

Sistema Solar: la Luna

Ernesto Nicola

Curso de Iniciación a la Astronomía 2022, 1er trimestre
Palma de Mallorca, 2022-03-03



Contenido de la charla

- 1 Tamaño y Distancia de la Luna
 - Tamaño
 - Distancia
- 2 Movimiento de la Luna
 - Órbita
 - Fases
 - Mareas
 - Libraciones
 - Eclipses
- 3 Relieve de la Luna
 - Los Maria y las Tierras Altas
 - El Relieve de la Cara Oculta
- 4 Formación y Evolución Temprana de la Luna
 - Formación
 - Evolución Temprana y la Formación de los Maria
- 5 Geografía de la Luna
 - Introducción a la Geografía de la Luna
 - Origen de los Nombres de las Características Lunares

1. Tamaño y Distancia de la Luna

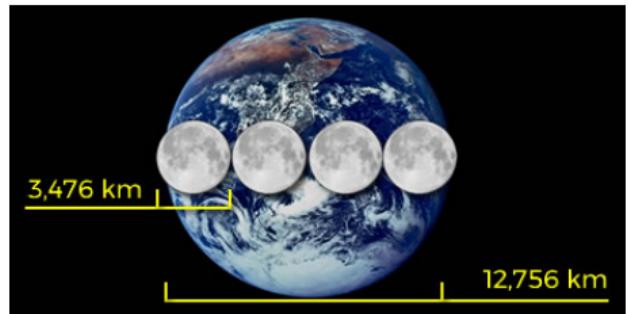
1. Tamaño y Distancia de la Luna

El Tamaño de la Luna

La Tierra es 4 veces más grande que la Luna



- **El diámetro de la Luna es 1/4 del diámetro de la tierra**
- Diámetro:
 - Luna 3 500 km
 - Tierra 12 700 km
- Perímetro
 - Luna 10 000 km
 - Tierra 40 000 km



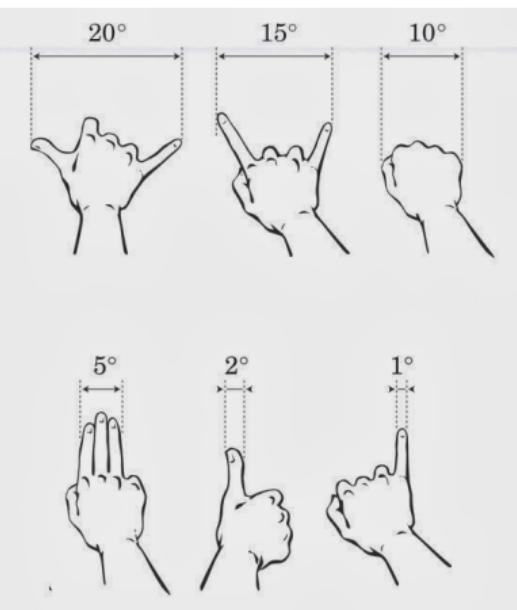
Fotos de la Luna y la Tierra desde Satélites Artificiales



Foto desde el satélite DSCOVR de la NASA en 2015

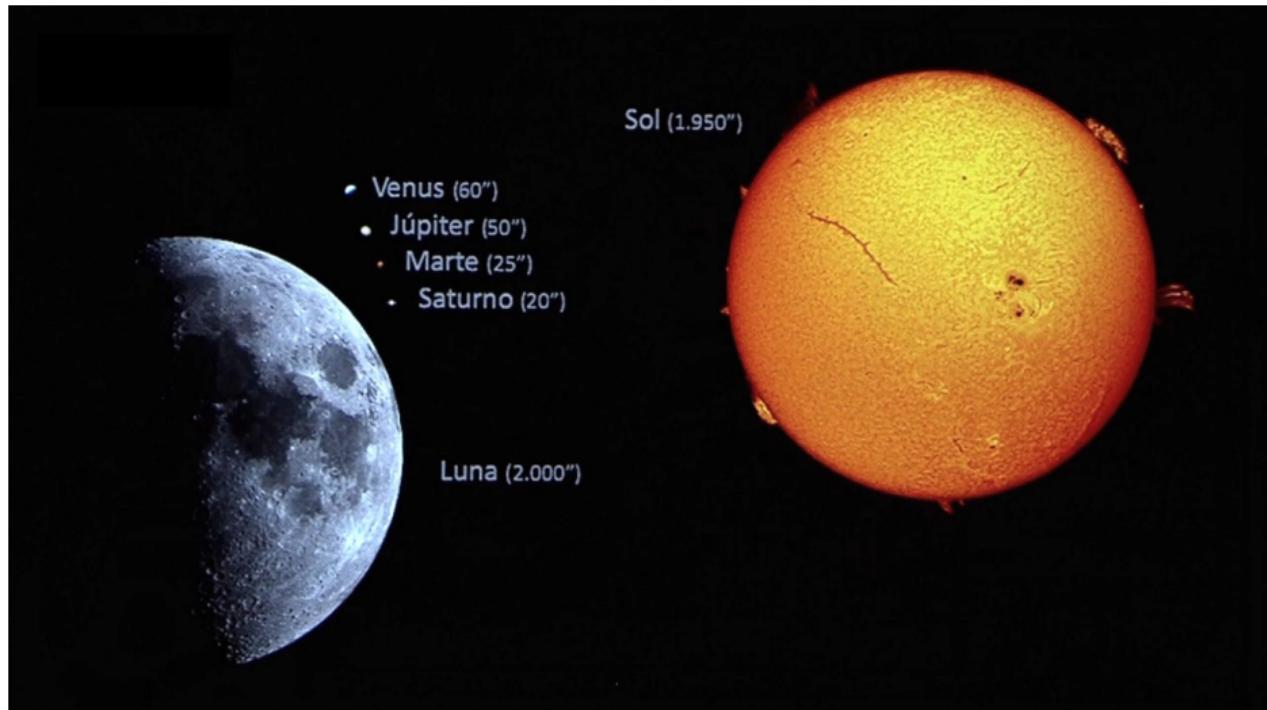


El Tamaño Aparente de la Luna en el Cielo



- El tamaño aparente de la luna en el cielo es de $1/2^\circ$
 - $1/2^\circ$ es un poco menos que el ángulo determinado por la punta del dedo meñique con el brazo totalmente extendido.
 - El tamaño aparente de la Luna es siempre de $1/2^\circ$; no depende de su ubicación en el cielo (pero nuestro cerebro piensa distinto!)

El Tamaño Aparente de la Luna



- El tamaño aparente de la Luna en el cielo es aproximadamente igual al tamaño aparente del Sol
- Esto es solo una coincidencia: en realidad el Sol es muchísimo mas grande (400 veces), pero también está muchísimo mas lejos (también 400 veces!)

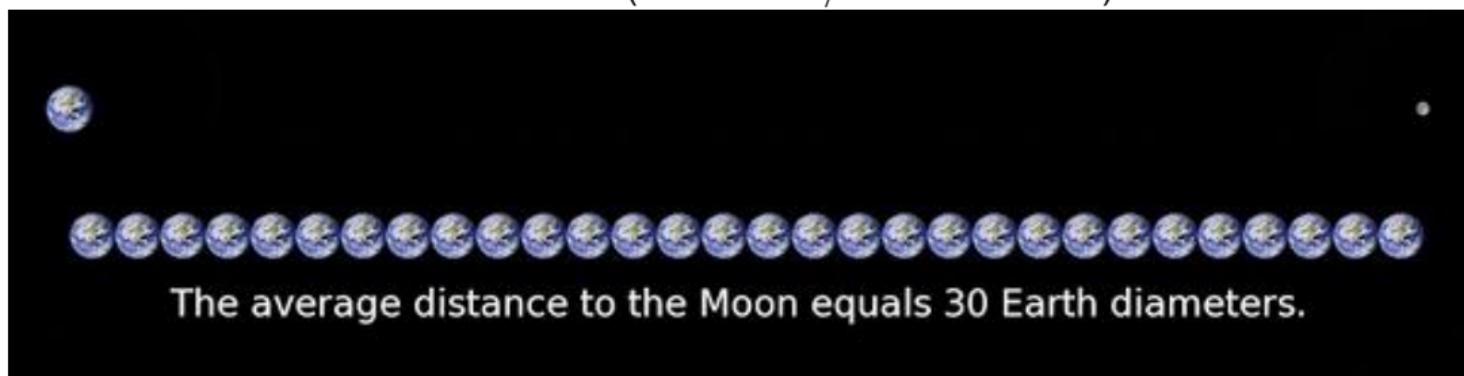
1. Tamaño y Distancia de la Luna

La Distancia de la Luna

Distancia entre la Luna y la Tierra

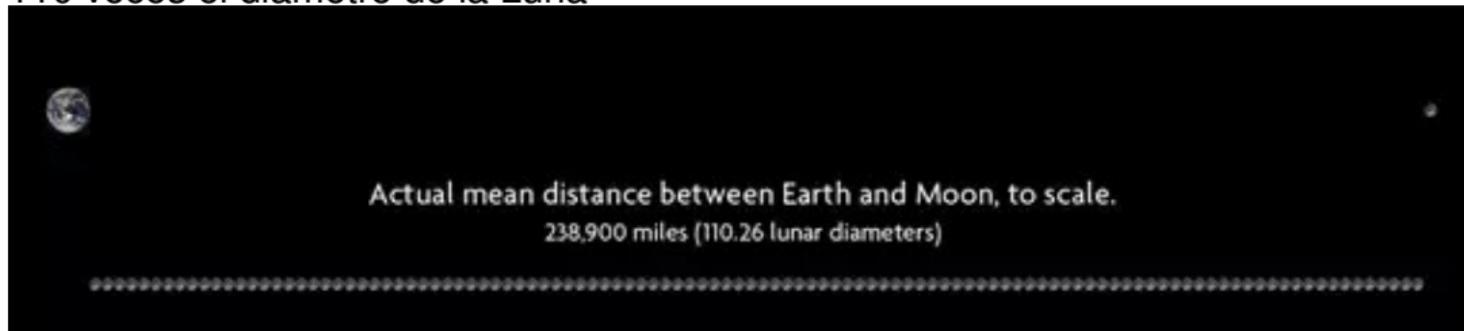
Distancia Tierra-Luna:

- $380\,000 \text{ km} = 1,2 \text{ segundos-luz}$ (vel. luz=300 000 km/s)
- **30 veces el diámetro de la Tierra** ($380000\text{km}/12700\text{km} \approx 30$)



The average distance to the Moon equals 30 Earth diameters.

- 110 veces el diámetro de la Luna



Actual mean distance between Earth and Moon, to scale.

238,900 miles (110.26 lunar diameters)

Distancia entre la Luna y la Tierra



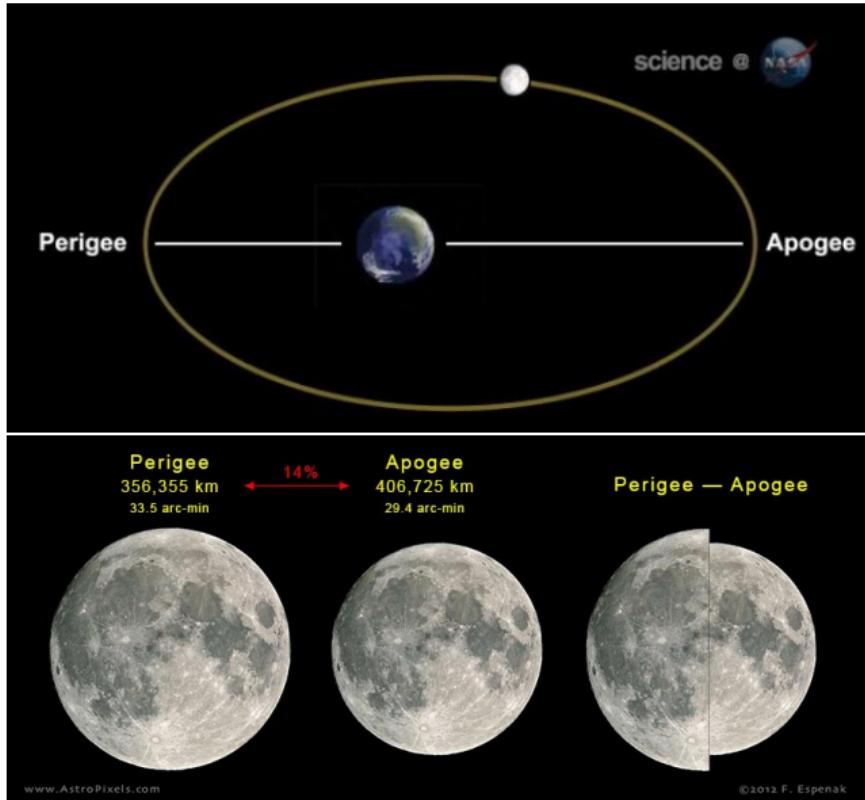
2. Movimiento de la Luna

2. Movimiento de la Luna

Órbita

La Órbita de la Luna

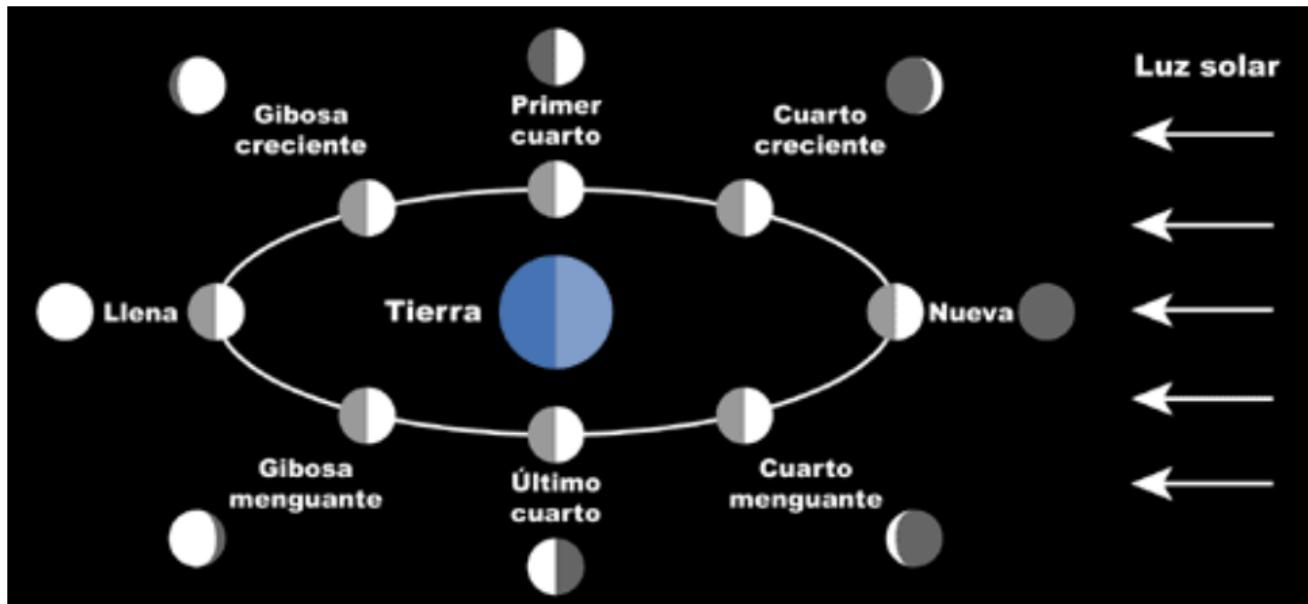
- La órbita de la Luna alrededor de la Tierra es **elíptica**
- El punto más cercano a la Tierra se llama **Perigeo** y el más lejano **Apogeo**
- La diferencia de tamaño aparente de la Luna entre Perigeo y Apogeo no es grande (ya que la órbita elíptica se aproxima bastante a un círculo)
 - Diferencia de diámetro de 14%
 - Superluna vs. Miniluna



2. Movimiento de la Luna

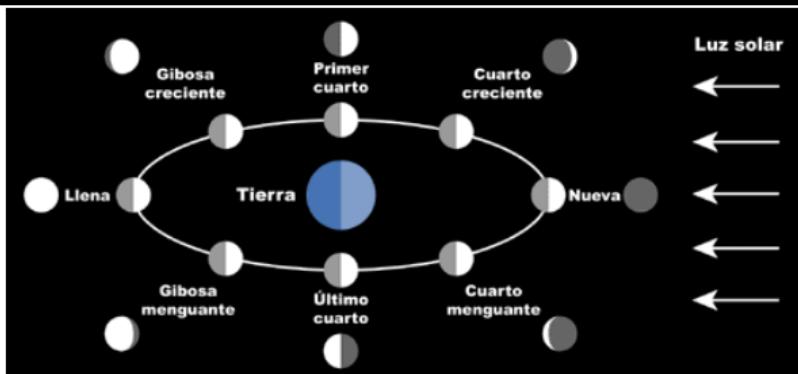
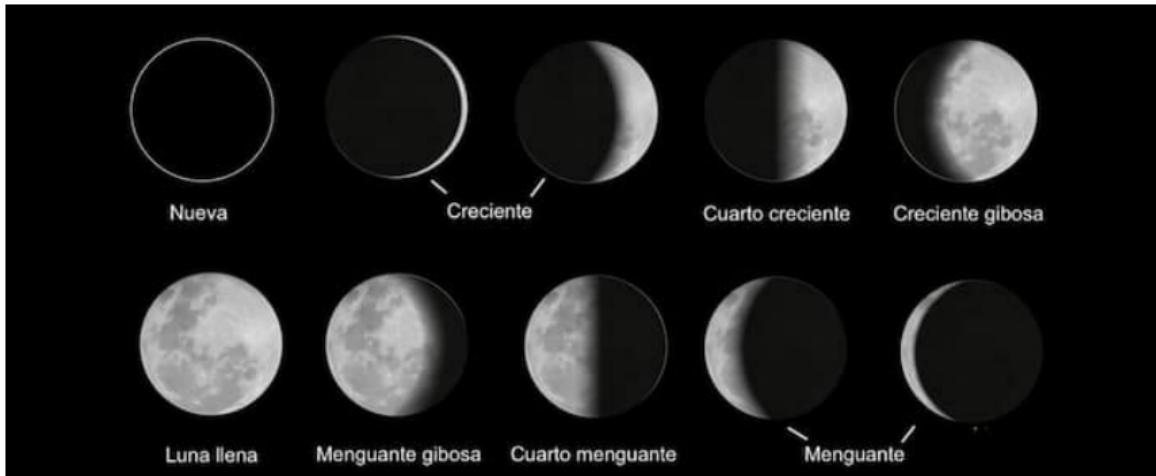
Fases

