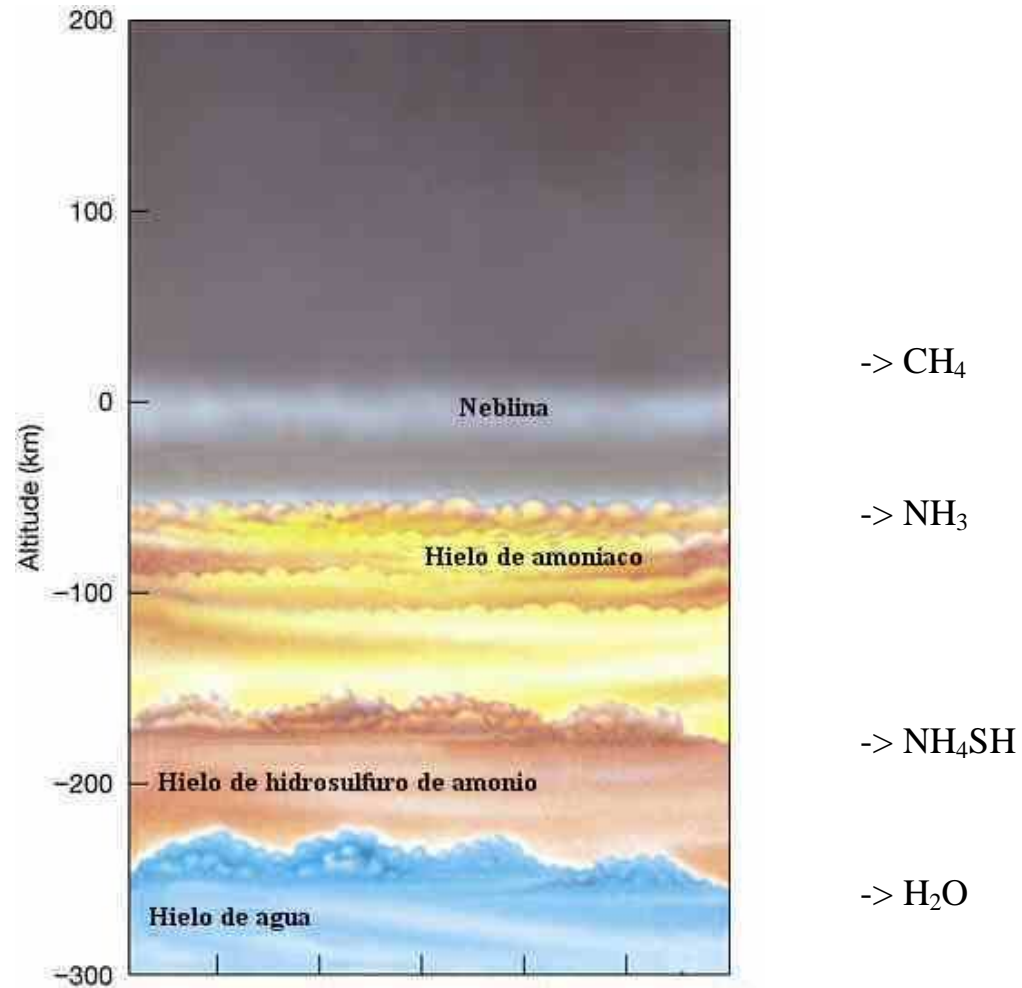
- Ganímedes: 5250 km, **el satélite más grande del Sistema Solar**, mayor que Mercurio, atmósfera, temperatura y océano similares a Europa, superficie rocosa, con cráteres y cordilleras. 10,1 kg (Tierra 70 kg)
- Calisto: 4800 km, algo menor que Mercurio, cráteres de impacto, vestigios de O₂ y CO₂. Puede tener cantidades importantes de agua en el subsuelo. 12,8 kg (Tierra 70 kg)

SATURNO

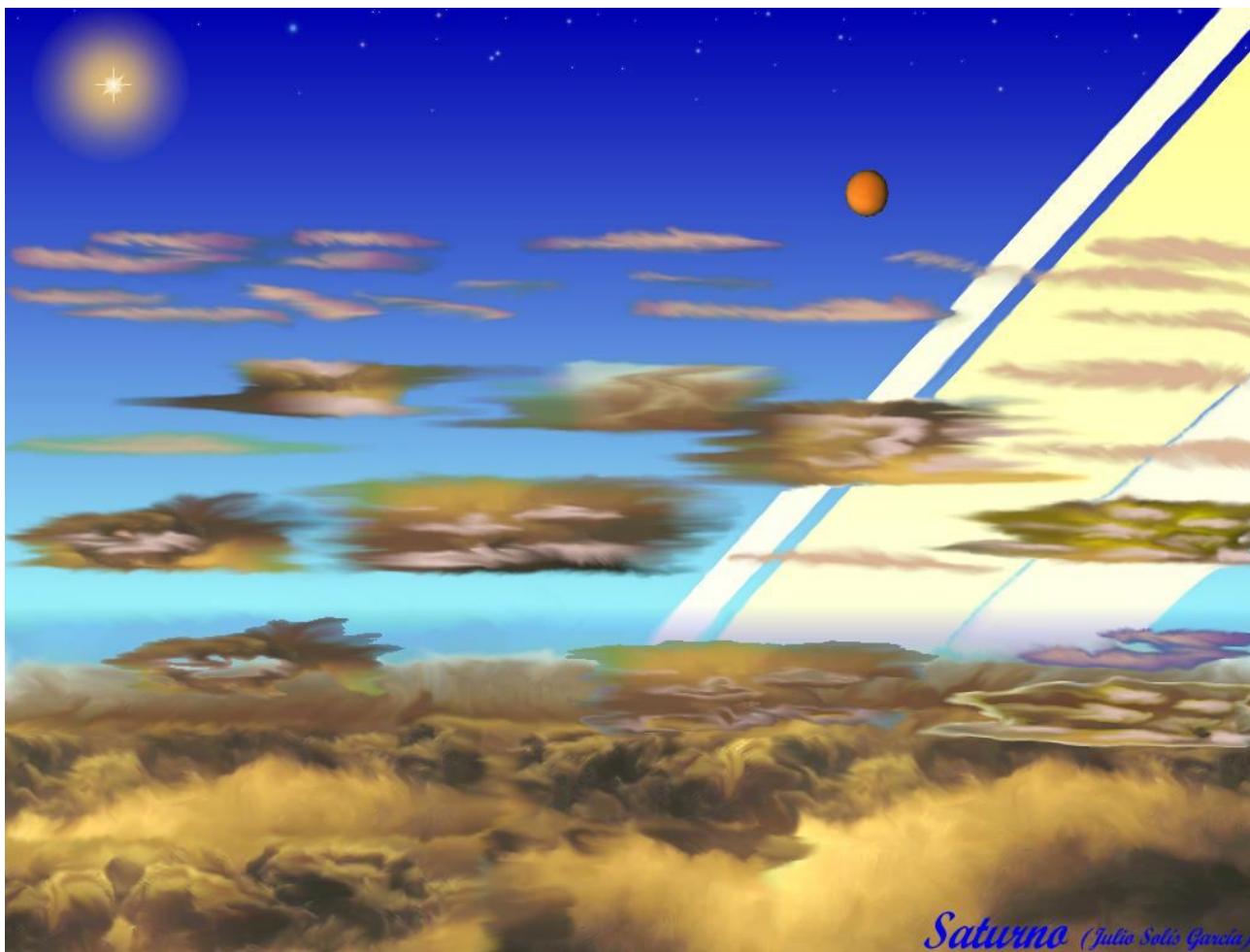


Tamaños comparativos LaTierra/Saturno (Autor: Julio Solís)

- Segundo planeta mas grande Sistema Solar – espectaculares anillos - 62 Satélites, 74,6 kg, día 10,4 h, año 29,5 a, 1425×10^6 km Temperatura cima nubes -176 °C, achatado por los polos
- Gigante gaseoso (120000 km diámetro) sin superficie sólida definida, magnetosfera, auroras polares, huracanes y grandes tormentas con importante aparato eléctrico, **densidad menor agua**.
- H_2 (94%) – He (5%) – CH_4 (0,2%) – H_2O (0,1%) – NH_3 (0,01%) – vestigios de hidrocarburos, y compuestos de azufre y fósforo.
- Estructura interna y nubosa similar a Júpiter, carácter zonal, con bandas y zonas, **vientos de hasta 1500 km/h** en la cima de las nubes, fuente de calor interna, se contrae lentamente.