La Rotación de la Luna alrededor de la Tierra



- La Luna tarda 29,53 días en dar una vuelta alrededor de la Tierra (el llamado "período sinódico") → de aquí deriva el concepto de mes!
- La parte iluminada de la Luna que vemos desde la Tierra cambia a lo largo del mes (el período de lunación)

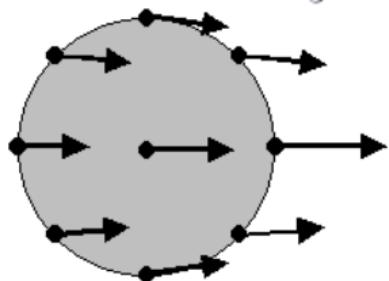
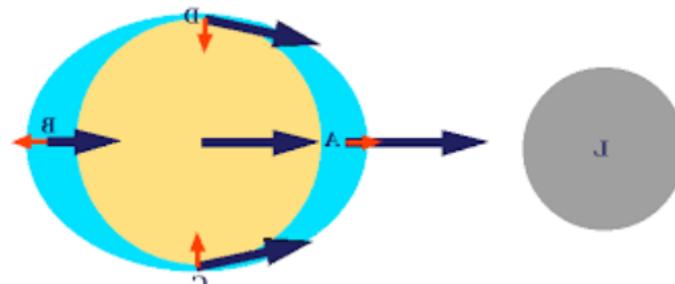
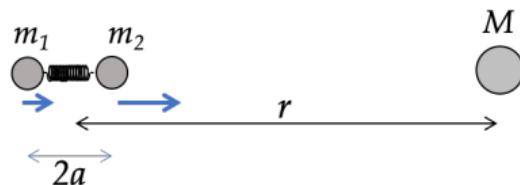
Fases de la Luna



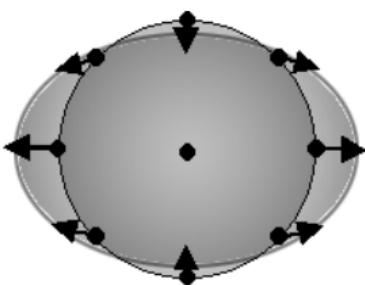
2. Movimiento de la Luna

Mareas

Fuerzas de Marea



Forces relative to the Sun (or primary body)



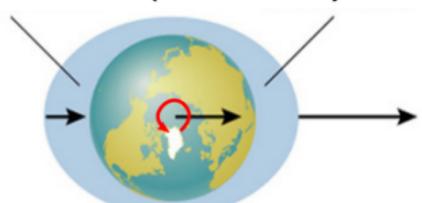
Forces relative to the center of the Earth

- La fuerzas de marea aplicadas a una esfera la transforman en un elipsoide ("balón de Rugby")

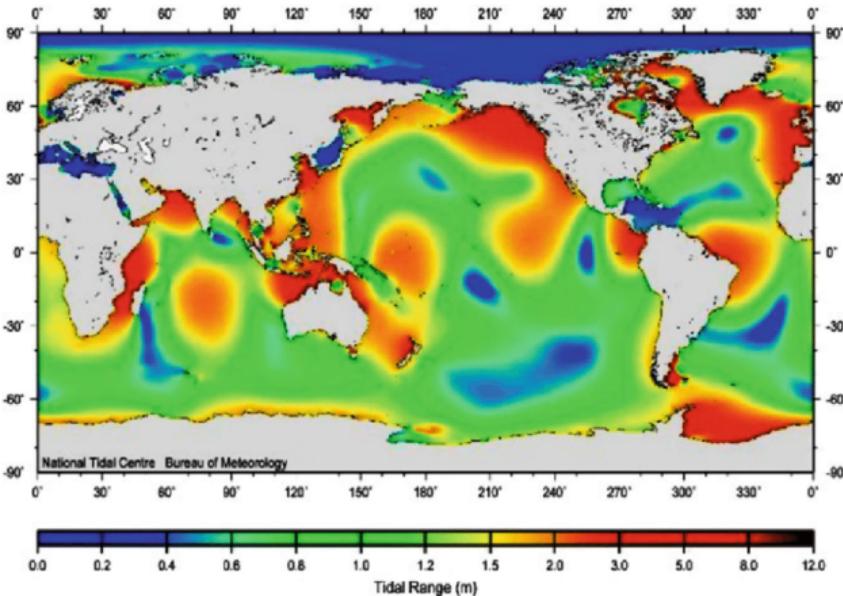
Mareas Terrestres

Pleamar (marea alta) vs Bajamar (marea baja)

Pleamar (marea alta)



Bajamar (marea baja)

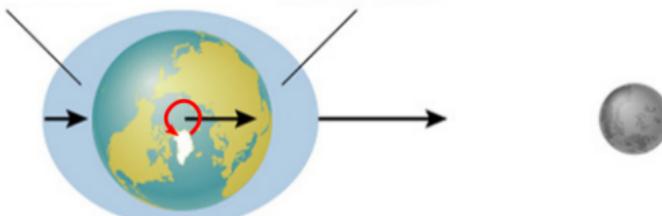


- Las fuerzas de marea que la Luna genera sobre la Tierra provocan las mareas.
- Cada 24 h hay 2 mareas altas y 2 mareas bajas.
- Las variaciones del nivel del mar entre marea alta y baja pueden llegar a ser de más de 12 m (depende fuertemente del punto del globo)
- También provocan una deformación de la corteza terrestre (variaciones de 30cm)

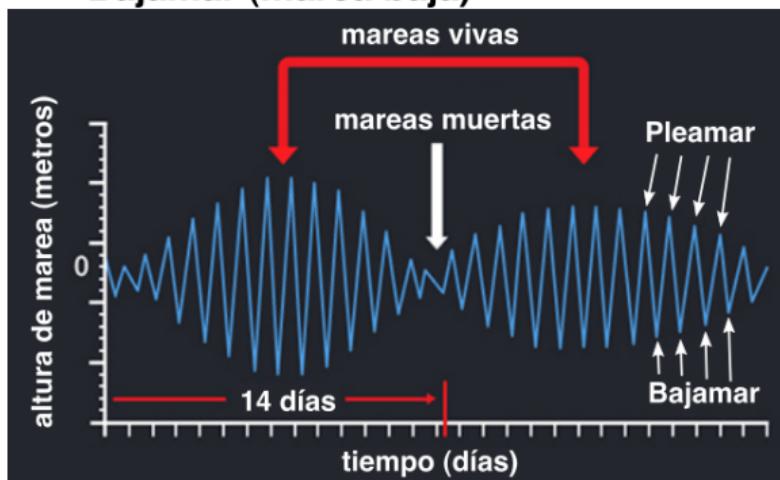
Mareas Terrestres

Mareas vivas vs mareas muertas

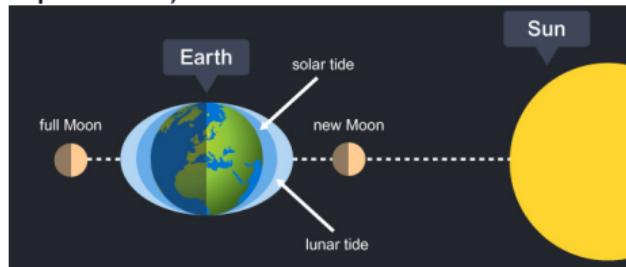
Pleamar (marea alta)



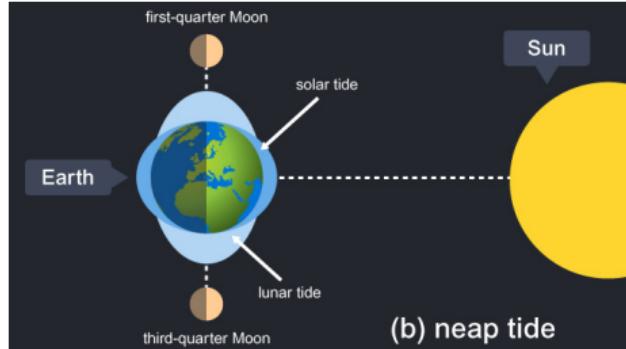
Bajamar (marea baja)



- mareas vivas (de Conjunción y de Oposición)



- mareas muertas

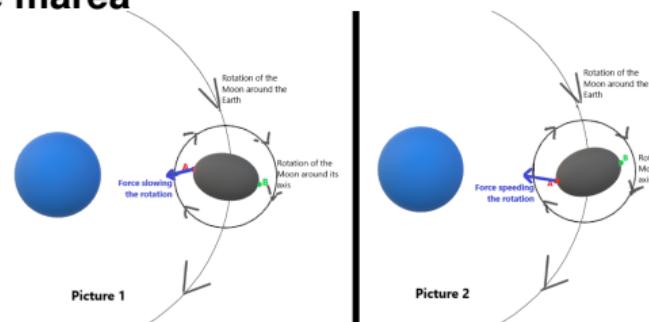


- El Sol también tiene un efecto en mareas, modulando su amplitud máx. y mín.

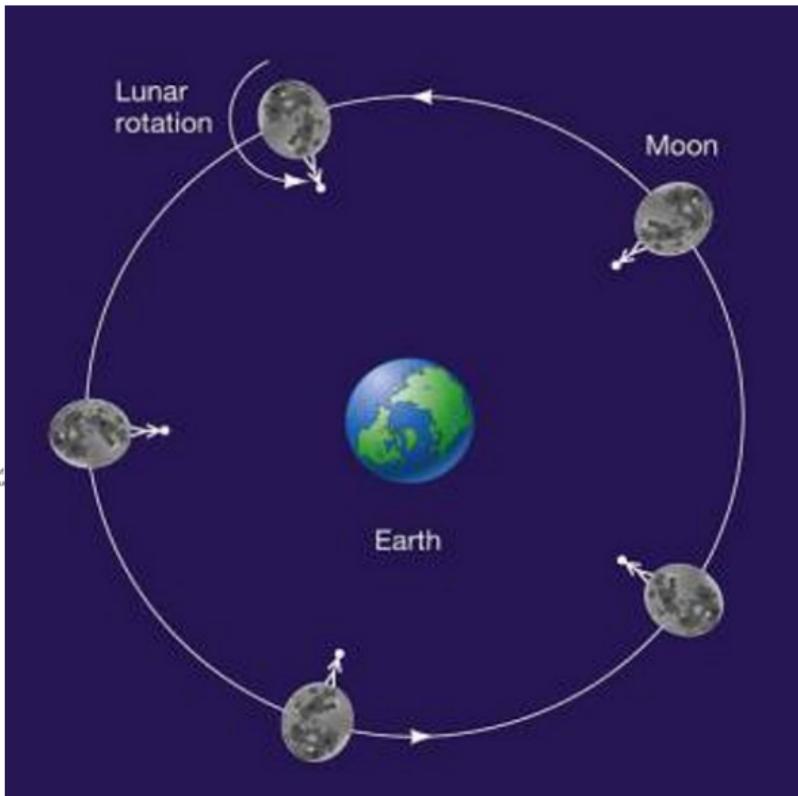
Sincronización de la rotación y la órbita de la Luna

Acoplamiento de marea

- Las fuerzas de marea de la Tierra provocan que la Luna tenga una ligera forma de elipsoide
- Con el tiempo el elipsoide termina alineado con la dirección Tierra-Luna: este fenómeno se llama **acoplamiento de marea**



- Tiempo que tarda la Luna en rotar 360° = Tiempo que tarda la Luna en recorrer su órbita alrededor de la Tierra ("día lunar" = "año lunar")



¡La Luna nos muestra siempre la misma cara!



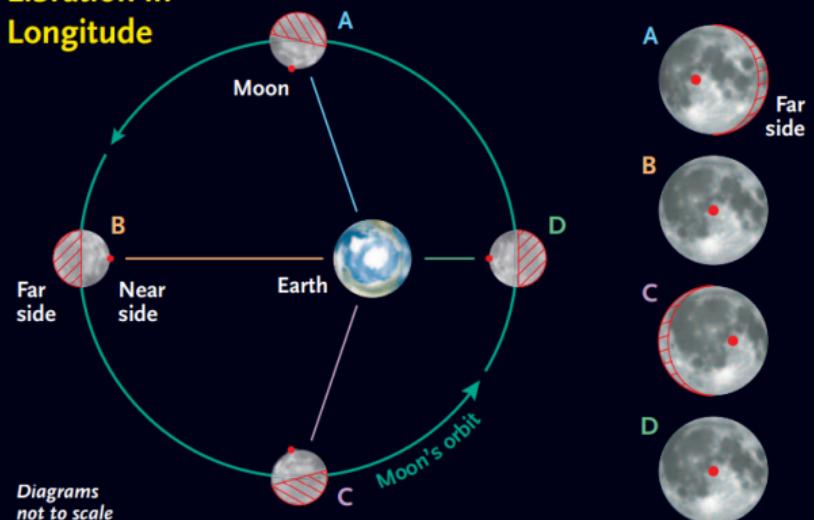
- El fenómeno de **acoplamiento de marea** de la Luna genera una **cara visible** desde la Tierra y otra **cara oculta**

2. Movimiento de la Luna

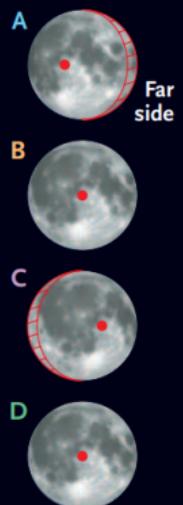
Libraciones

Libraciones de la Luna: "El Titubeo de Galileo"

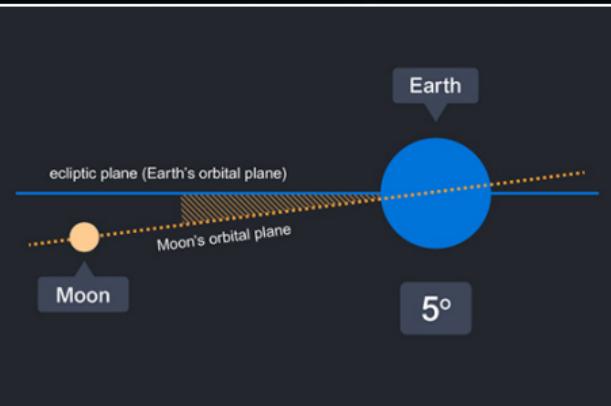
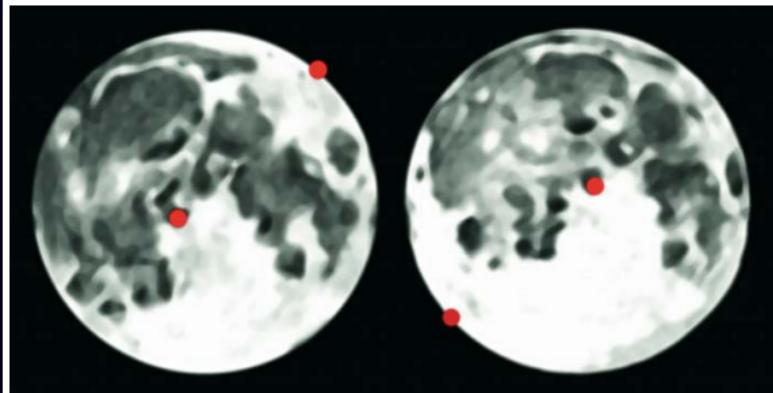
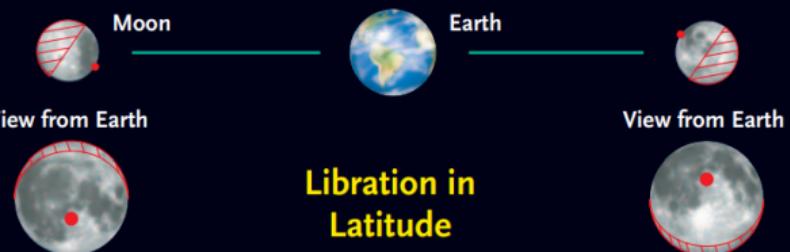
Libration in Longitude



Views from Earth



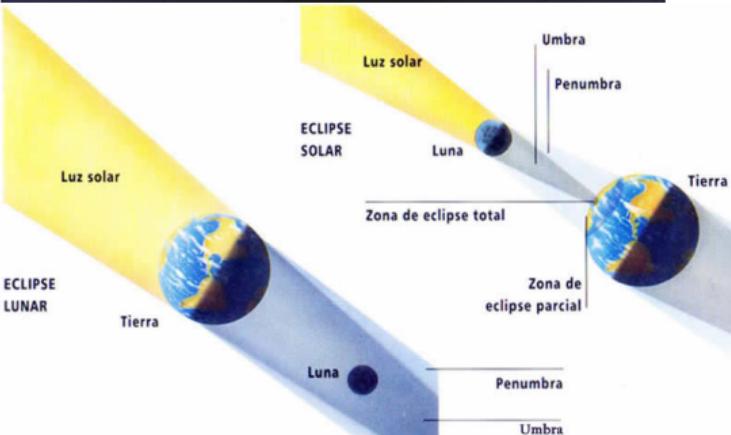
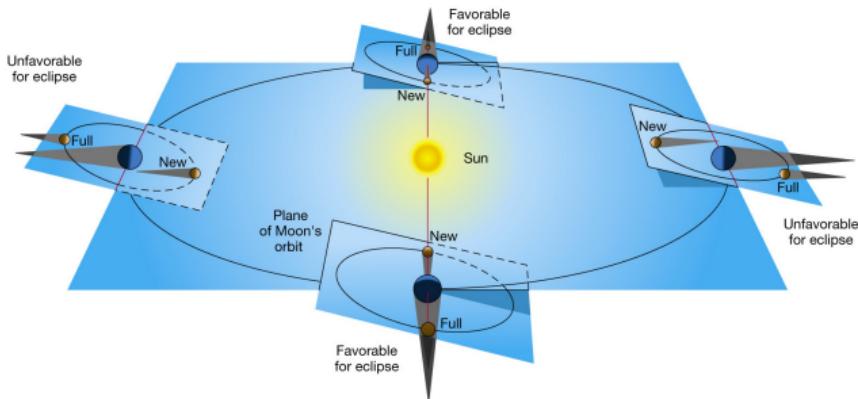
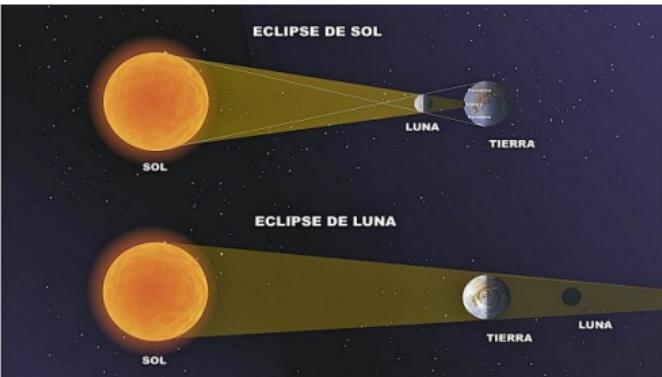
Libration in Latitude