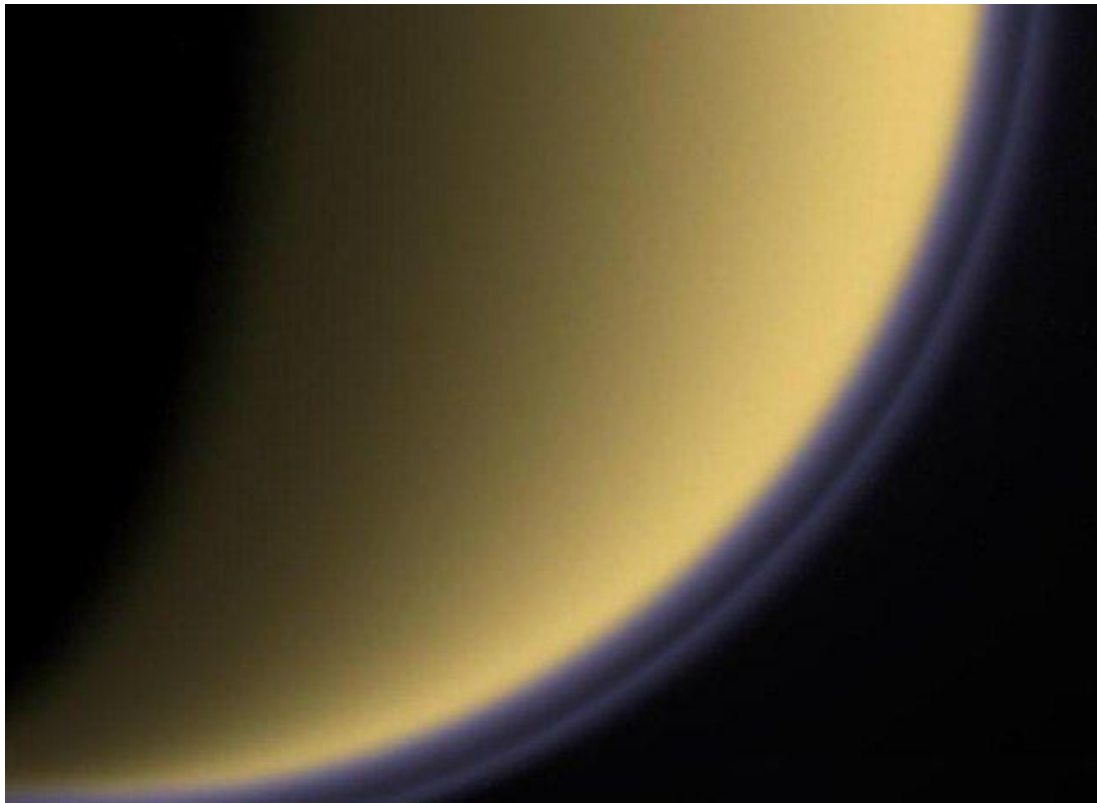


Atmósfera de Saturno



Recreación artística de la parte alta de la atmósfera de Saturno (Autor: Julio Solís García)

TITÁN Y ENCÉLADO



Detalle de la atmósfera de Titán – NASA/JPL

- Titán: mayor satélite de Saturno (2º mayor S.Solar), más grande que Mercurio, superficie anaranjada y fría, arcillosa, blanda, con rocas dispersas y bloques de hielo ($1,88 \text{ g/cm}^3$), actividad volcánica con erupciones de H_2O mezclada con NH_3 , posible existencia de océano subterráneo de H_2O y NH_3 a 100 km bajo la superficie. Rotación capturada 16 días.
- N_2 (94%) - CH_4 (5%), con vestigios de otros hidrocarburos, etano, propano, acetileno, metilacetileno, diacetileno, cianoacetileno, CO_2 , CO , cianógeno, cianuro de hidrógeno, helio y compuestos químicos complejos, resultado de la fuerte actividad fotoquímica en la atmósfera superior. Único lugar del Sistema Solar junto con La Tierra donde se producen precipitaciones líquidas que dan lugar a ríos y lagos, pero en este caso de Metano. Temperatura ambiente media $-180 \text{ }^\circ\text{C}$, 1600 hPa.



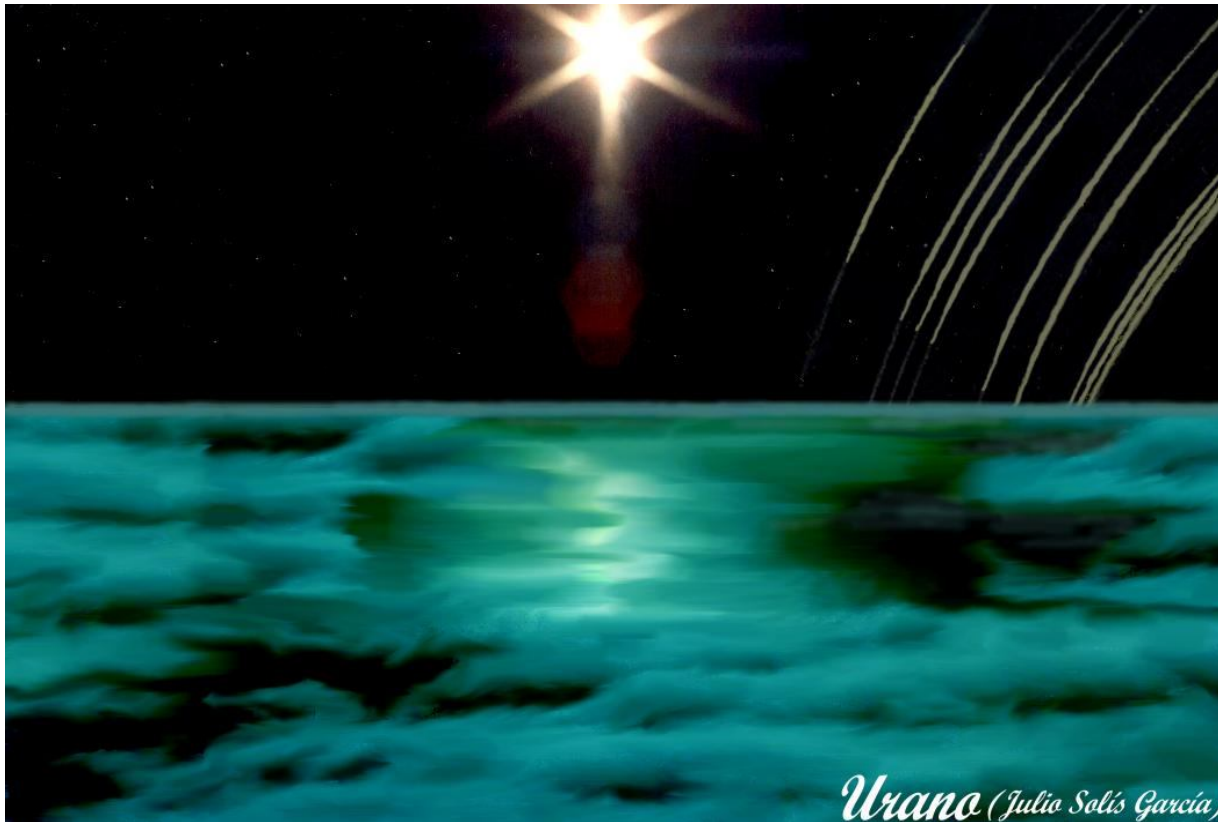
Recreación artística de una vista desde la superficie de Titán (Autor: Julio Solís García)