2. Movimiento de la Luna

Eclipses

Eclipses de Luna y Eclipses de Sol



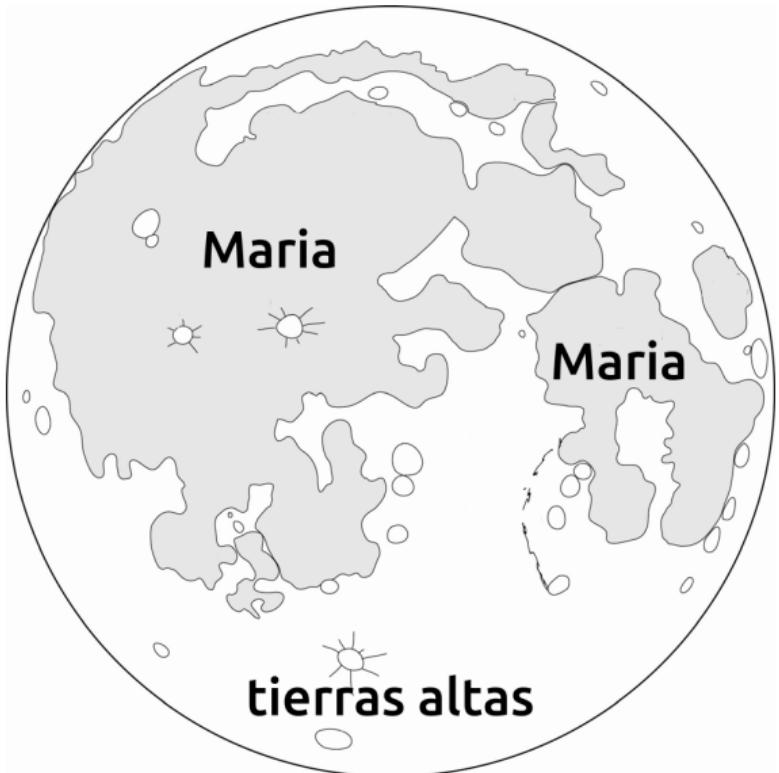
- Los Eclipses solo ocurren esporádicamente porque la órbita de la Luna no está exactamente en el mismo plano que la órbita de la Tierra alrededor del Sol (la órbita esta desviada $5,14^{\circ}$ de la Eclíptica)
 - 1 **Eclipse de Luna:** puede ser visto (de noche) desde cualquier parte de la Tierra
 - 2 **Eclipse de Sol:** Típicamente el diámetro de la **umbra** es 100–160 km mientras que la **penumbra** es más grande que 6400 km.

3. Relieve de la Luna

3. Relieve de la Luna

Los Maria y las Tierras Altas

El Relieve Lunar: María y Tierras Altas



- La superficie de la luna hay por dos tipos de regiones: claras y oscuras:
 - Zonas oscuras: **Maria**
 - Zonas claras: **Tierras Altas**

El Relieve de la Luna: María y Tierras Altas

foto del Apolo 17



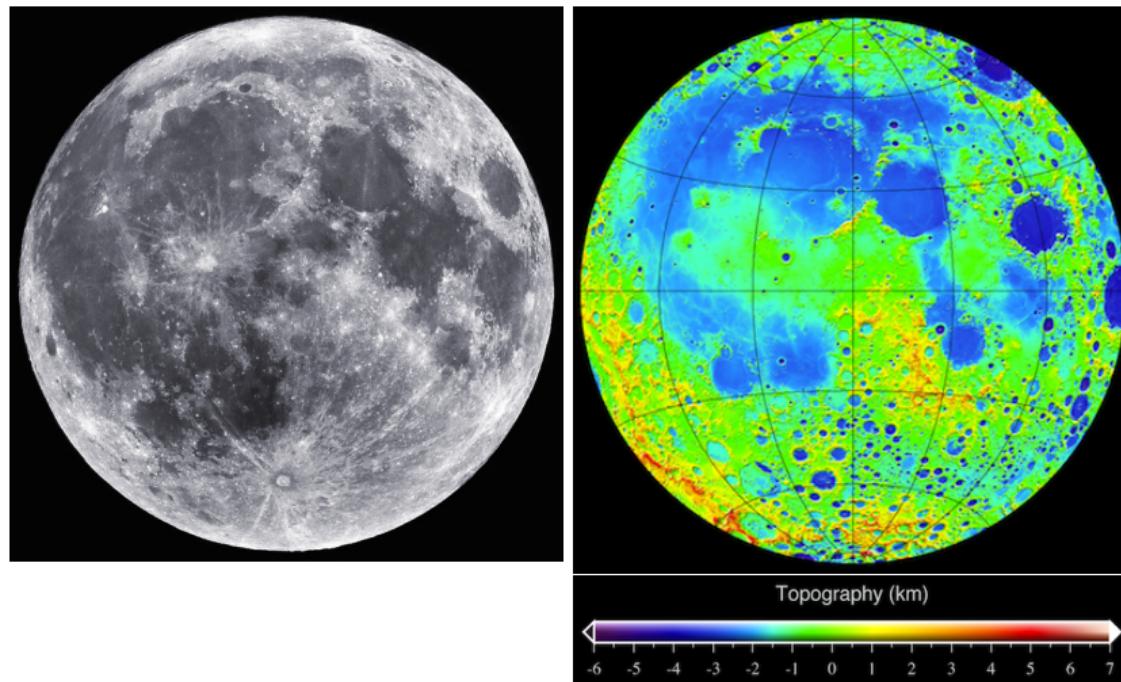
foto del orbitador SELENE



- **Maria** (forma singular *Mare*): son zonas relativamente **planas** (con pocos cráteres), **bajas y oscuras**.
- **Tierras Altas** (en latín *terrae*; forma singular *terra*): son zonas **claras de mayor elevación** que están cubiertas por muchos cráteres y algunas montañas

El Relieve de la Luna: Elevación de los Maria y las Tierras Altas

- Hay una alta correlación entre la coloración de la superficie lunar y su altitud:

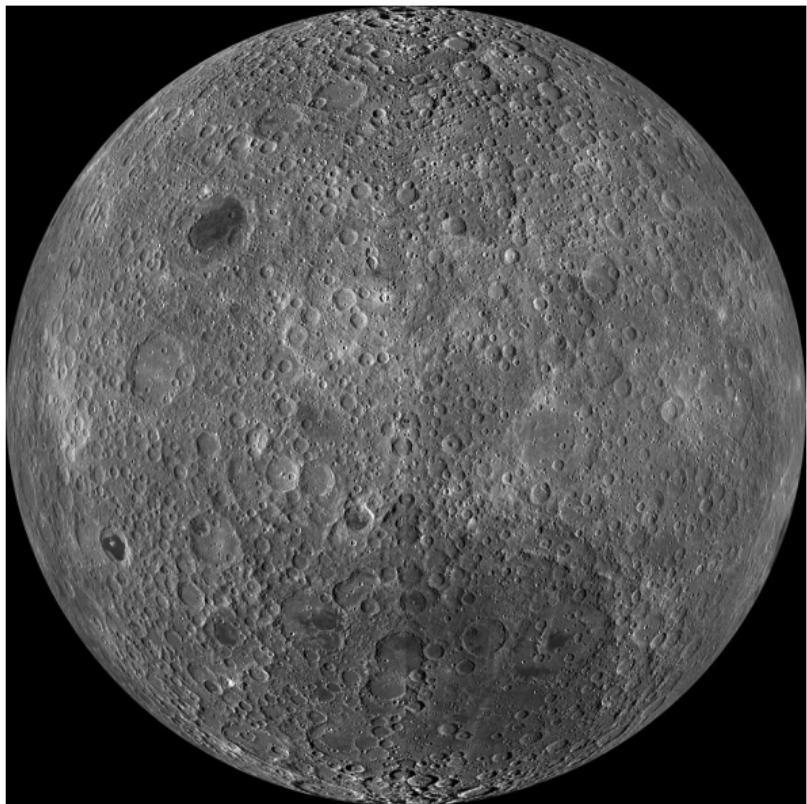
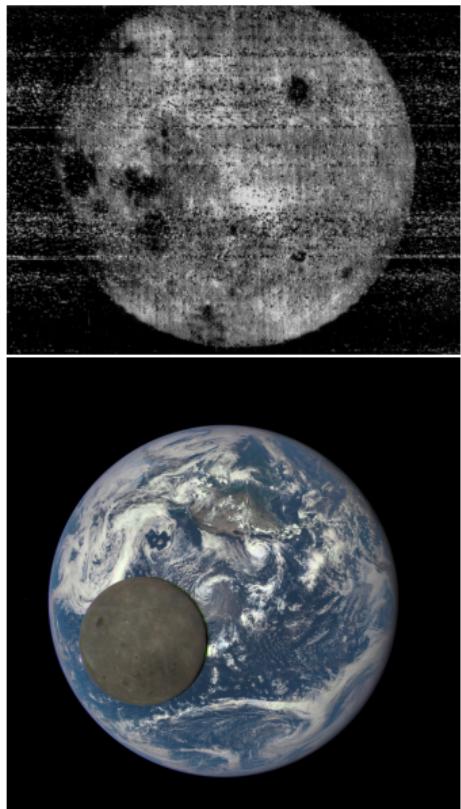


- **Maria:** Zonas oscuras, bajas y relativamente planas (planicies)
- **Tierras Altas:** Zonas claras de mayor elevación que están cubiertas por muchos cráteres y algunas cadenas de montañas
 - Las tierras altas también reciben el nombre de **terrae** (del latín *tierra*; forma singular: *terra*).

3. Relieve de la Luna

El Relieve de la Cara Oculta

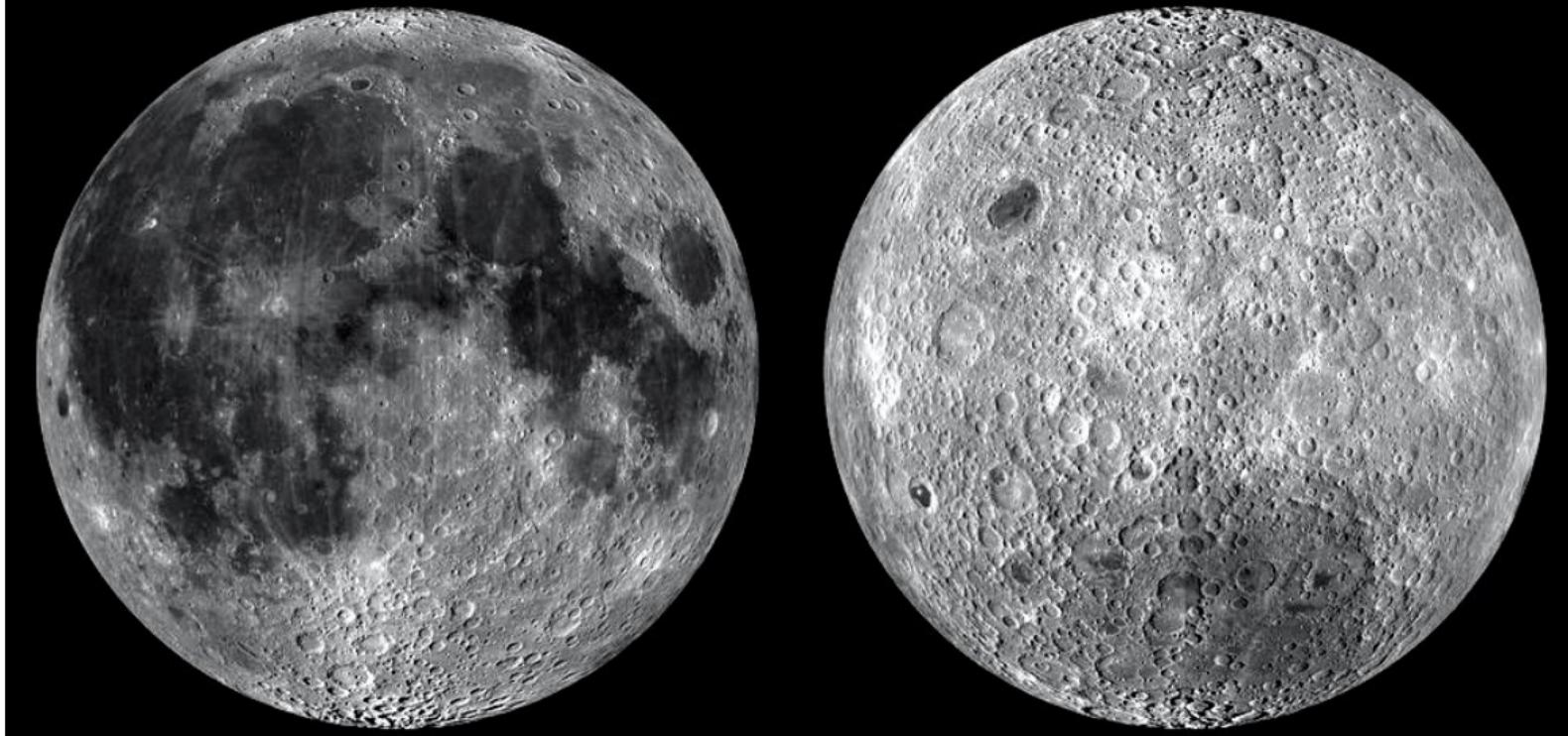
El Relieve Lunar: Cara oculta de la Luna



- En 1959 el satélite soviético "Luna 3" orbitó la Luna sacando la primera foto de la cara oculta.

El Relieve Lunar: Cara oculta de la Luna

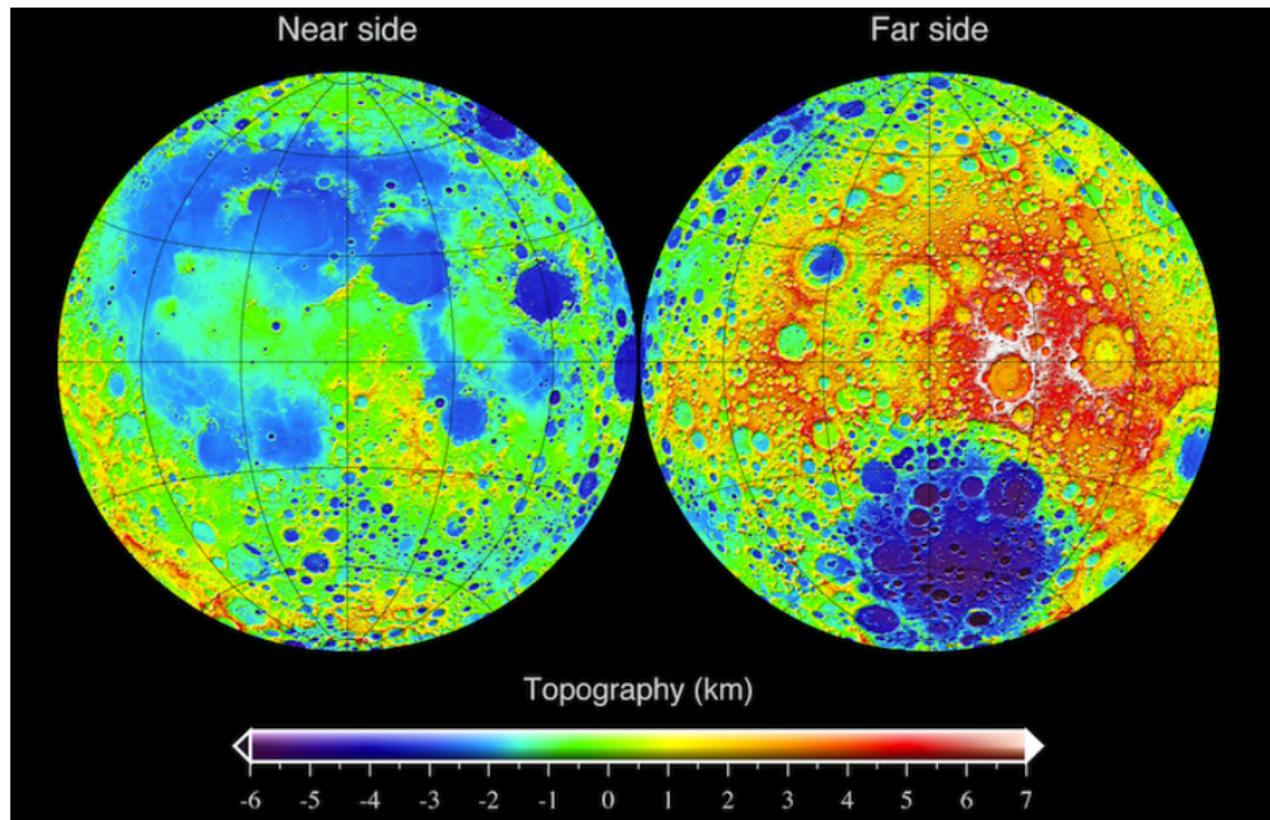
La cara oculta y la visible son muy distintas!



- La cara oculta de la luna prácticamente no tiene maria y está completamente cubierta de cráteres

El Relieve Lunar: Cara oculta de la Luna

La cara oculta y la visible son muy distintas!



- La cara oculta de la Luna tiene grandes diferencias de altitud.

Los Maria y las Tierras Altas

Preguntas sobre los Maria y las Tierras Altas:

- ① ¿En qué se diferencian?
- ② ¿Cómo se formaron?
- ③ ¿Por qué los Maria son oscuros y las Tierras Altas claras?
- ④ ¿Por qué los Maria son mas bien planos y las Tierras Altas rugosas?
- ⑤ ¿Por qué hay más cráteres en las Tierras Altas que en los Maria?
- ⑥ ¿Por qué no hay casi Marias en la cara oculta?

¡Para responder a estas preguntas debemos entender la formación y evolución temprana de la Luna!

4. Formación y Evolución Temprana de la Luna

4. Formación y Evolución Temprana de la Luna

Formación

¿Cómo se formó la Luna?

Durante la historia ha habido muchas hipótesis:

1 Teoría de **co-acrección**:

- Teoría: La Luna y Tierra se formaron al mismo tiempo a partir de una misma nube de polvo. La mayor parte de la nube terminó formando la tierra y una pequeña parte formó primero un anillo que con el paso del tiempo terminó formando la Luna.
- Problema: La Tierra contiene mucho más hierro y níquel que la Luna

2 Teoría de la **fisión**:

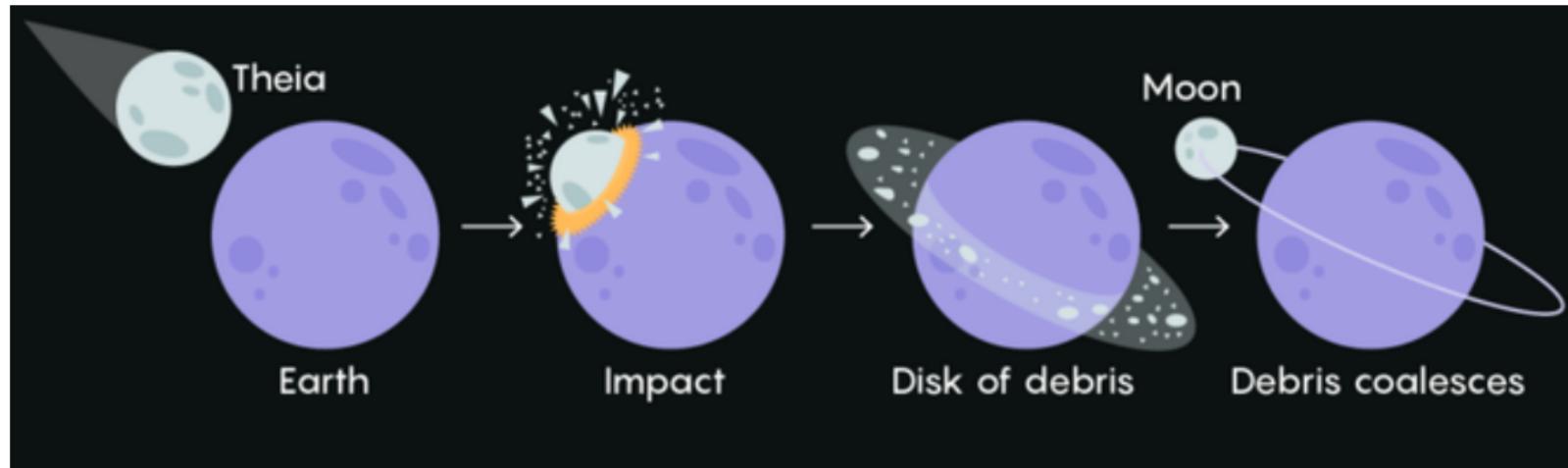
- Teoría: La Tierra joven rotaba a tal velocidad que parte de la corteza terrestre fue arrancada para formar un anillo y después formar la Luna
- Problema: La órbita de la luna no es perpendicular al eje de rotación de la tierra

3 Teoría de la **captura**:

- Teoría: La Luna se formó en otra región del sistema solar y fue capturada por la Tierra
- Problema: Esta teoría tiene problemas para explicar que la composición de las rocas lunares y terrestres es muy parecida (salvo en que la Tierra contiene muchísimo más hierro y níquel en su núcleo)

La teoría más extendida actualmente: **Teoría del gran impacto**

¿Cómo se formó la Luna?: Teoría del gran impacto



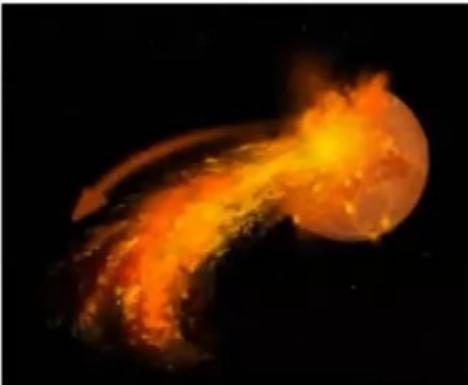
- Un planeta del tamaño de Marte (llamado Tea/Theia) chocó con la proto-Tierra hace unos 4,500 millones de años;
- Colisión lateral: El impacto fue "de lado", rozando la proto-Tierra
- La mayor parte del material despedido era parte de la corteza de la proto-Tierra y rápidamente se formó un satélite: la Luna
- Esta teoría explica que el material que compone la Luna es muy similar al de la Tierra (pero no exactamente igual ya que también contiene los restos de Tea)

¿Cómo se formó la Luna?: Teoría del gran impacto

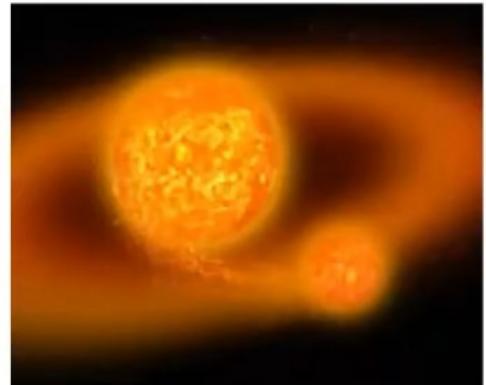
1



2



3



4



5



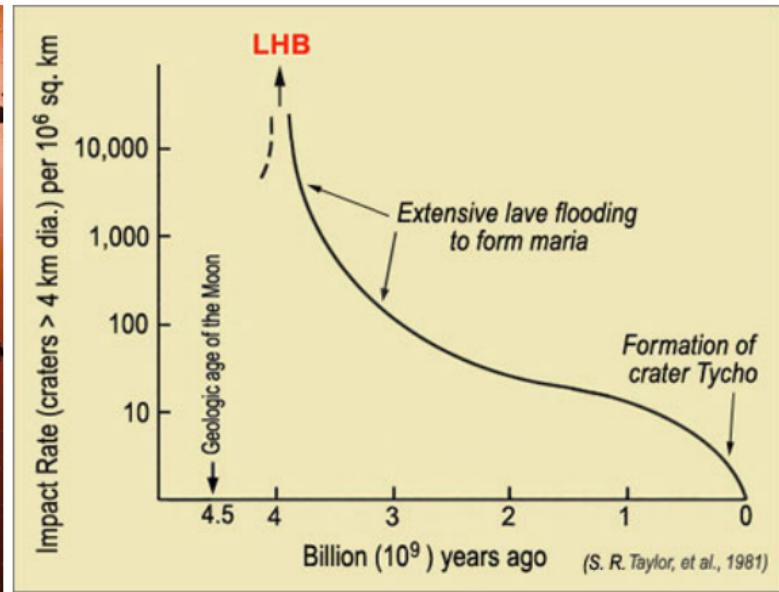
6



4. Formación y Evolución Temprana de la Luna

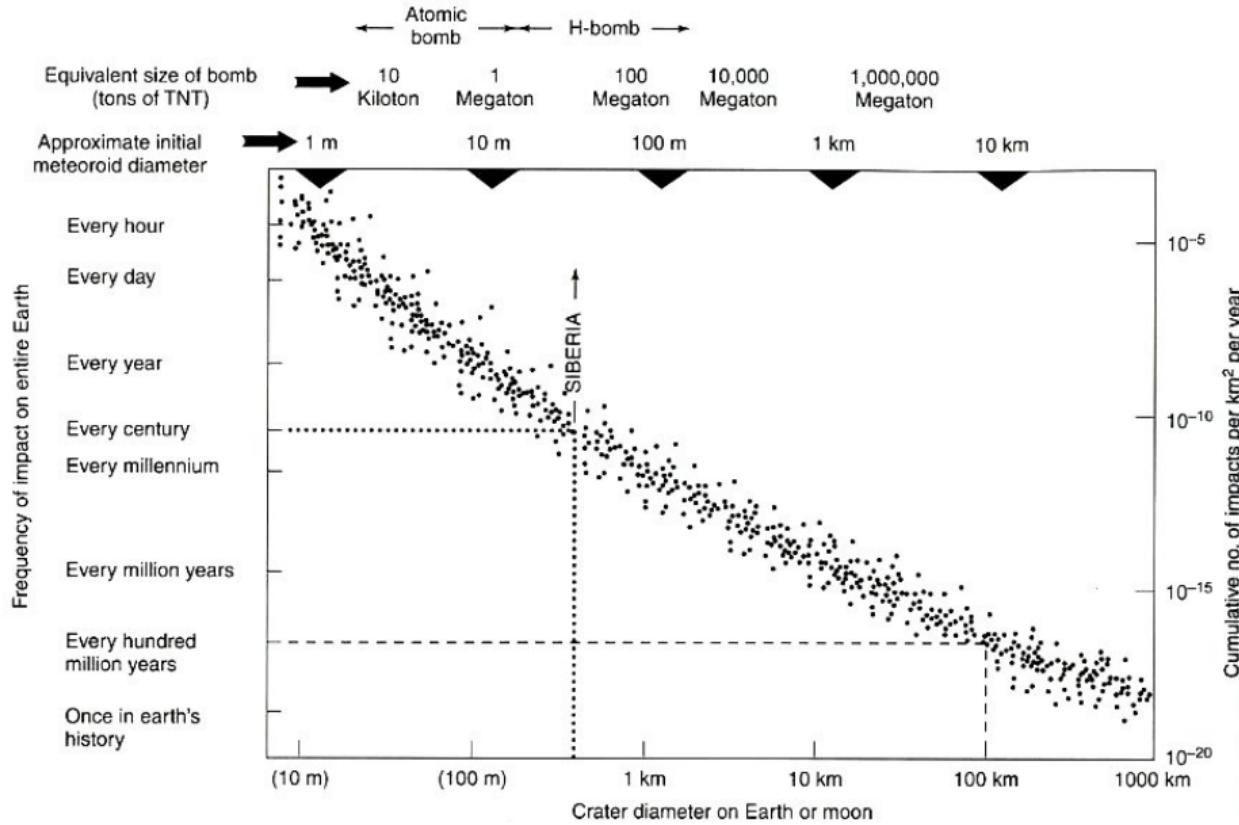
Evolución Temprana y la Formación de los Maria

Bombardeo intenso de Asteroides



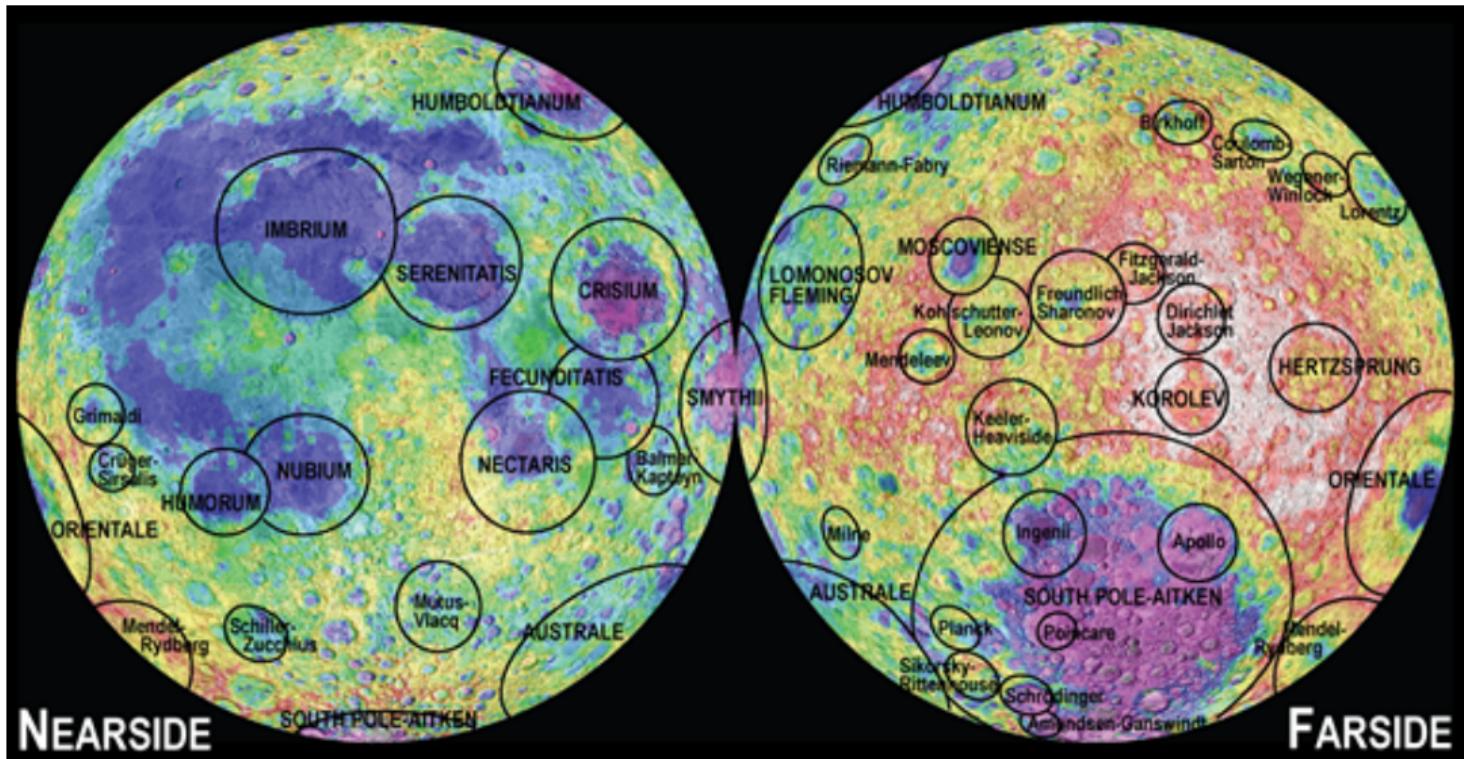
- Muy poco después del gran impacto que formó la Luna, los cuerpos del sistema solar interior (incluida la Luna) sufrieron frecuentes impactos muy violentos de grandes asteroides
- La tasa de impactos se ha ido reduciendo desde entonces

Efecto del impacto de asteroides en la Luna



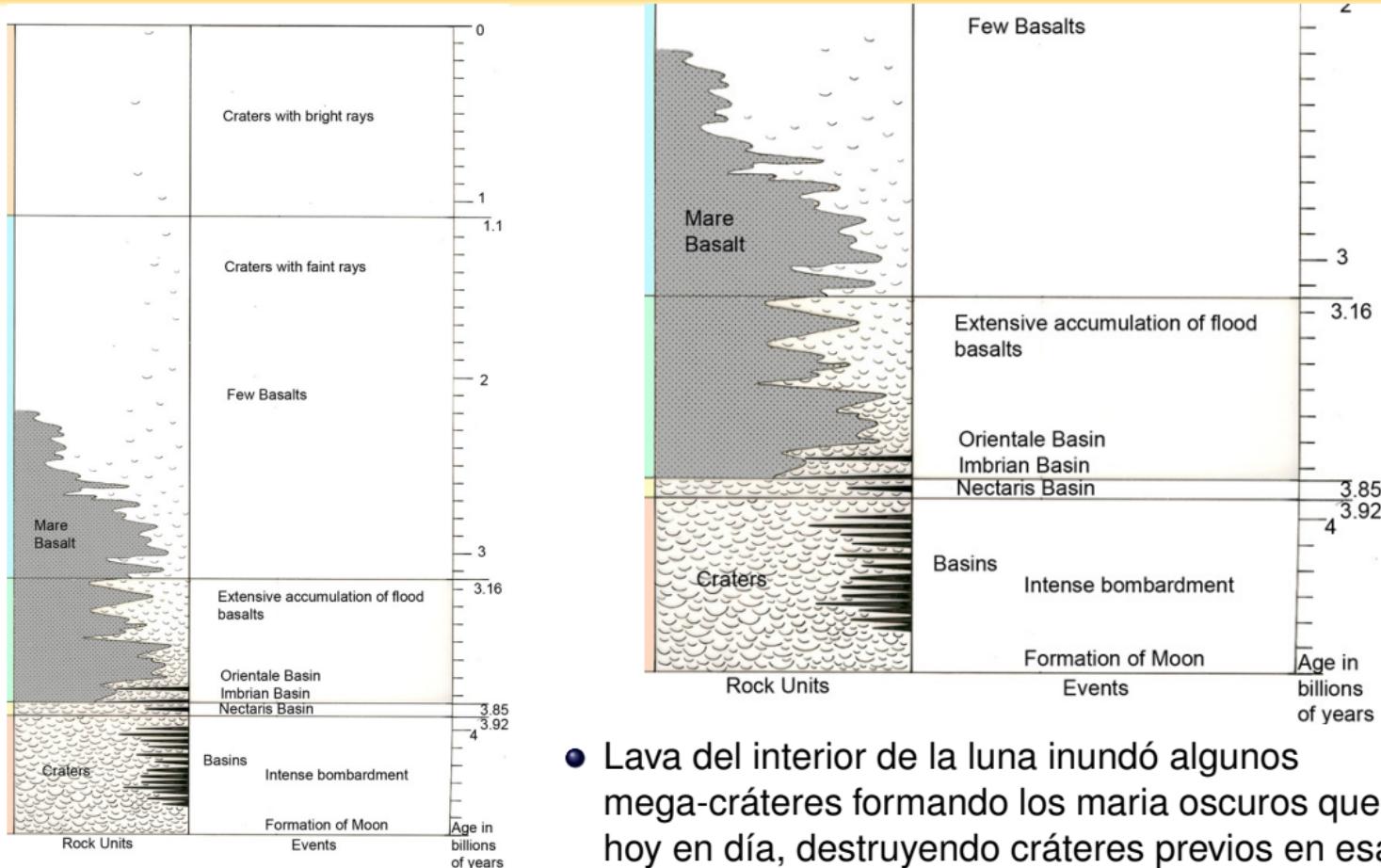
- El diámetro del cráter generado por un impacto es típicamente 10 veces más grande que el diámetro del impactador.