- Nubes de gran desarrollo vertical (35 km espesor) – grandes precipitaciones de metano líquido.
- Cirrus (a 50-100 km altitud) de cristales de hidrocarburos. Brumas junto a ríos y lagos o tras las lluvias. Neblina anaranjada y espesa en la alta atmósfera. Vientos dominantes del oeste, que en superficie tienen velocidades de entre 50 y 100 km/h, llegando hasta 200 km/h en zonas altas de la atmósfera. Luminosidad baja en superficie, ambiente crepuscular.
- Encélado: pequeño satélite helado (500 km diámetro, -193 °C, hielo fresco en superficie, **albedo altísimo (>95%, el más alto en el Sistema Solar)**, actividad geológica (géiseres de agua, calor interno, fuerzas de marea con Saturno), criovulcanismo, cráteres de impacto. Trazas de vapor de agua, nitrógeno, dióxido de carbono y metano.



Titán y Rhea

URANO



*Recreación artística de una vista de la parte alta de la atmósfera de Urano
(Autor: Julio Solís García)*

- Aspecto verde-azulado uniforme – débiles y oscuros anillos - 27 Satélites, 63,3 kg, día 17,14 h, año 84 a, 2870×10^6 km Temperatura en la cima de las nubes < -214 °C
- Planeta gigante gaseoso (51000 km diámetro) sin superficie sólida definida, achatado, con un núcleo rocoso, manto fluido de $H_2O + NH_3 + CH_4$, magnetosfera, ocasionales auroras. Inclinación eje rotación 98° .

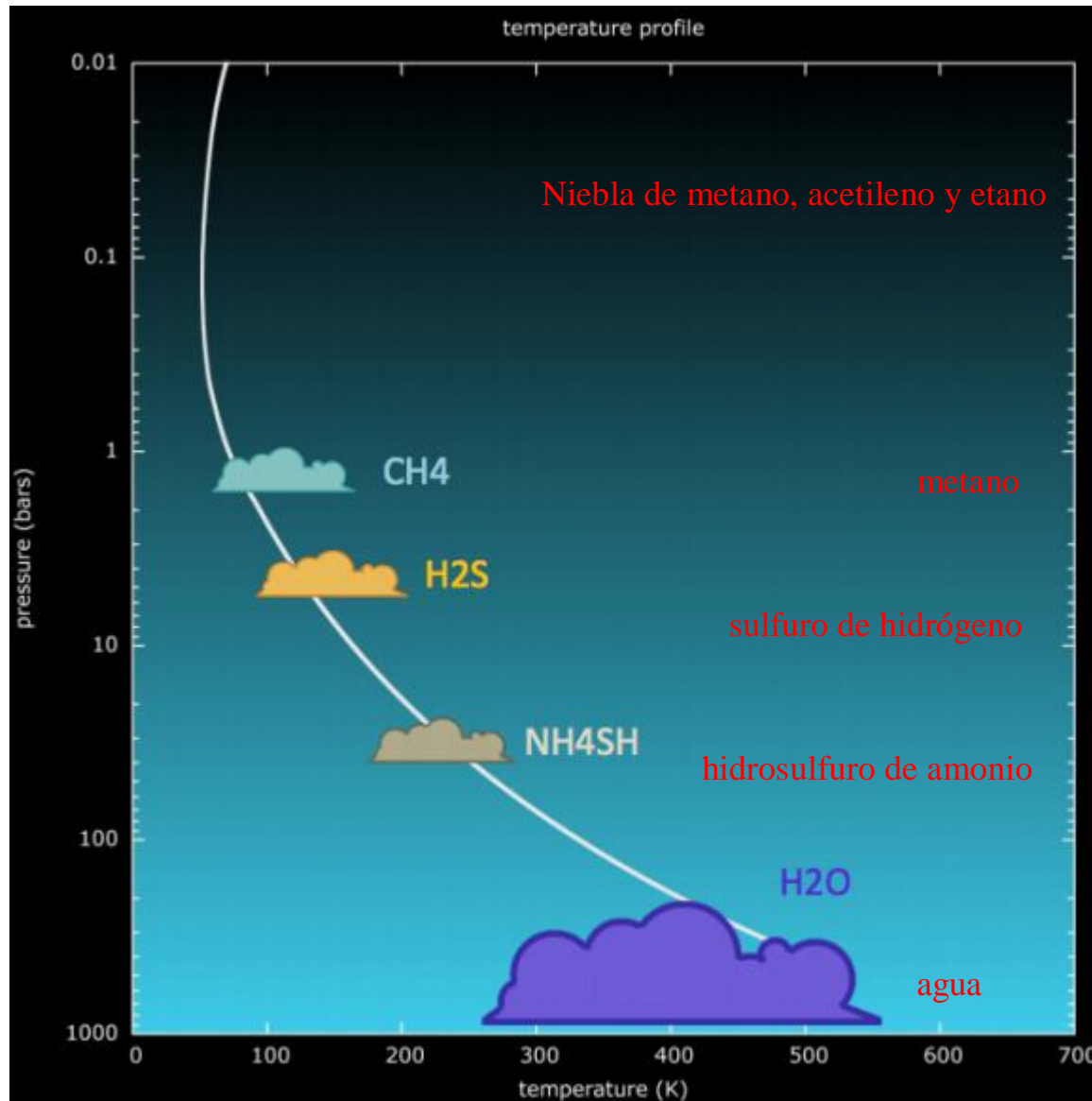


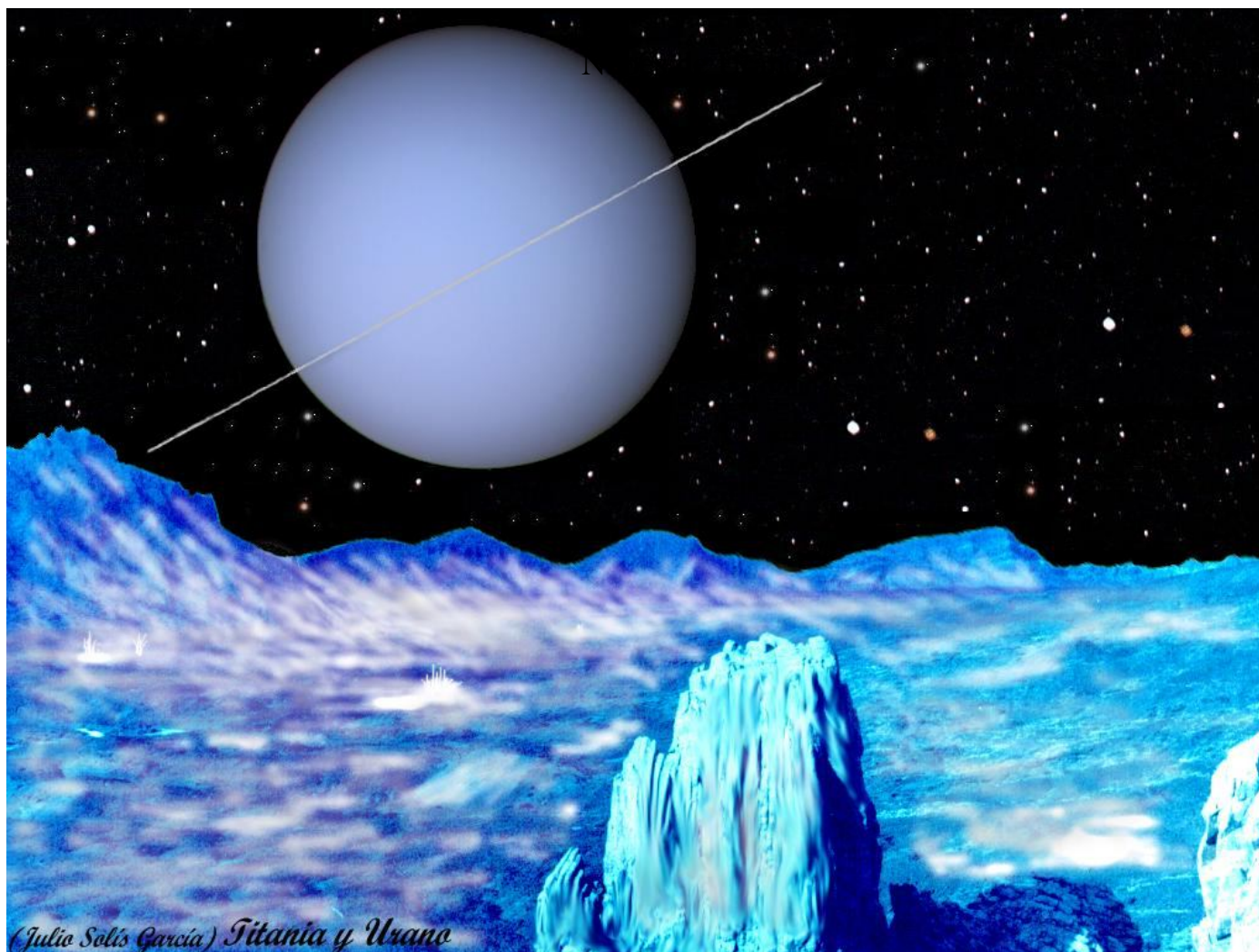
Tamaño comparativo La Tierra (I) – Urano (D)

- H₂ (83%) – He (15%) – CH₄ (2%) – NH₃ (0,01%) – vestigios de hidrocarburos, y compuestos de azufre.

- **Atmósfera más fría del Sistema Solar (-224 °C)**, por encima de las nubes existe una densa capa de nieblas de hidrocarburos (metano, etano y acetileno) que le da ese aspecto uniforme. **Se registran vientos de hasta 1000 km/h**

Atmósfera de Urano y Neptuno

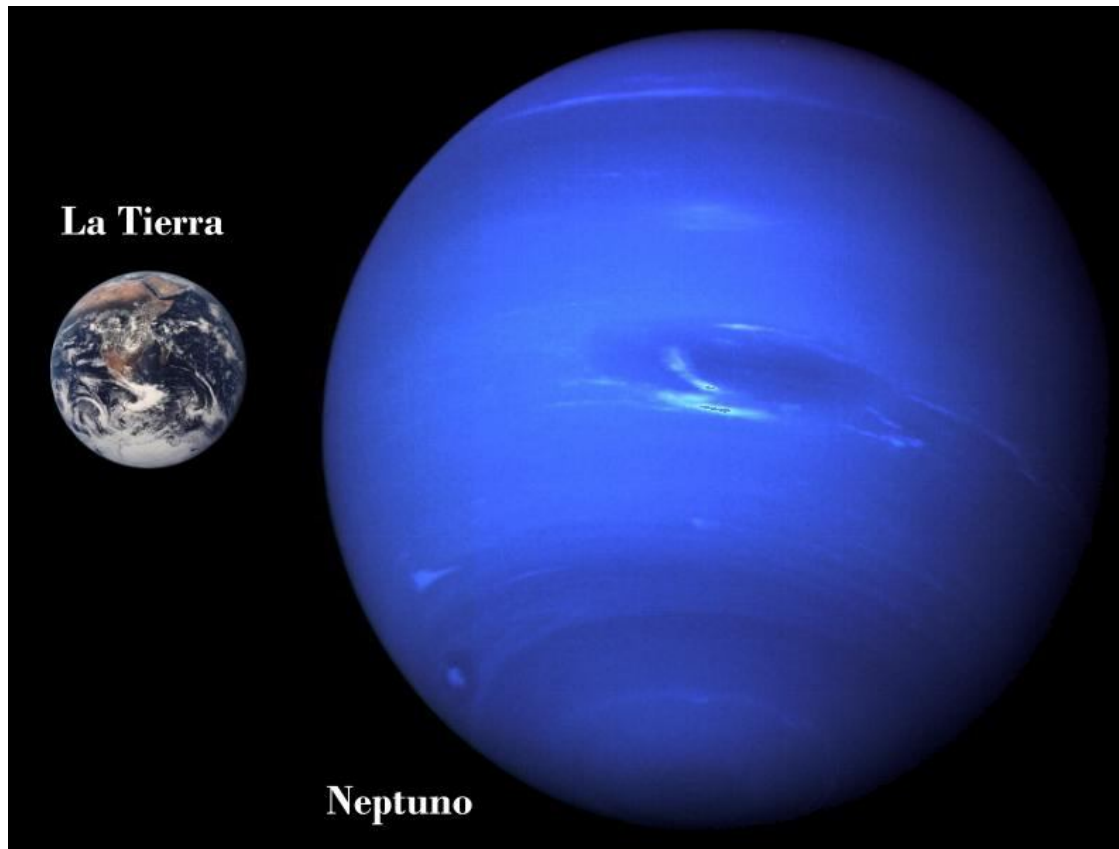




(Julio Solís García) Titania y Urano

Recreación artística de una vista de Urano desde la superficie de Titania (Autor: Julio Solís García)

NEPTUNO



Tamaño comparativo La Tierra/Neptuno (Autor: Julio Solís)