Cuencas de impacto



- Todas las cuencas de impacto y la mayor parte de los cráteres grandes que actualmente se observan en la Luna se crearon durante el período del bombardeo

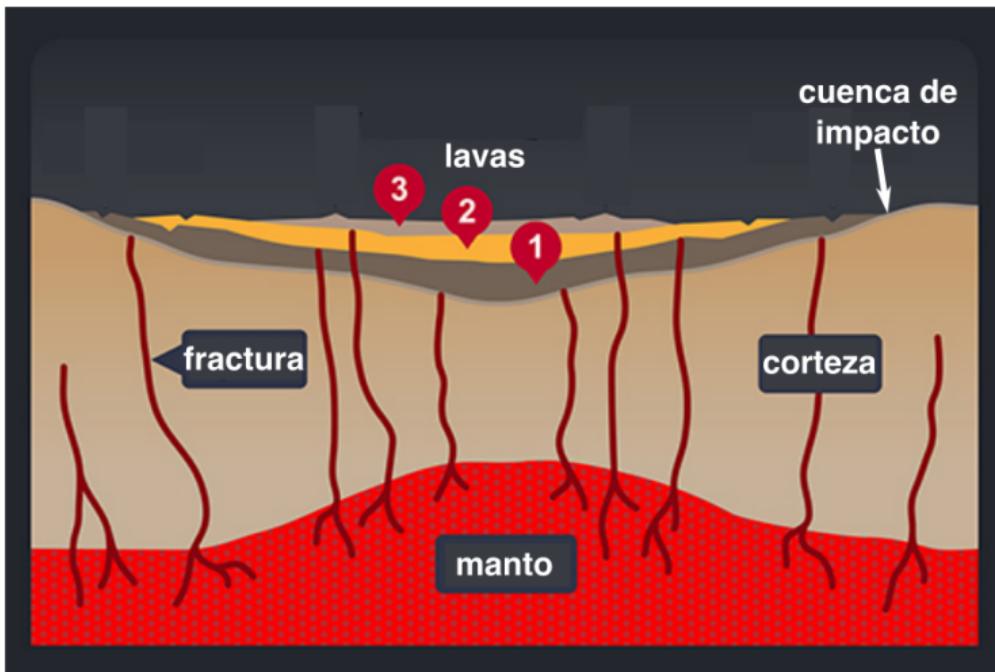
Formación de los Maria



- Lava del interior de la luna inundó algunos mega-cráteres formando los maria oscuros que vemos hoy en día, destruyendo cráteres previos en esa zona.

Formación de los Maria

Magma del manto inunda parte de las cuencas generadas por el bombardeo intenso

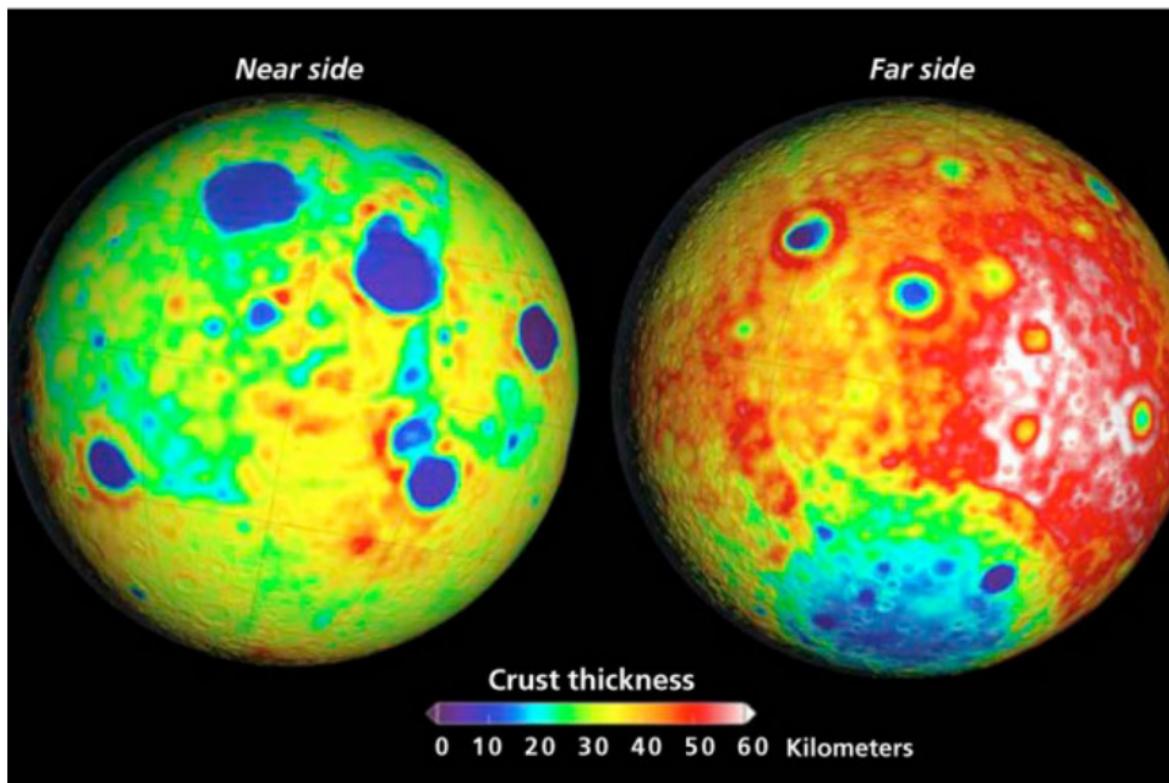


- ① inundación vieja de lava
- ② inundación intermedia de lava
- ③ inundación joven de lava

- La lava basáltica fue fluyendo a lo largo de diversos períodos, durante milenios, mucho después de que se formaran las cuencas de impacto.
- Las zonas inundadas por lava son más jóvenes que las Tierras Altas circundantes

Grosor de la Corteza de la Luna

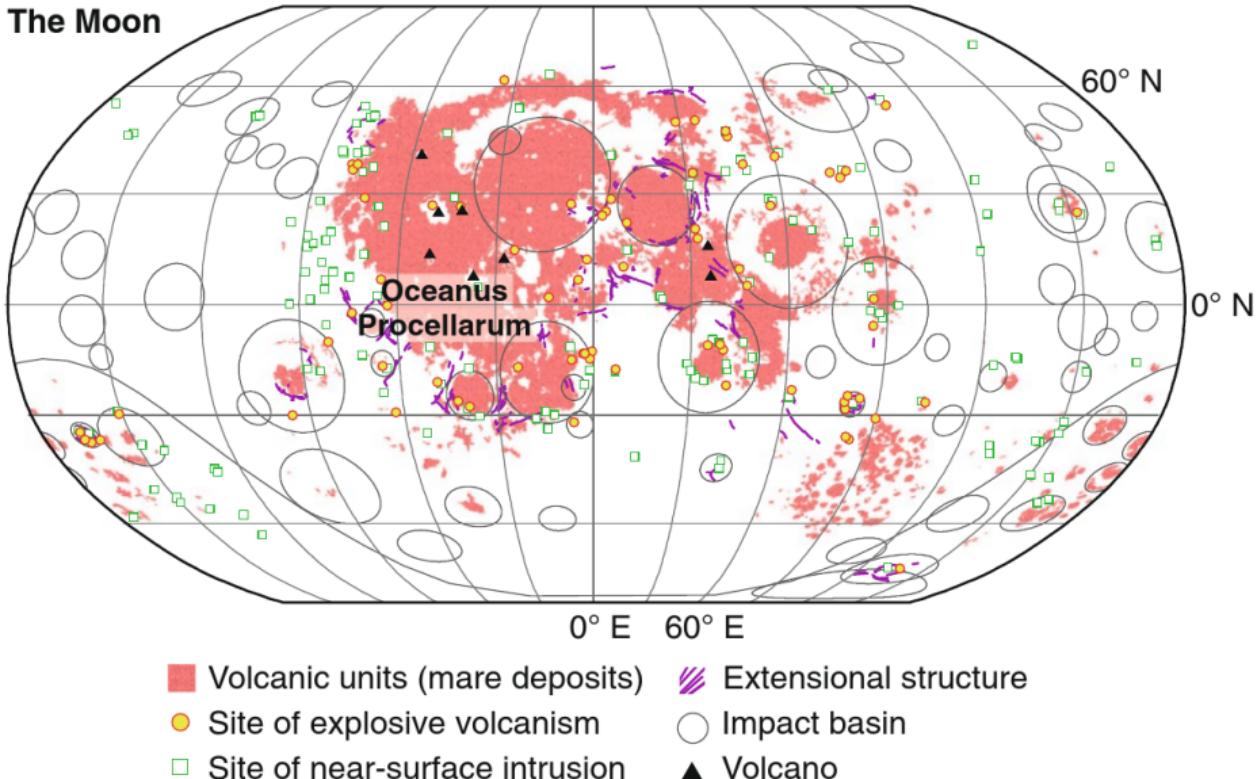
La corteza de la cara oculta se mucho más gruesa



- La corteza es mucho más gruesa en la cara oculta de la Luna que en su lado visible
- Esto explica la casi ausencia de marias en la cara oculta

Localización de los Maria

The Moon



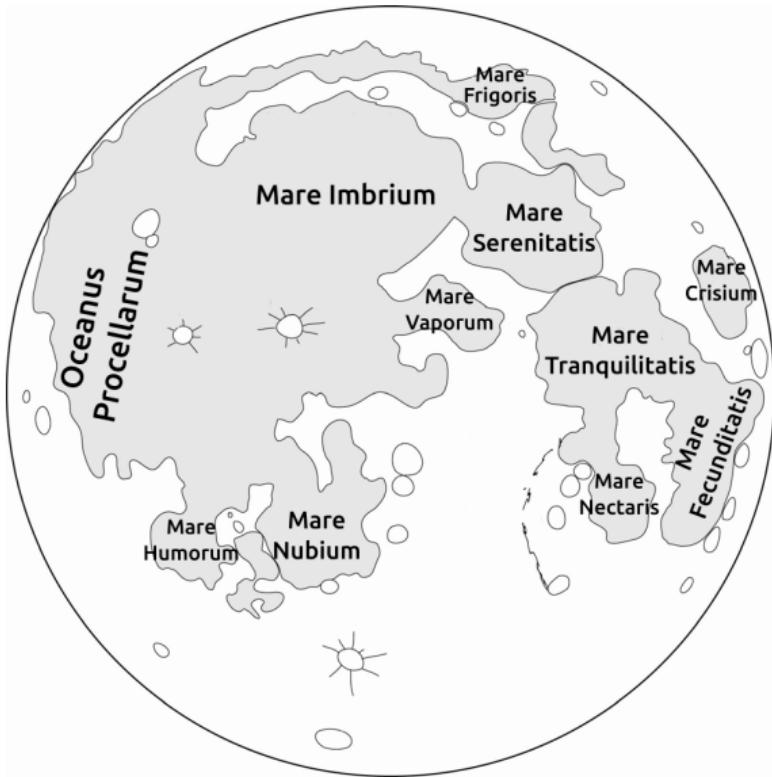
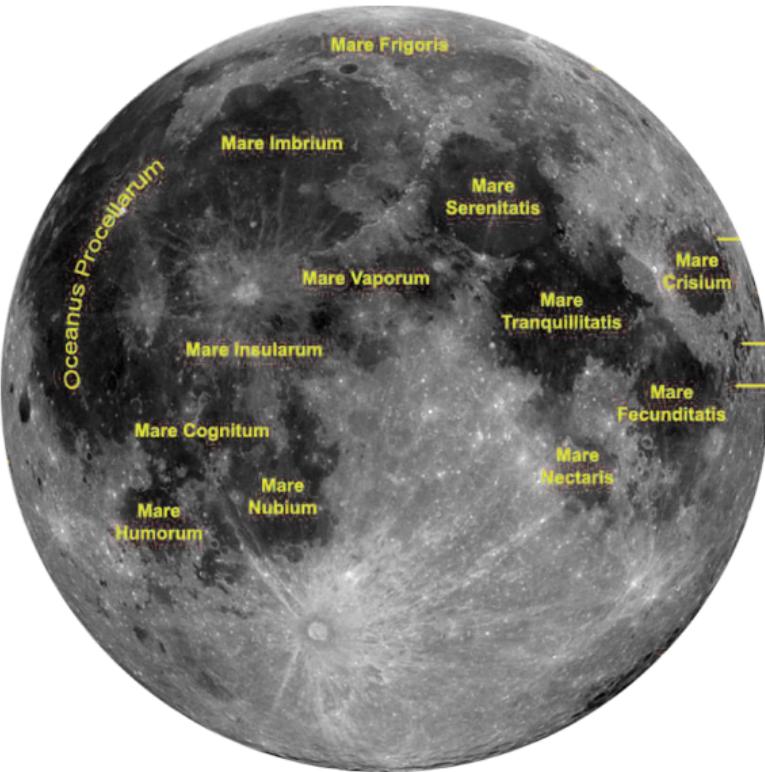
- Los Maria tienen menos cráteres de impacto porque son más recientes que las Tierras Altas

5. Geografía de la Luna

5. Geografía de la Luna

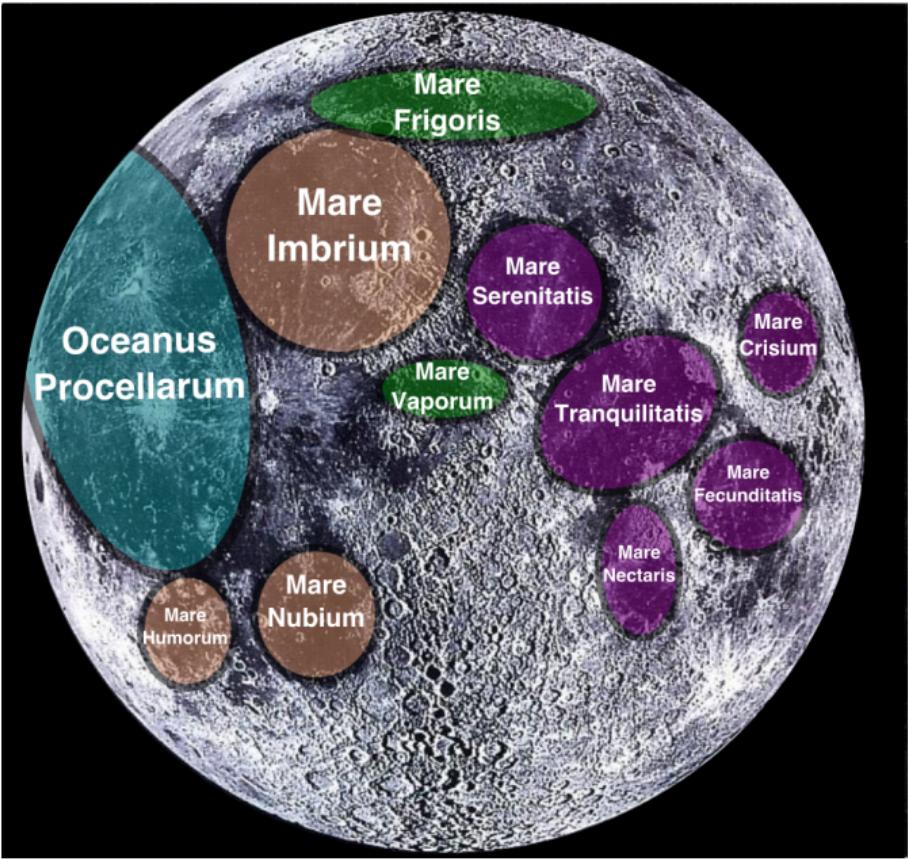
Introducción a la Geografía de la Luna

El Relieve Lunar: Maria



- Los Maria cubren cerca del 16% de la superficie lunar (30% de la cara visible)
- Los Maria son relativamente planos y contienen pocos cráteres

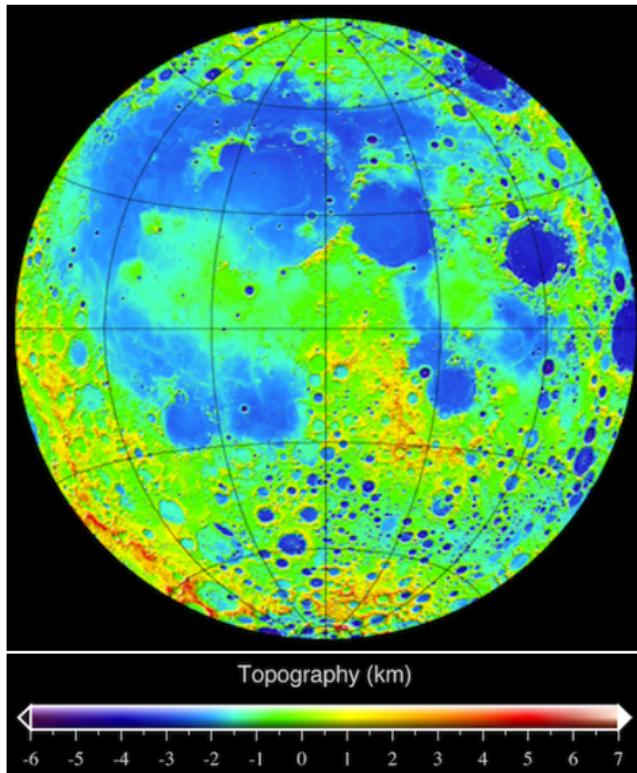
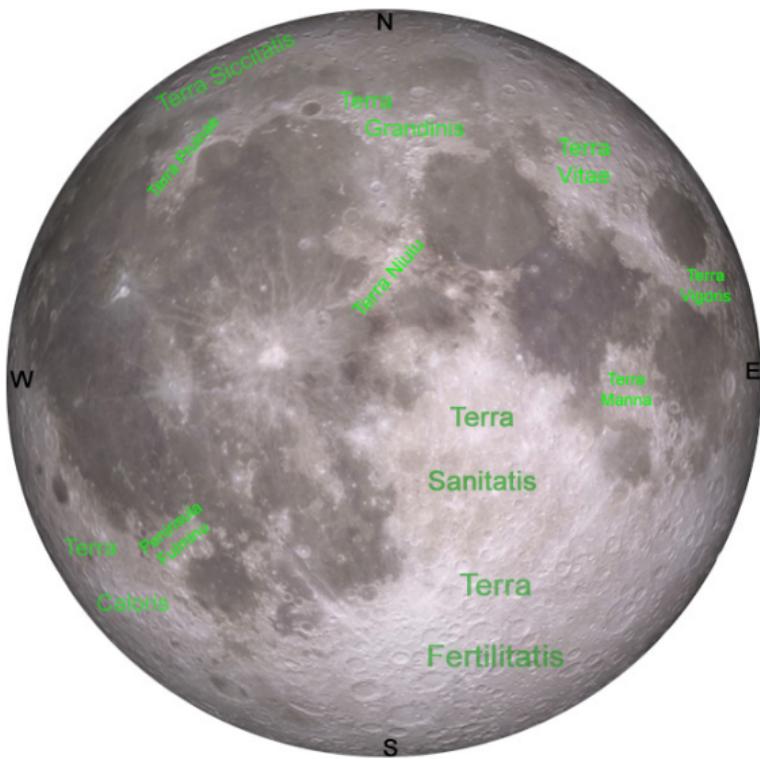
Los nombres de los Maria



- Los Maria tienen nombres poéticos inspirados en estados del tiempo o mentales.