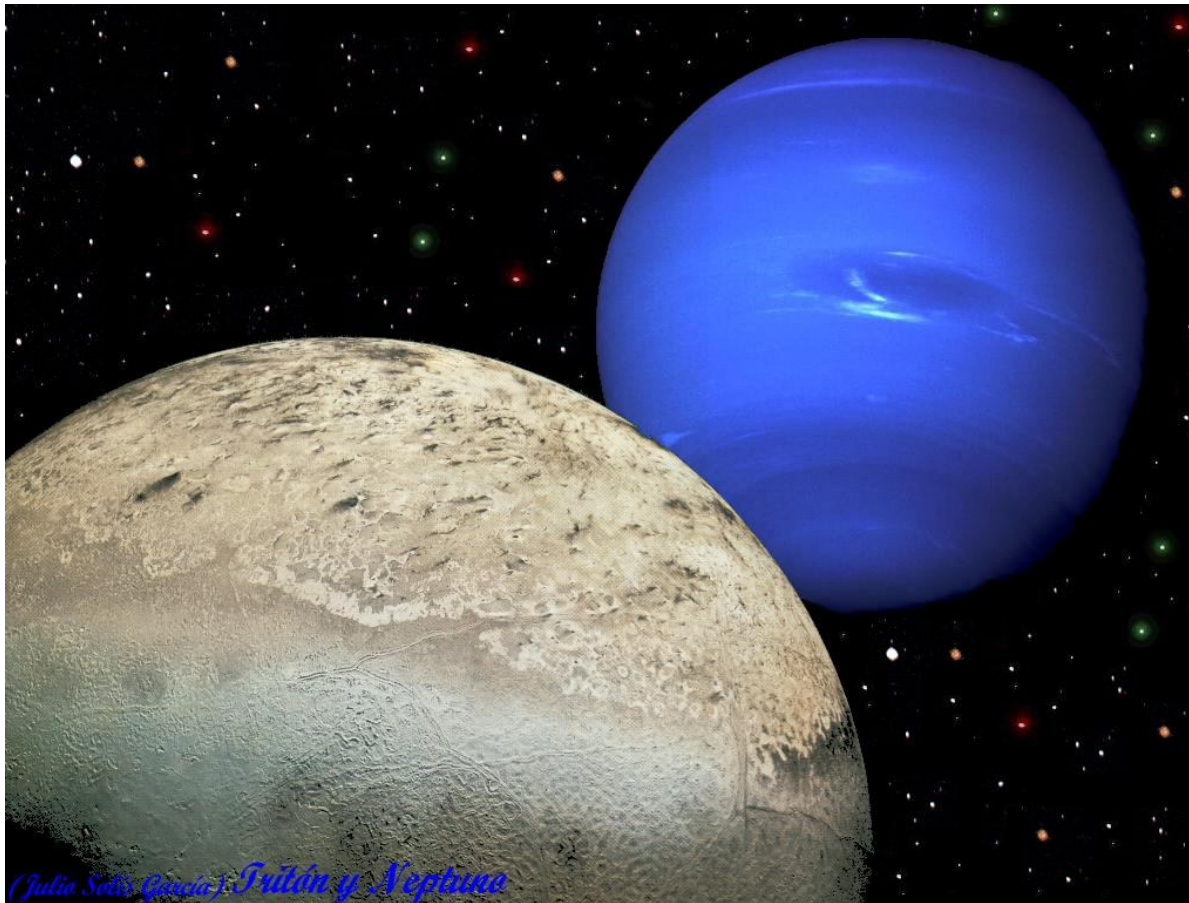
- Aspecto azulado con pocos detalles superficiales – tenues anillos - 14 Satélites, 79,3 kg, día 16 h, año 164,7 a, 4500×10^6 km Temperatura en la cima de las nubes -214 °C, huracanes gigantes (formación oscura similar al GMR de Júpiter), y cirrus blancos de metano en capas altas.
- Planeta gigante gaseoso (49600 km diámetro) sin superficie sólida diferenciada, achatado, con un núcleo rocoso (silicatos, níquel, hierro), y manto fluido de $H_2O + NH_3 + CH_4$, magnetosfera, auroras, lenta contracción, genera calor interno.



*Recreación artística de una vista de la parte alta de la atmósfera de Neptuno
(Autor: Julio Solís García)*

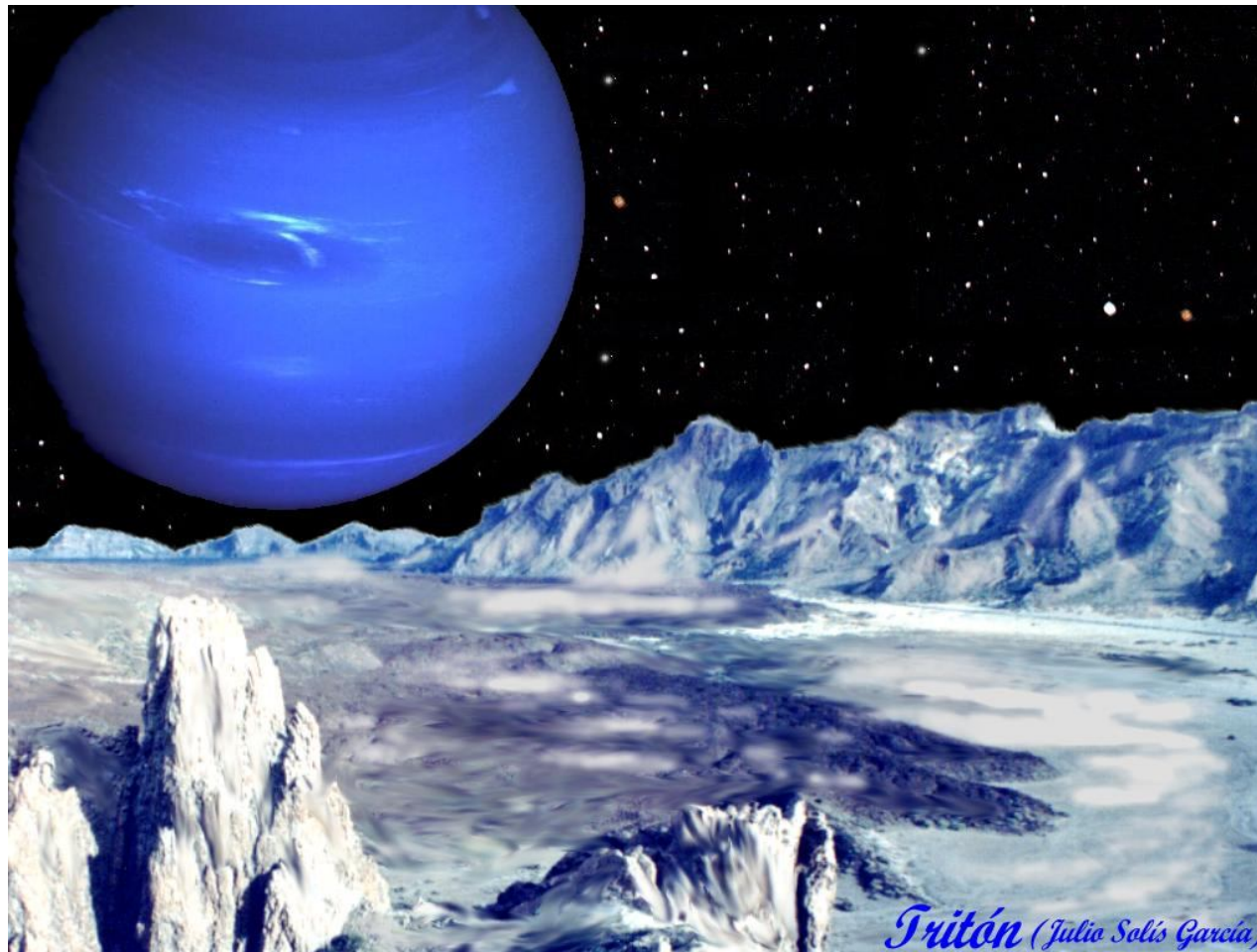
- H_2 (>84%) – He (>12%) – CH_4 (2%)
– NH_3 (0,01%) – vestigios de hidrocarburos.
- Atmósfera con una estructura nubosa similar a la de Urano, con una capa de brumas de hidrocarburos (metano, etano y acetileno) por encima de las nubes. **Se registran vientos de mas de 2000 km/h, los mayores en el Sistema Solar.**

TRITÓN



*Composición artística de Tritón (en primer término) y Neptuno
(Autor: Julio Solís García)*

- Tritón: mayor satélite de Neptuno, sin atmósfera apreciable, órbita retrógrada muy inclinada. Temperaturas superficiales $-235\text{ }^{\circ}\text{C}$, actividad geológica, criovulcanismo (volcanes helados con emanaciones de N_2 líquido, polvo y metano), géiseres de nieve de N_2 .
- Vestigios de N_2 (99,9%) y CH_4 (0,01%). Bruma de origen fotoquímico y nieblas de N_2 helado cerca de los polos.