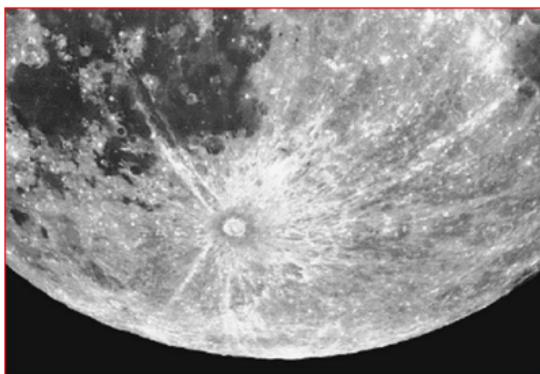
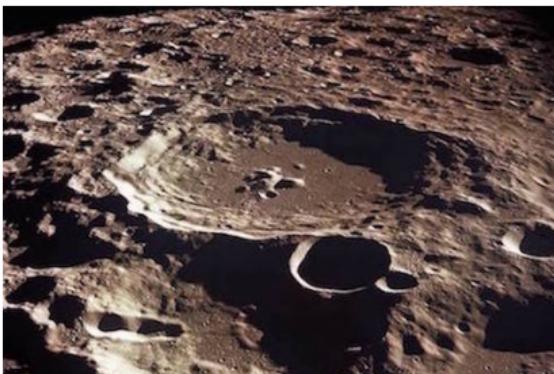
- Maria del Oeste
 - **Oceanus Procellarum** (Tormentas)
 - **Mare Imbrium** (Lluvias)
 - **Mare Humorum** (Humedad)
 - **Mare Nubium** (Nubes)
- Maria del Centro
 - **Mare Frigoris** (Frio)
 - **Mare Vaporum** (Vapores)
- Maria del Este
 - **Mare Serenitatis** (Serenidad)
 - **Mare Tranquillitatis** (Tranquilidad)
 - **Mare Fecunditatis** (Fecundidad)
 - **Mare Crisium** (Crisis)
 - **Mare Nectaris** (Néctar)

Tierras Altas: cráteres y montañas



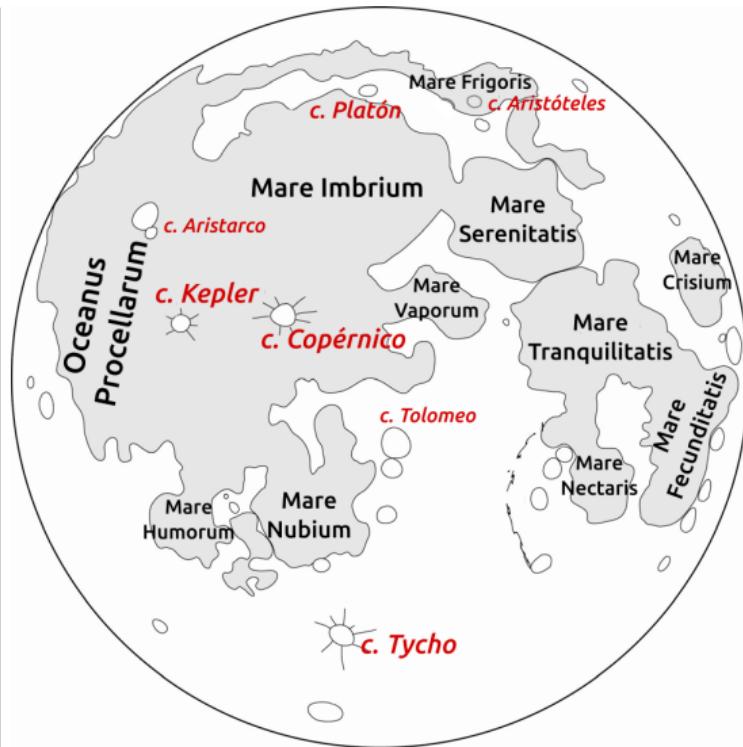
- Las tierras altas presentan la mayor cantidad de cráteres de impacto
- También contienen cadenas montañosas (usualmente en el borde de los mares)

Los Cráteres Lunares



- Hay cráteres de todos los tamaños; desde pocos metros hasta más de 1000km.
- El tamaño del cráter depende de la masa, velocidad y ángulo del impactador (por regla general el diámetro del cráter suele ser 10 veces más grande que el impactador que lo generó).
- Los cráteres suelen ser circulares.
- Los cráteres grandes suelen tener una "montaña" en el centro (o un anillo de montañas en el centro en los cráteres muy grandes)
- La inmensa mayoría de los cráteres se formaron en una edad temprana de la Luna
- Los más nuevos suelen tener sistemas de "rayos". Los rayos están formados por material eyectado en el impacto (Ejemplos: Tycho, Copernicus, Kepler)
 - Con el tiempo los sistemas de rayos tienden a desaparecer al ser erosionados

Los cráteres más importantes

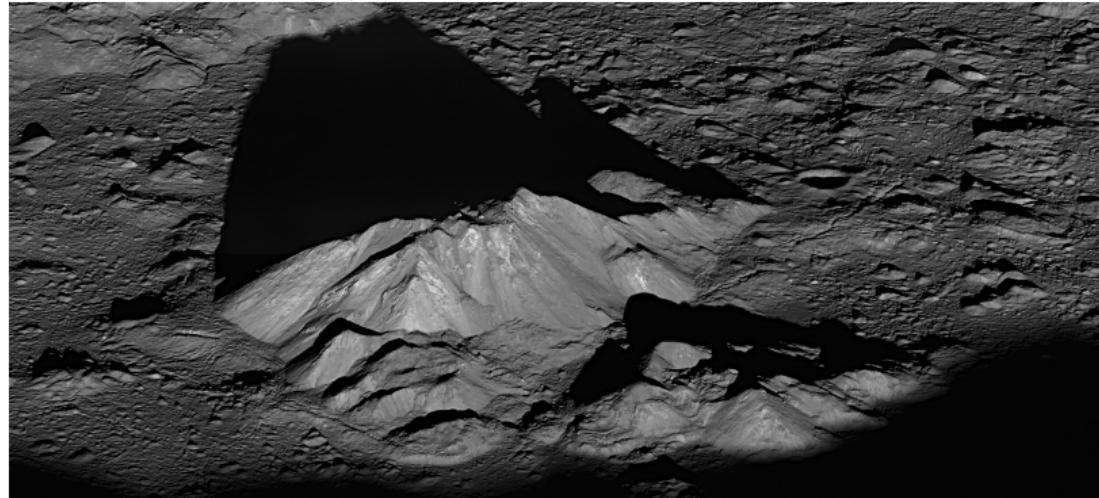


- Los cráteres tienen diámetros desde cerca de un metro hasta 1000 kilómetros.
- Cráteres importantes con rayos: Tycho, Copérnico, Kepler, ...
- Cráteres importantes sin rayos: Platón, Tolomeo, Aristóteles, Aristarco, ...

Las Montañas

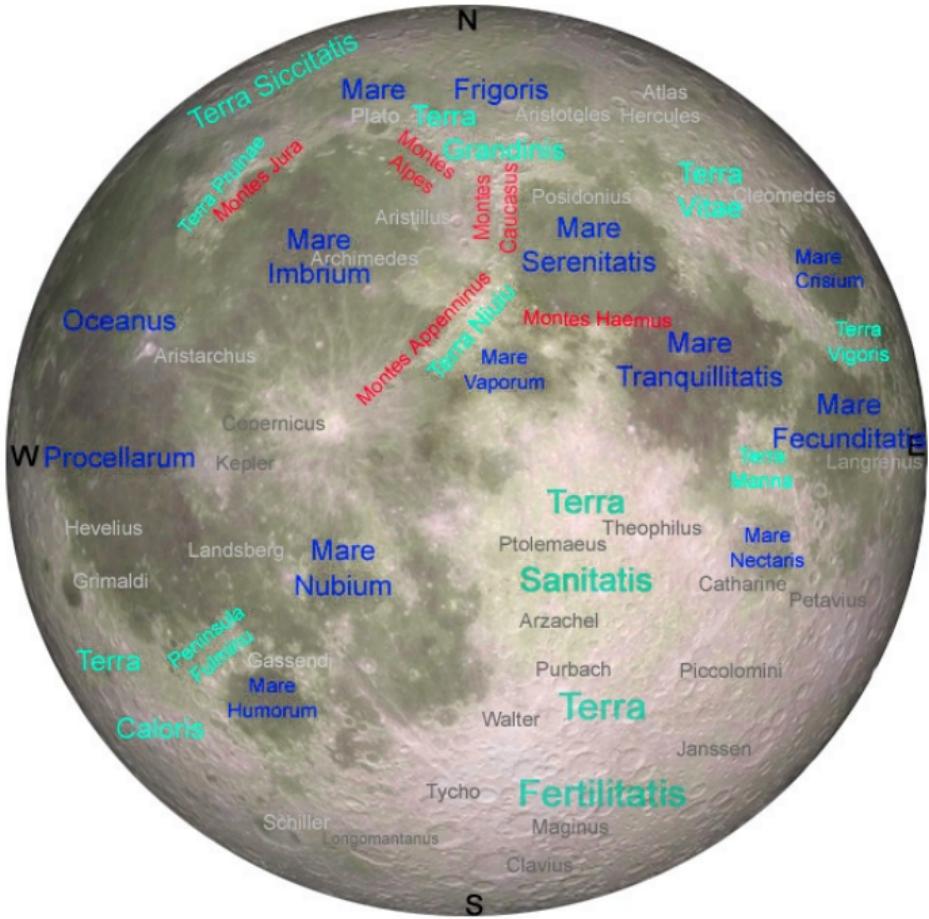


Pico central del cráter Tycho:

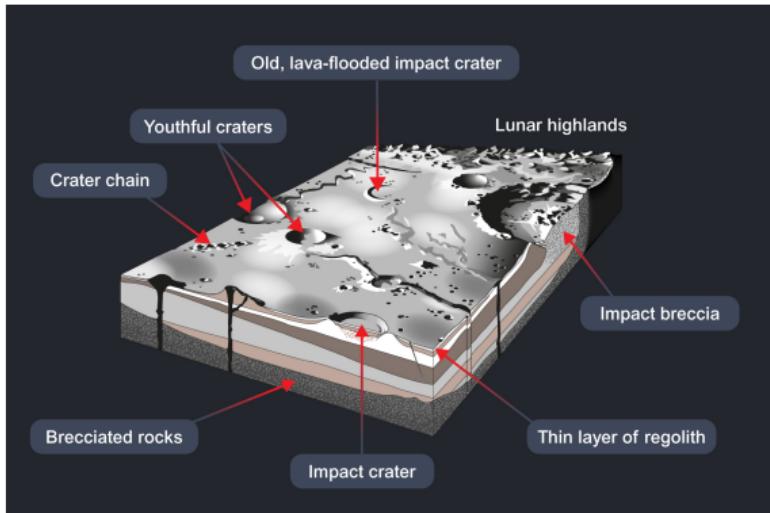
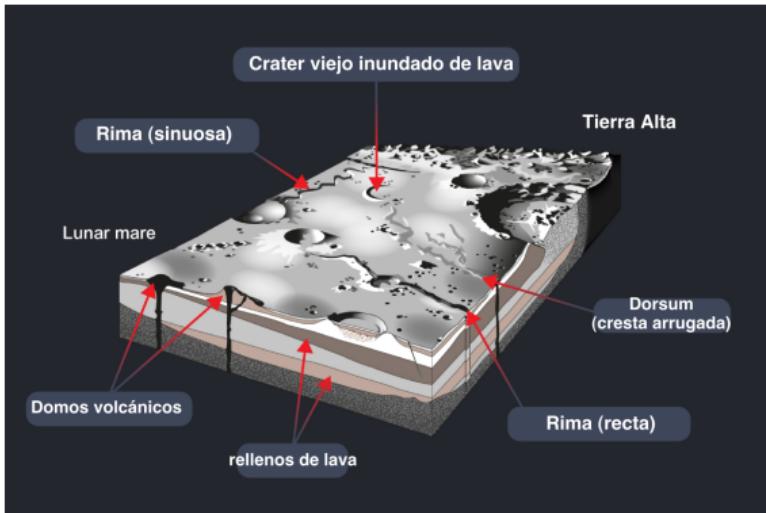


- Las cadenas de montañas están típicamente en el borde de algunos Maria.
- También hay montañas aisladas (típicamente son el pico central de cráteres grandes)
- Algunos volcanes antiguos (actualmente no hay actividad "geológica" en la Luna como la hay en la Tierra)

Las Montañas



Otras Características de su Superficie



- **Rima** ("surco o hendidura")
 - **Rima sinuosa** (rille) = restos de tubos de lava colapsados o flujos de lava extintos
 - **Rima recta** (graben) = fosas tectónicas; secciones que se han hundido entre dos fallas paralelas
- **Dorsum** ("cresta arrugada"/Wrinkle ridge) = una elevación longitudinal del terreno
- **Rupes** = escarpe; falla o fractura geológica en la superficie lunar.

5. Geografía de la Luna

Origen de los Nombres de las Características Lunares

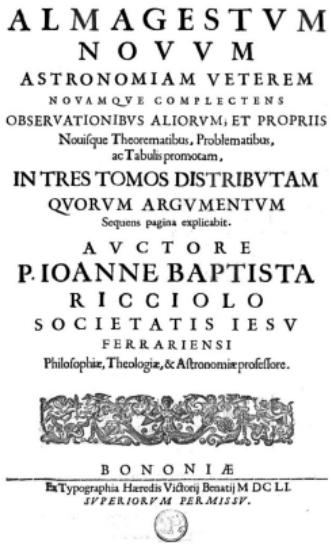
Cartografía Lunar de Riccioli y Grimaldi: Almagestum Novum (1651)



G.B. Riccioli



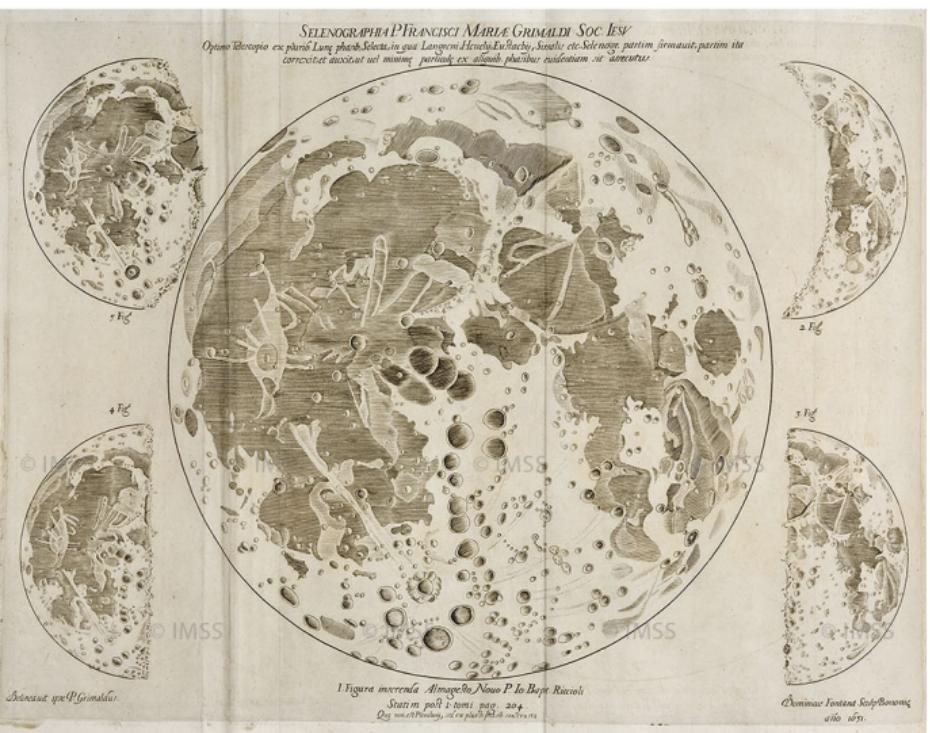
F.M. Grimaldi



Almagestum Novum; 1651

- Giovanni Battista Riccioli (1598-1671) fue un astrónomo y jesuita italiano
- Junto con Francesco Maria Grimaldi (1618-1663) (también jesuita) publicó en 1651 el libro *Almagestum Novum*
- El mapa lunar de *Almagestum Novum* fue dibujado por Grimaldi y ha resultado ser el más influyente respecto a la nomenclatura de las características lunares

Cartografía Lunar de Riccioli y Grimaldi: Almagestum Novum (1651)



- Ambos mapas lunares contenidos en *Almagestum Novum* fueron dibujados por Grimaldi pero la nomenclatura fue concebida por Riccioli

Cartografía Lunar de Riccioli y Grimaldi: Almagestum Novum (1651)