Recreación artística de la superficie de Tritón (Autor: Julio Solís)

PLUTÓN



*Recreación artística de Plutón visto desde la superficie de Caronte
(Autor: Julio Solís García)*



Tamaño relativo de La Tierra, La Luna, Plutón y Caronte

- El mayor de los planetas enanos (reclasificado en 2006 por UAI) (Ceres, Haumea, Makemake, Iris), menor que La Luna (2374 km diámetro), 5 satélites, 4,6 kg, año 248 a, día 6d, órbita excéntrica e inclinada ($4437-7376 \times 10^6$ km) (inclinación eje de rotación 122°),
- No se conocían detalles de su superficie ni de su atmósfera hasta el año 2015 (New Horizons). Importante actividad geológica, criovulcanismo (volcanes helados que expelen un fluido viscoso mezcla de $H_2O+CH_4+N_2$), con géiseres de nieve de N_2
- Estructura: núcleo de roca y metales, manto de hielo (H_2O) y corteza de N_2 sólido helado con trazas de hielo de CO_2 y H_2O .

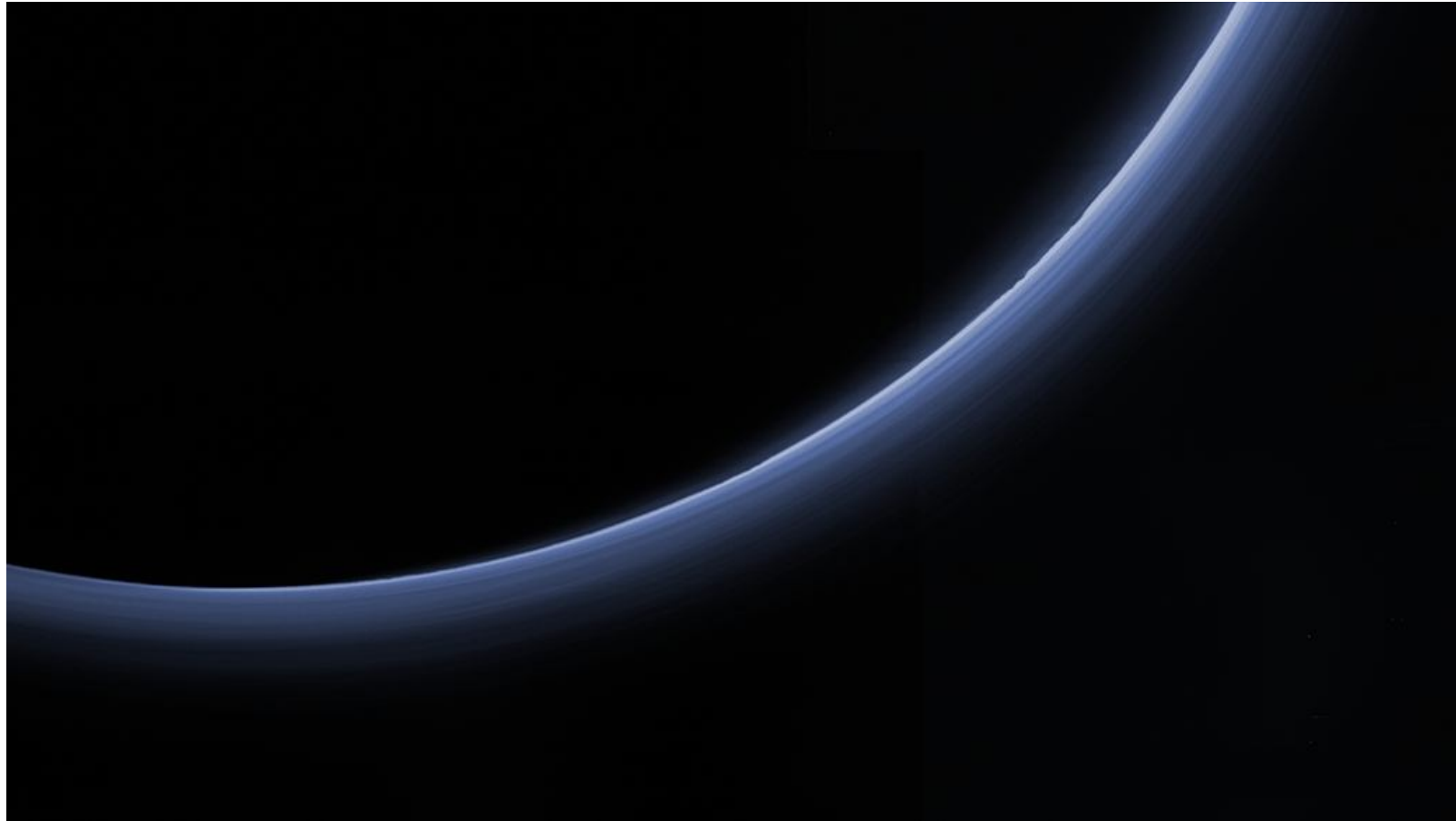


Nix (40 km de 'diámetro')

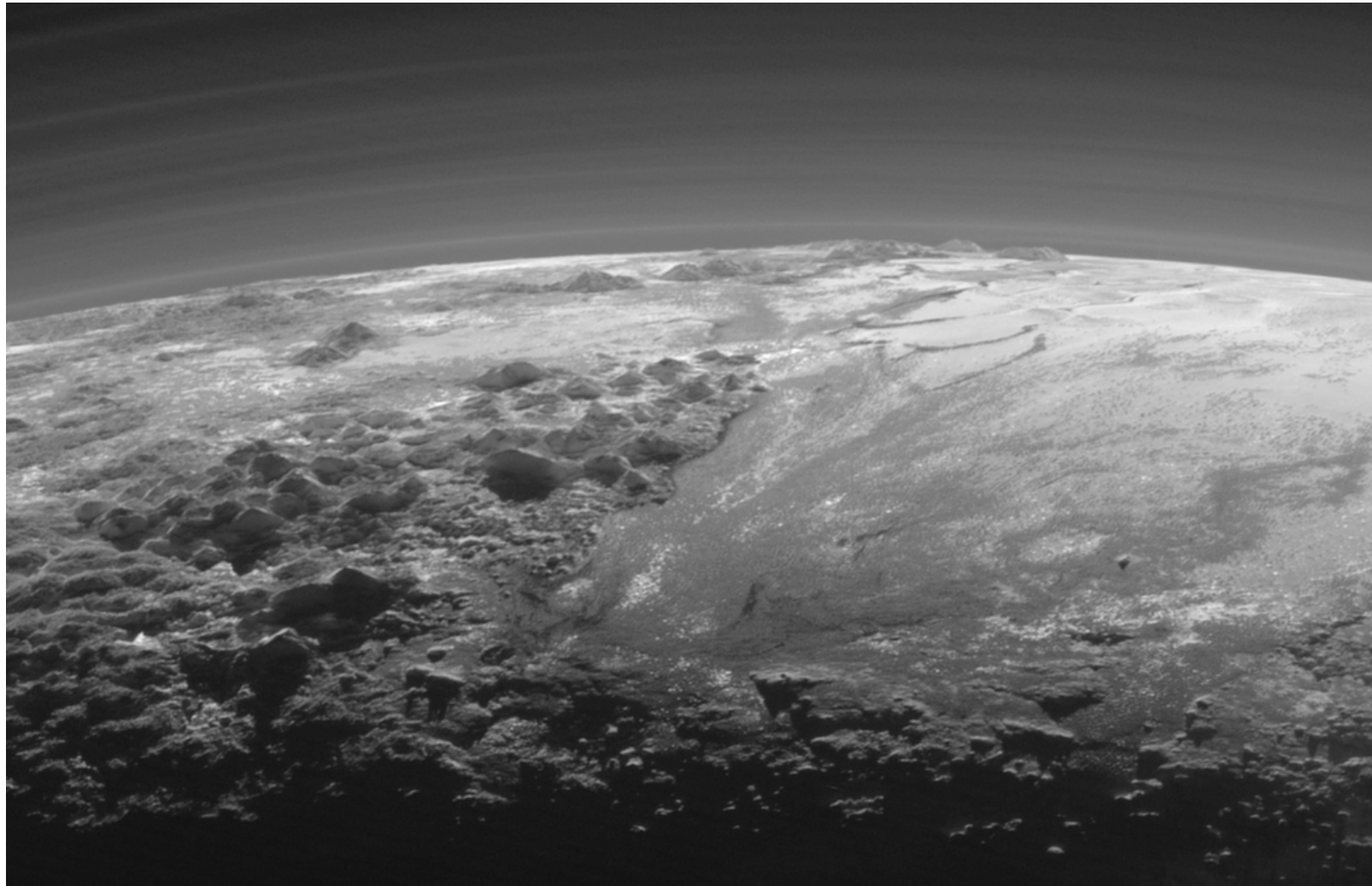
- Superficie dinámica y activa, montañas heladas, glaciares de N_2 , nieblas bajas, sin cráteres de impacto ni erosión. Superficie joven
- Atmósfera: N_2 (~90%), CH_4 (~10%) y vestigios de CO – 0,0144 mbar. Cambios estacionales en su atmósfera, durante su largo invierno (100 años) se congela y colapsa en una gélida neblina imperceptible, en el verano muestra hasta 12 capas neblinosas diferenciadas (100 km extensión).
- Temperaturas típicas en verano (perihelio) de -215 °C, en invierno (afelio) menores de -240 °C, **apenas 33° por encima del cero absoluto.**