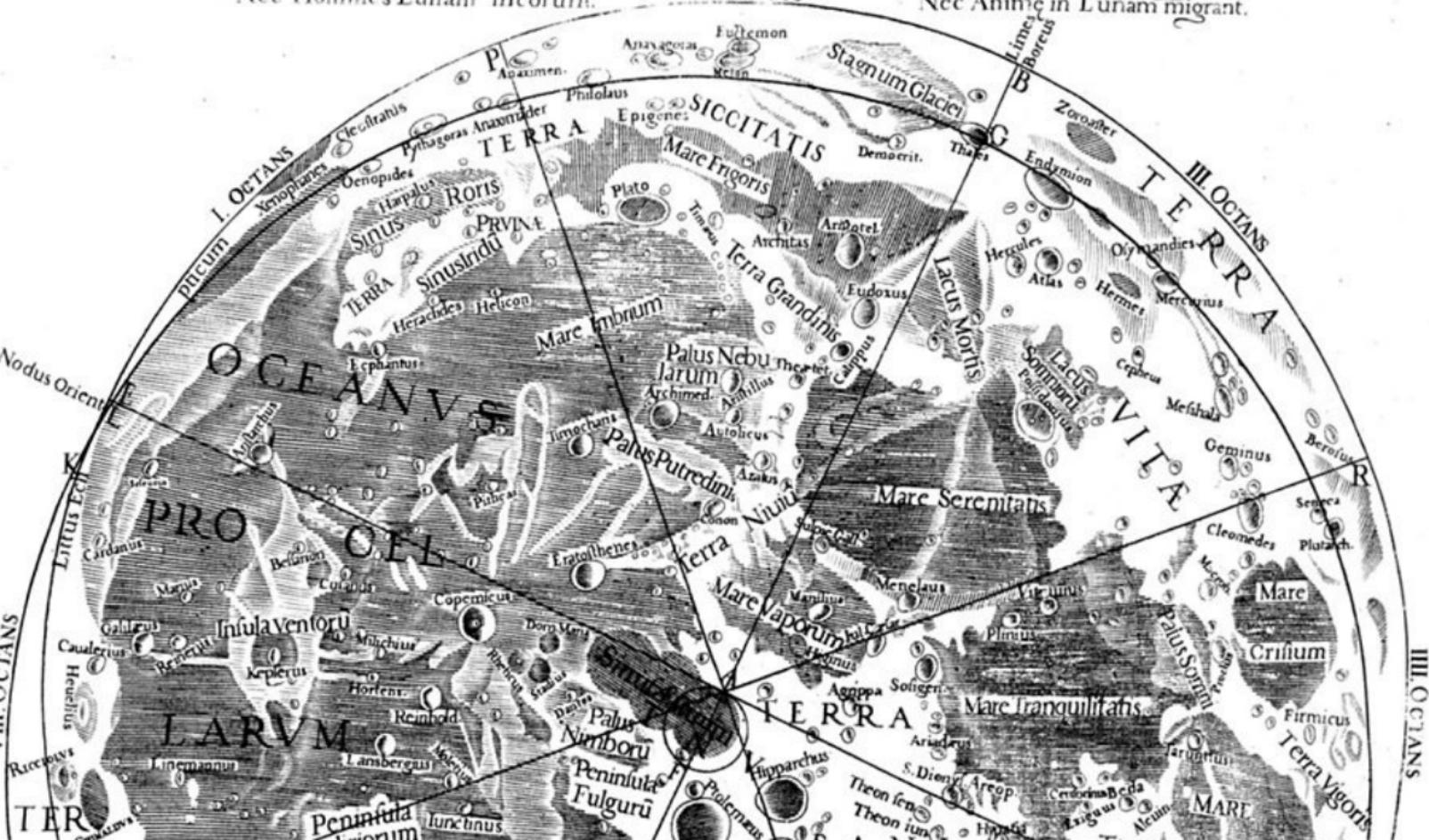
- El mapa de Riccioli y Grimaldi está dividido en 8 octantes
 - Para los Maria, Sinus, etc., Riccioli usa nombres "poéticos" (Mare Tranquilitatis, Fecunditatis, Serenitatis, Figoris; Sinus Iridium, etc.)
 - Para los cráteres Riccioli usa nombres de personas relacionadas con la astronomía, ciencia o filosofía.
 - Riccioli nombra 248 características (actualmente la IAU acepta casi 9000 nombres para la orografía).

VI FIGURA PRONOMENCLATURA ET LIBRATIONE LUNARI

Nec Homines Lunam incolunt.

II. OCTANS

Nec Animæ in Lunam migrant.





Diccionario de terminología de la orografía de la Luna

- La IAU acepta casi 9000 nombres para la orografía de la Luna
- Las categorías reconocidas por la IAU:
 - 1 Oceanus, oceani
 - 2 Mare, maria
 - 3 Sinus, sinüs
 - 4 Lacus, lacüs
 - 5 Palus, paludes
 - 6 Crater, craters
 - 7 Catena, catenae
 - 8 Dorsum, dorsa
 - 9 Fossa, fossae
 - 10 Vallis, valles
 - 11 Mons, montes
 - 12 Promontorium, promontoria
 - 13 Rima, rimäe
 - 14 Rupes, rupes
 - 15 Planitia, planitiae

5. Geología de la Luna

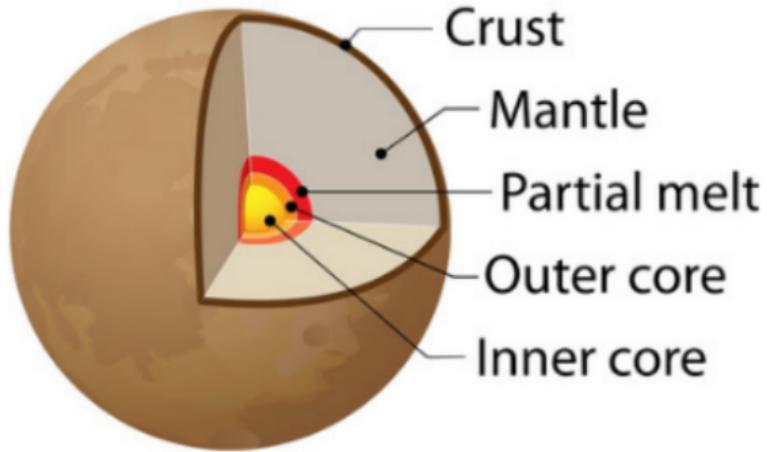
Geología de la Luna



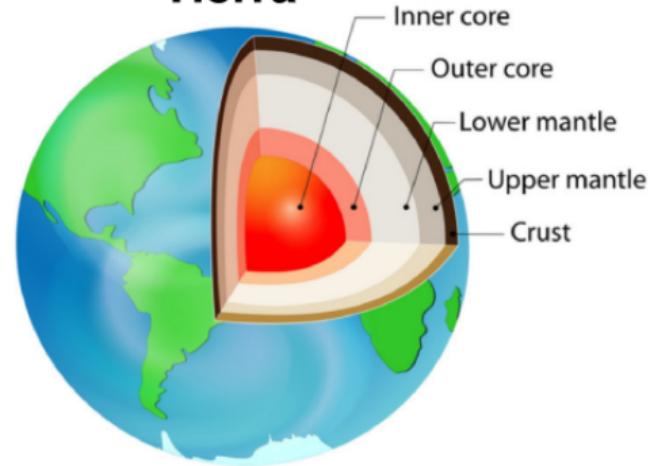
- ① ¿Es la Luna geológicamente activa?
- ② ¿De que está hecha la Luna?
- ③ ¿Son las rocas lunares distintas a las de la Tierra?
- ④ ¿Qué tipo de rocas hay en la superficie de la Luna?

El Interior de la Luna

Luna



Tierra



- El interior de la Luna es similar al de la Tierra; consta de un núcleo metálico, un manto y una corteza (ambos compuestos de silicatos).
- El núcleo lunar es mucho más pequeño que el terrestre y más frío.
- El calor producido por el interior lunar (debido a la radiación de átomos radioactivos) es mucho menor que en la Tierra y no puede mantener una geología activa (como si ocurre en la Tierra).

Rocas de la Superficie Lunar



- Las rocas de la Luna están formadas por cristales o granos de uno o más minerales, al igual que las rocas terrestres
- Los minerales de las rocas lunares pertenecen a la familia de los **silicatos**.
- Las rocas lunares y las terrestres son prácticamente indistinguibles ya que han tenido un origen común.

Rocas de la Superficie Lunar: Basaltos, Anortositas y Brechas

En la superficie de la Luna encontramos tres tipos distintos de rocas:

① Basaltos

- Rocas **oscuras y muy densas** con **alto contenido de hierro y magnesio**
- Predominantemente en los **Maria**
- Su origen son las lavas que invadieron gran parte de las cuencas de los Marias.

② Anortositas

- Rocas **claras y poco densas** con **alto contenido de sílice** con grandes cristales
- El mineral predominante en estas rocas es la **Plagioclasa**
- Predominantemente en las **Tierras Altas**
- Son los materiales más antiguos de la superficie lunar

③ Brechas

- Roca compuesta de fragmentos pequeños de roca unidos por un cemento natural

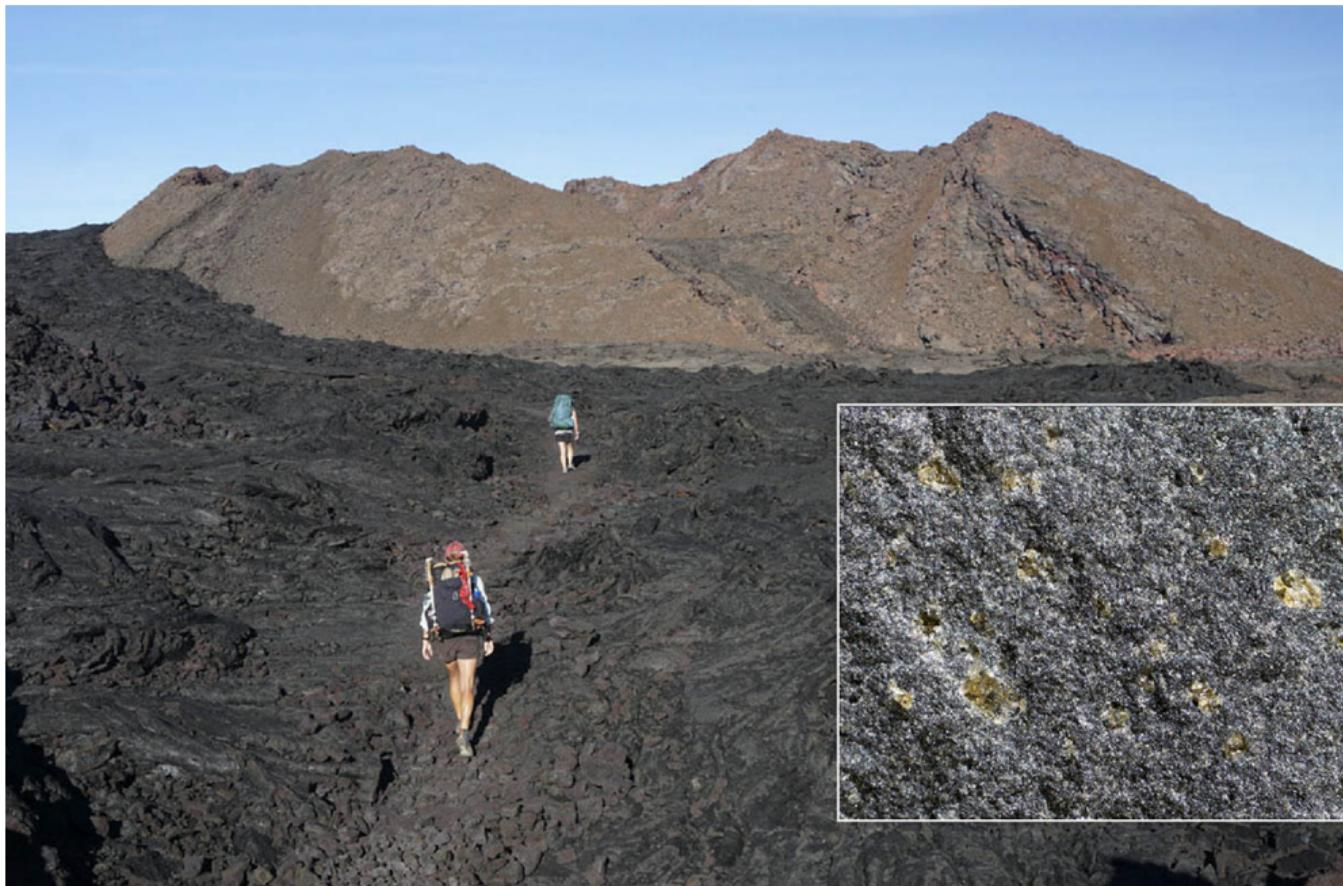


● Anorthosite

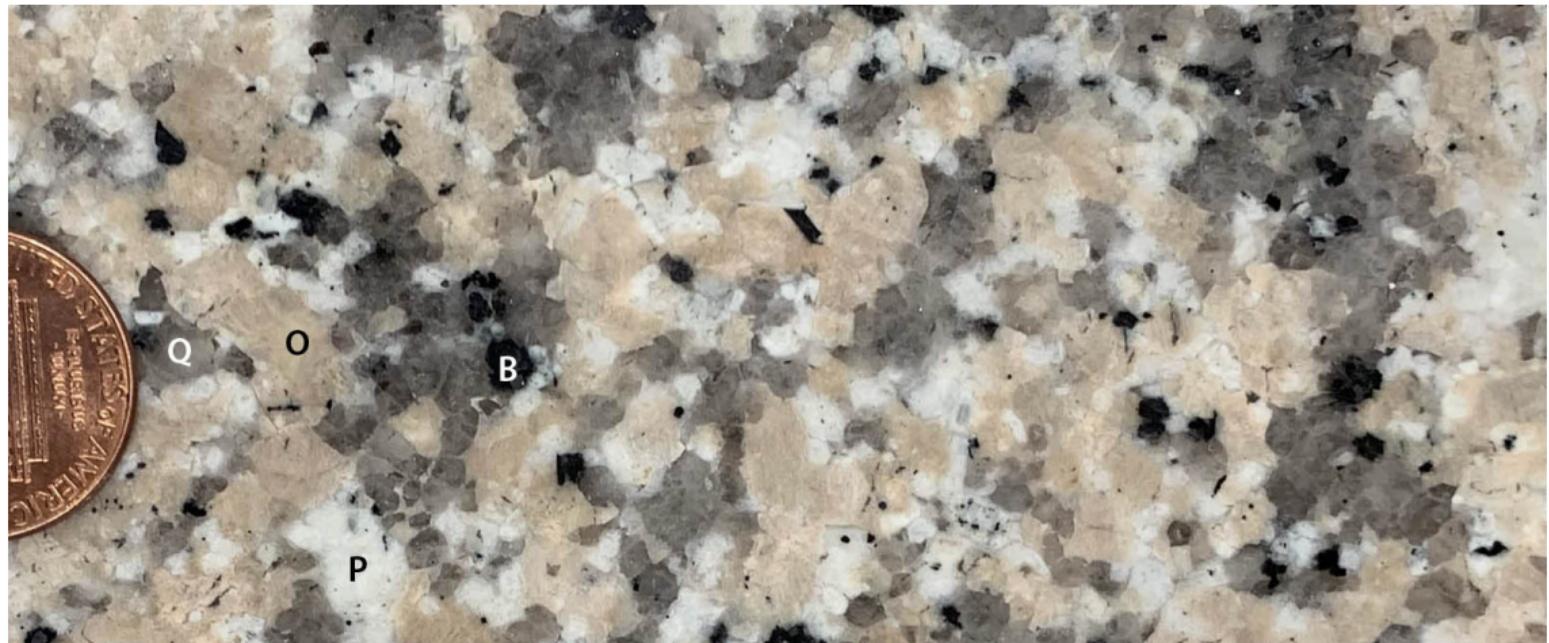
● Basalt

● Breccia

Basalto



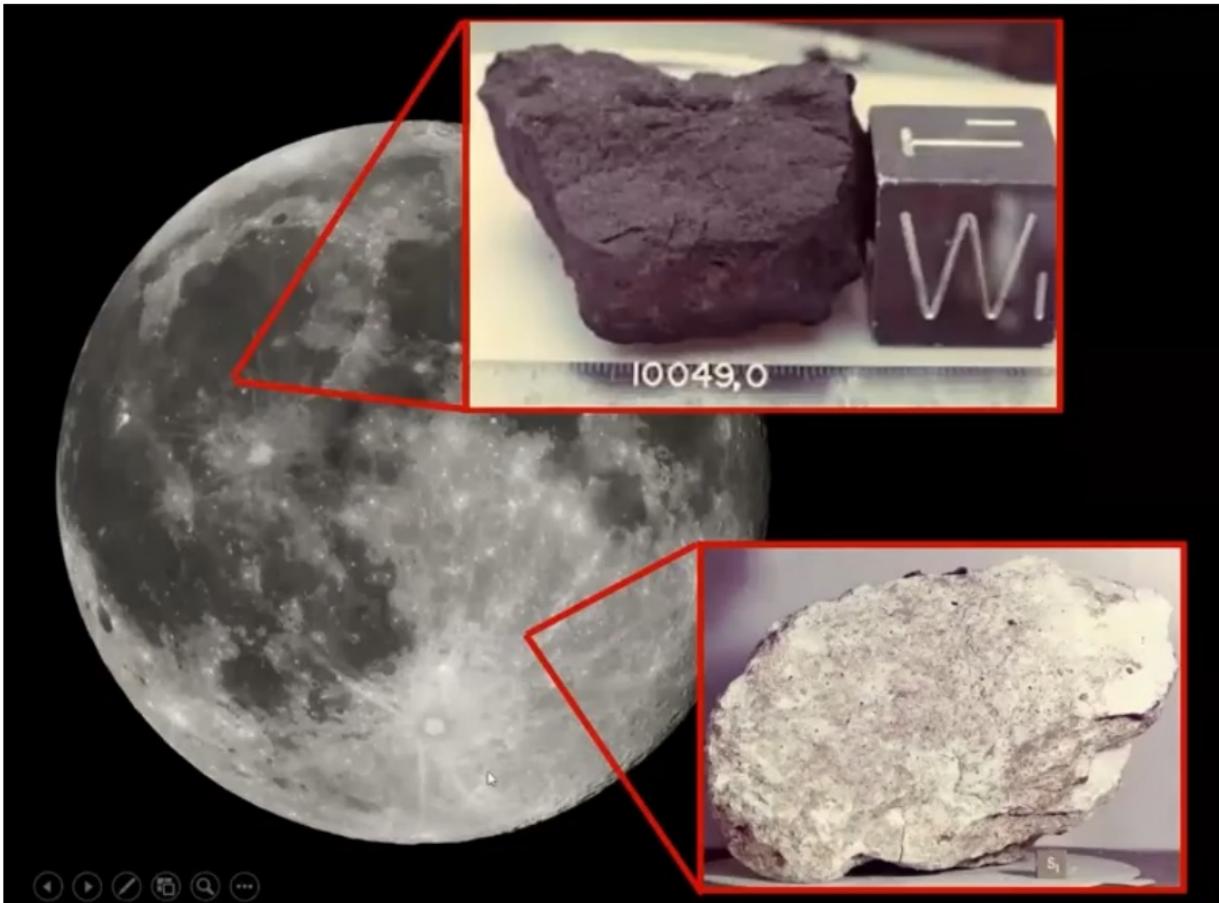
Anortosita



Composición típica de minerales del granito (terrestre):

- P = Plagioclasas (material más claro, casi blanco)
- Otros minerales: Q = Cuarzo, O = Ortoclasa, y B = Mica Biotita.