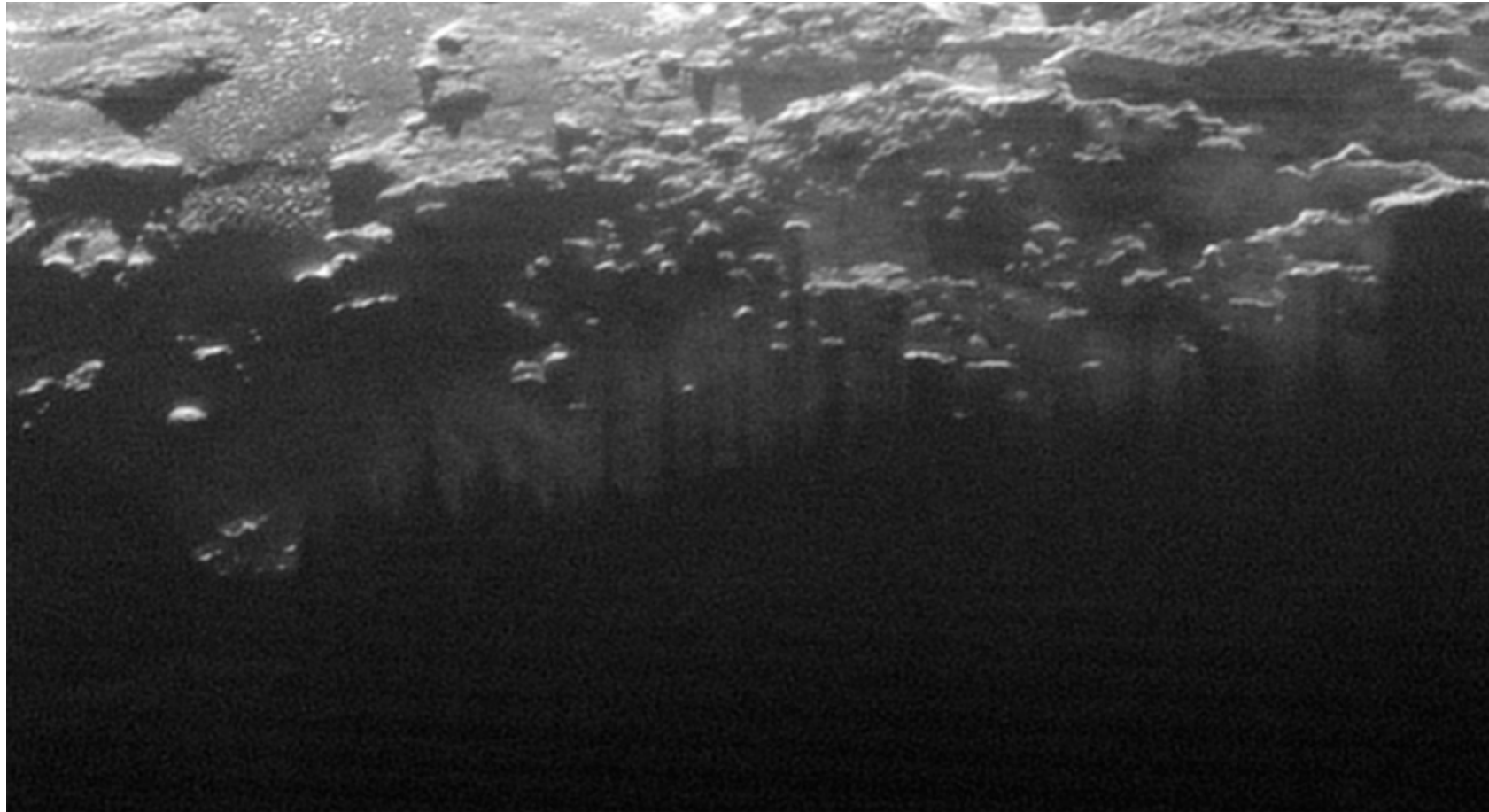
Caronte



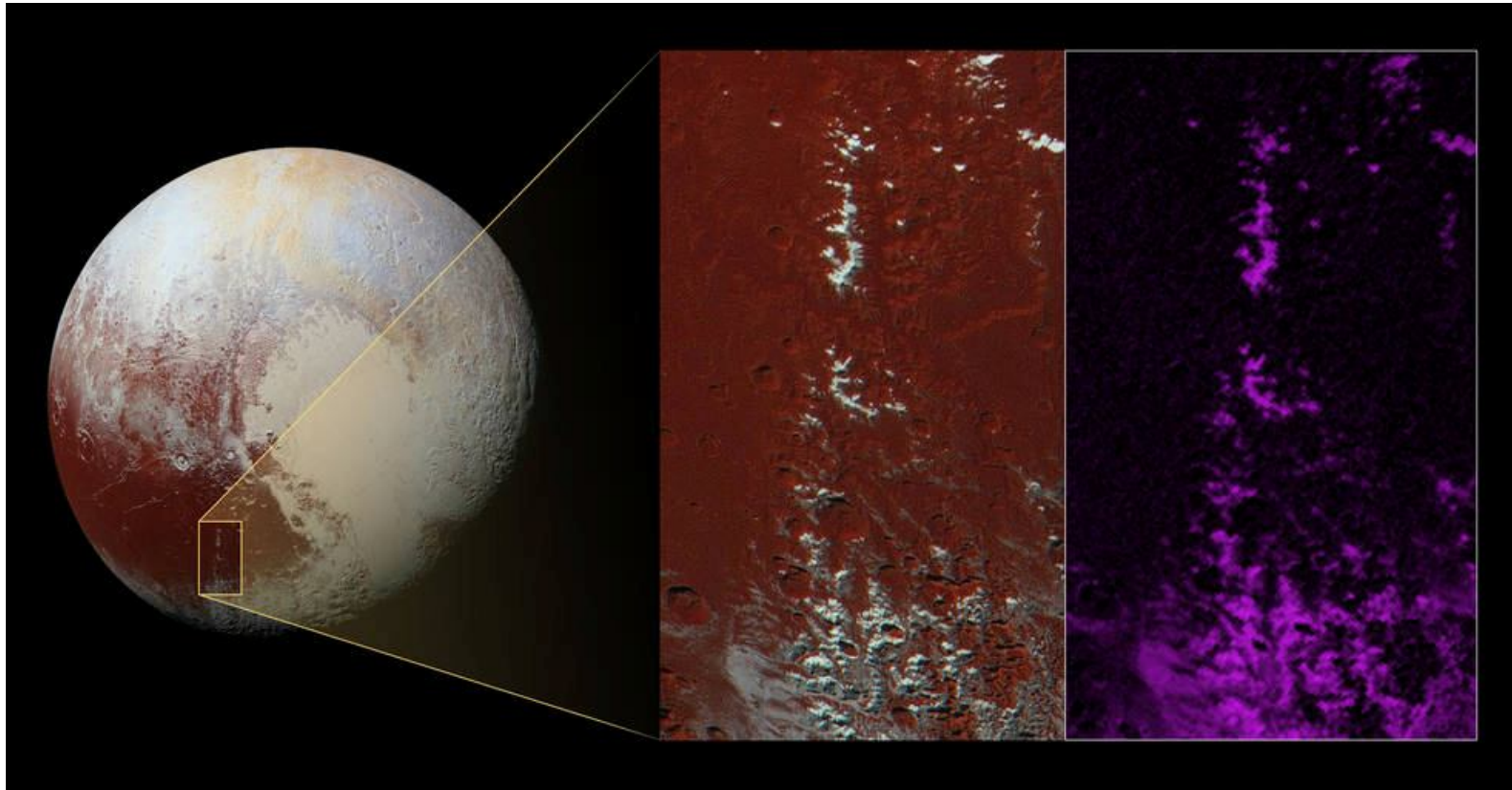
Capas de la atmósfera de Plutón



Montes Norgay (primer plano) y Hillary (al fondo), hasta 3500 m altitud , y la llanura helada Sputnik Planum



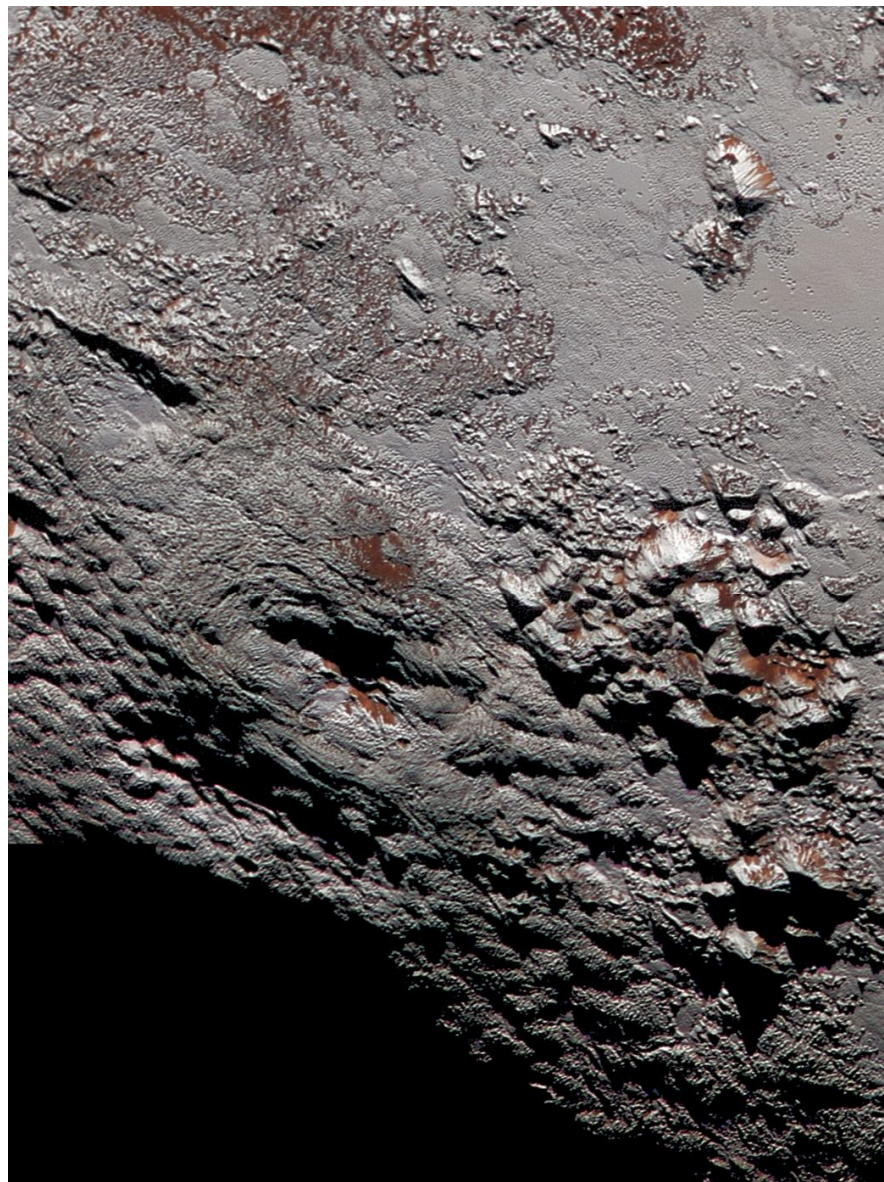
Nieblas a la puesta de Sol



Cimas nevadas (metano) en las cordilleras de Cthulhu Regio



Plutón con la característica Sputnik Planum



Criovolcán (Monte Wright)

¿EXOMETEOROLOGÍA?

Los ‘exometeorólogos’ van a encontrarse en un futuro inmediato con escenarios muy diferentes a los de La Tierra, con mundos exóticos radicalmente distintos a los conocidos hasta ahora, y una cantidad innumerable de atmósferas que estudiar y analizar.

Se encontrarán casos de planetas gaseosos gigantes con unas atmósferas similares a las de Júpiter, con órbitas muy próximas a su estrella, girando alrededor de ellas en pocos días, posiblemente con rotación capturada dejando permanentemente un hemisferio en la oscuridad y el otro sometido siempre al calor y radiación de su ‘sol’. También son posibles supertierras con océanos globales y atmósferas densas, el abanico de posibilidades es muy grande, y experiencias como Venus o Marte, o la catástrofe descubierta recientemente en ‘próxima centauri’, nos deberían poner en guardia para cuidar nuestro planeta, nuestro medio ambiente y ser conscientes de nuestra fragilidad, y la exposición cierta a potenciales situaciones dramáticas para nuestra existencia y supervivencia.

El estudio comparado de cientos de millones de exoplanetas, y de sus atmósferas, nos va a permitir comprender mucho mejor el comportamiento de la atmósfera terrestre y de nuestro planeta, y ser conscientes de los efectos de la contaminación y de la sobreexplotación de los recursos naturales en nuestras vidas. y sin duda dará lugar a nuevas disciplinas científicas como la exometeorología.

¡MUCHAS GRACIAS!

“JULIO SOLÍS GARCÍA” (JSOLISG@AEMET.ES)

-CENTRO METEOROLÓGICO DE MÁLAGA (DTACM-AEMET)-

SEVILLA, 22 DE MARZO DE 2018