Composición de los Maria y de las Tierras Altas



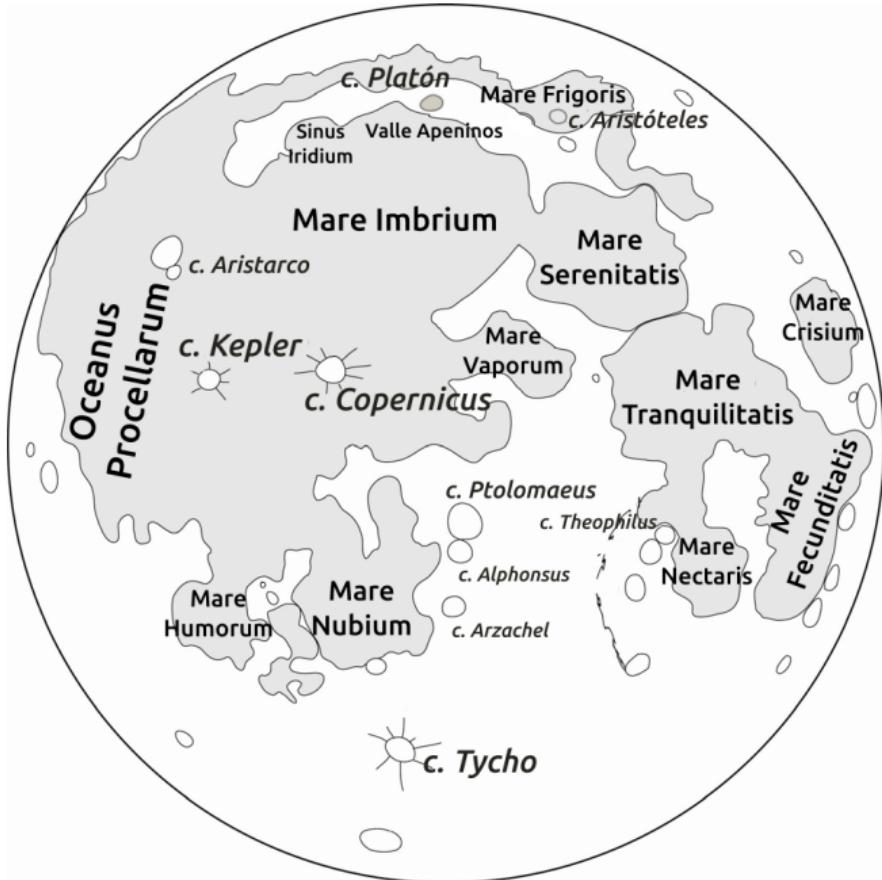
Regolito lunar es un sedimento



- El regolito es una capa superficial de sedimento que cubre grandes partes de la Luna (o de cualquier otro planeta rocoso!).
- Esta capa está compuesta de fragmentos de roca, granos minerales y otros depósitos superficiales.

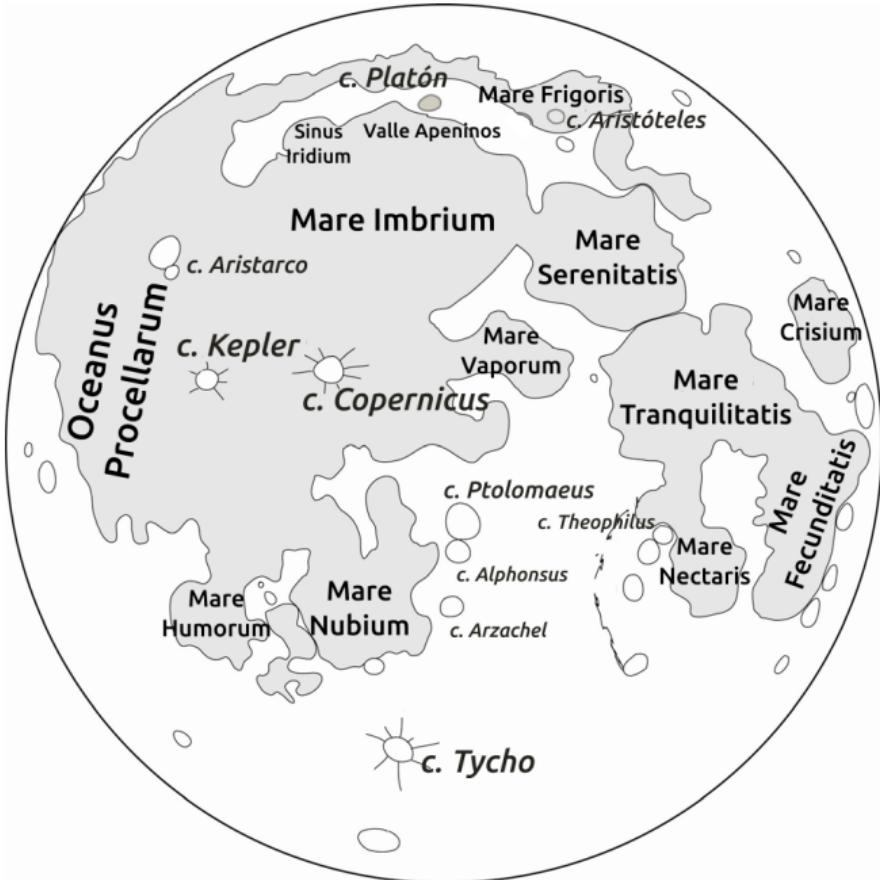
Resumen

Resumen de la charla



- El diámetro de la Luna es cuatro veces más pequeño que el de la Tierra
- La distancia entre la Luna y la Tierra es igual a 30 diámetros terrestres
- La Luna tarda 29,5 días en dar una vuelta alrededor de la Tierra y en este período se producen las fases de la Luna.
- La Luna nos muestra siempre la misma cara

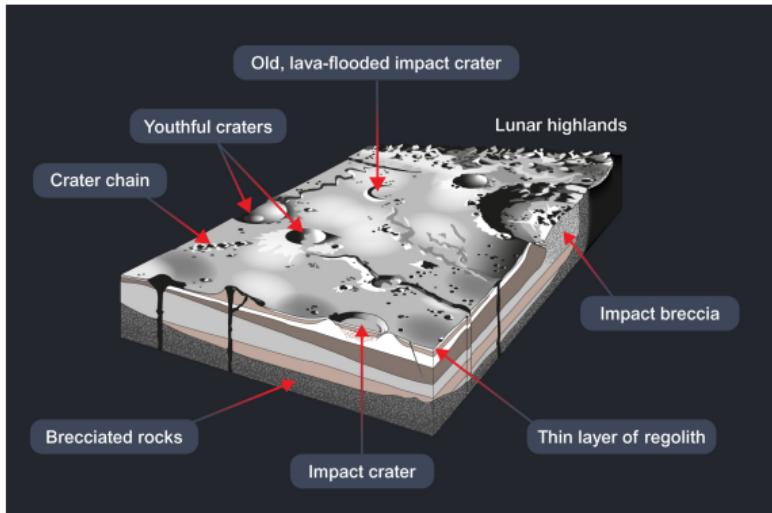
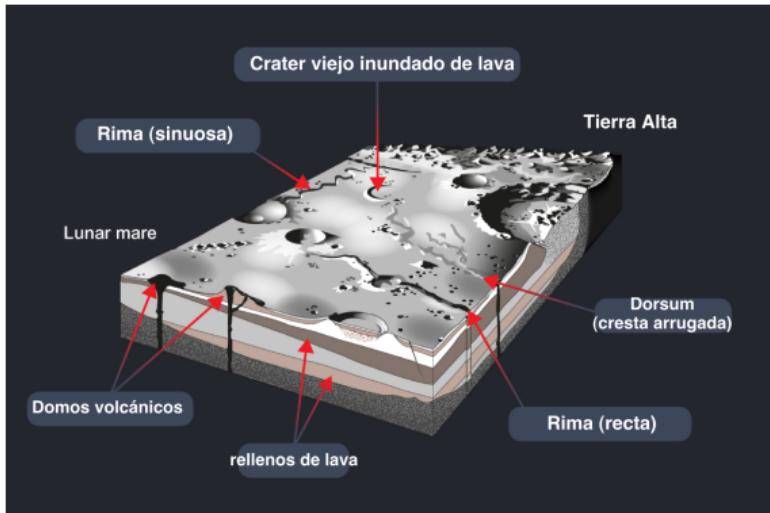
Resumen de la charla



- La Luna se formó al impactar contra la Tierra un planeta del tamaño de Marte.
- La superficie de la luna hay dos tipos de regiones: los Maria oscuros y las Tierras Altas claras.
- Los Maria son planicies bajas cubiertas de basalto oscuro y con pocos cráteres
- Las Tierras Altas son de color gris claro y contienen infinidad de cráteres y también cadenas de montañas.
- La cara oculta de la luna prácticamente no tiene Maria y está completamente cubierta de cráteres.

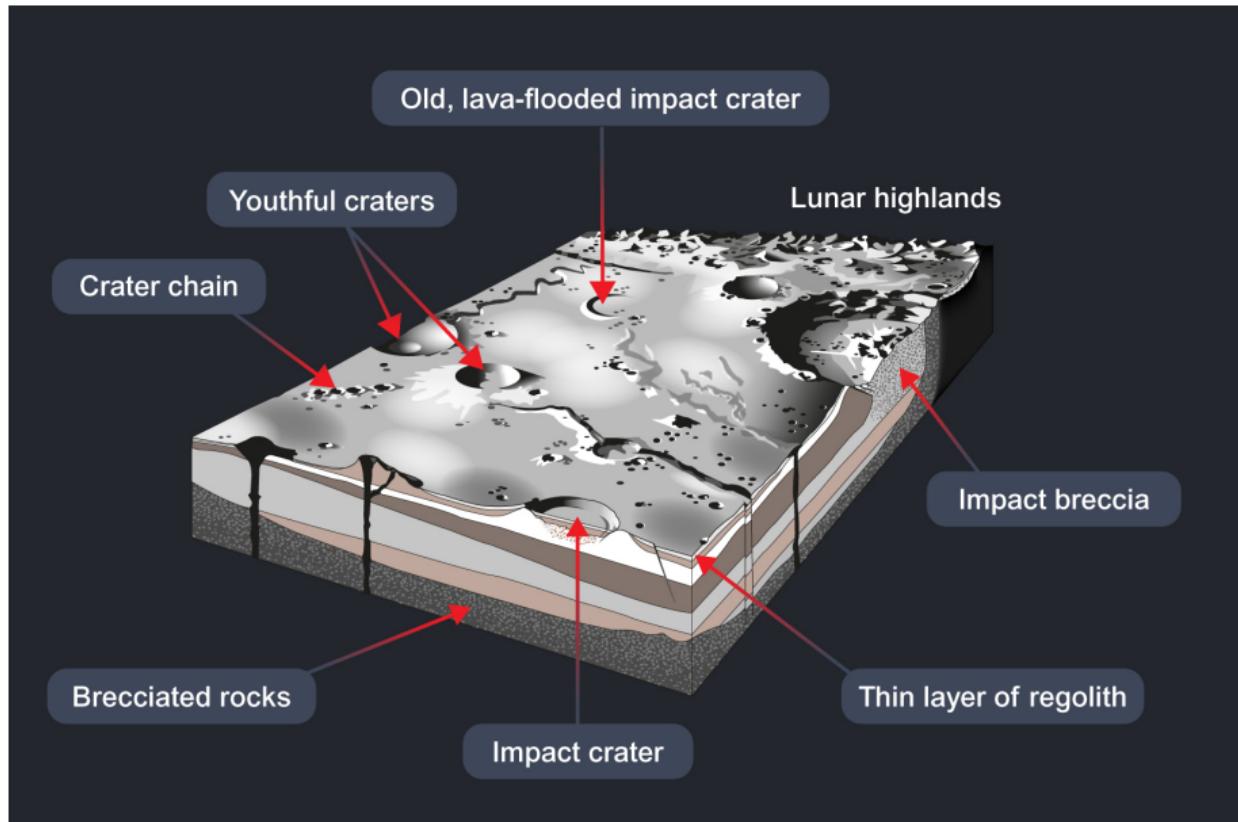
Material Extra

El Relieve de la Luna: Otras características de su superficie



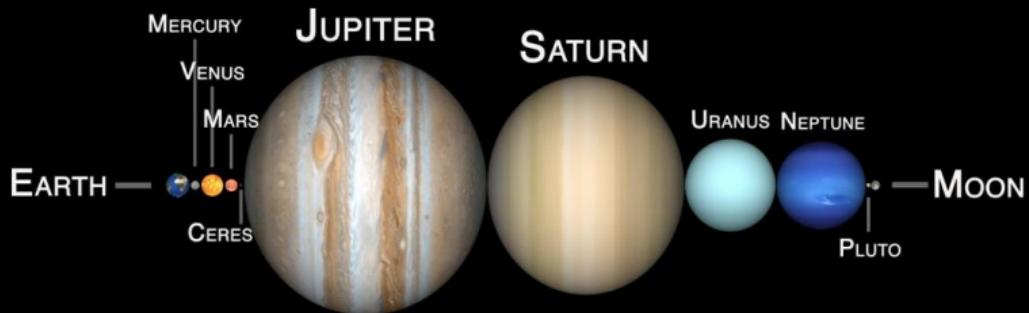
- **Rima** ("surco o hendidura")
 - **Rima sinuosa** (rille) = restos de tubos de lava colapsados o flujos de lava extintos
 - **Rima recta** (graben) = fosas tectónicas; secciones que se han hundido entre dos fallas paralelas
- **Dorsum** ("cresta arrugada"/Wrinkle ridge) = una elevación longitudinal del terreno
- **Rupes** = escarpe; falla o fractura geológica en la superficie lunar.

El Relieve de la Luna: Topografía de Impacto



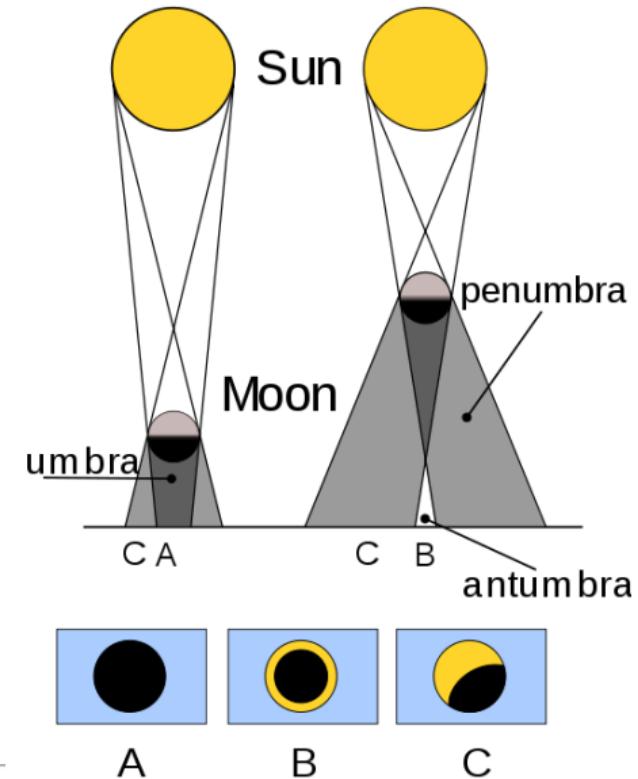
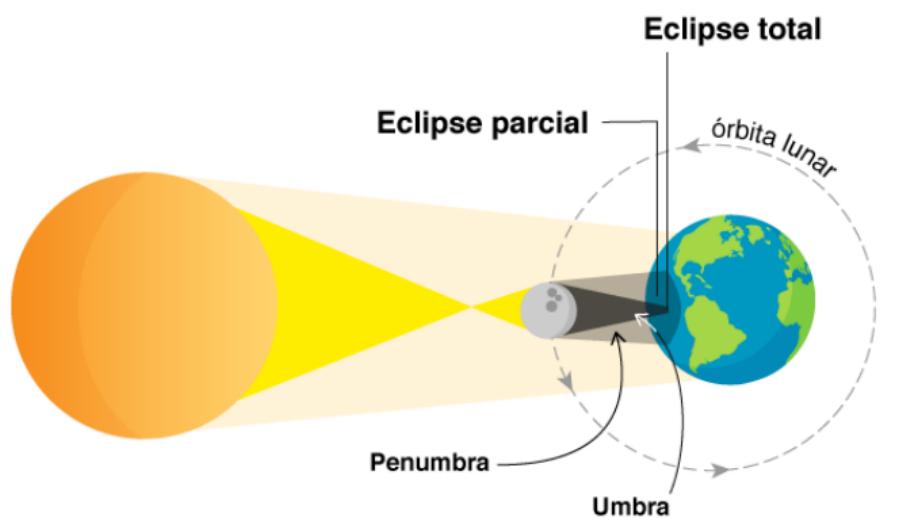
EARTH — SOLAR SYSTEM — MOON

Earth-Moon distance & object sizes to scale



RINGS OF SATURN UNWOUND

Eclipse de Sol



Minerales Lunares

- El tipo de mineral más abundante en la Luna (al igual que en la Tierra) es el silicato (los silicatos están compuestos por silicio y oxígeno)
- Los silicatos pueden contener distinta proporción de silicio:
 - **minerales félsicos:**
 - Contienen una alta proporción (~ 70%) de sílice (óxido de silicio SiO_2)
 - Ricos en elementos ligeros como el silicio (Si), oxígeno (O), aluminio (Al), sodio (Na) y potasio (K).
 - Típicamente de **color claro**
 - **Poco densos**
 - **Plagioclasa** (Feldespato cálcico), Ortoclasa (Feldespato potásico), Cuarzo y Mica
 - **minerales máficos**
 - Contienen baja proporción (~ 40%) de sílice
 - Rico en magnesio (Mg) y hierro (Fe).
 - Típicamente de **color oscuro**
 - **Muy densos**
 - **Olivino, Pyroxeno**, Anfibol y Biotita.

Rocas Lunares

- Las rocas son materiales sólidos formados por cristales o granos de uno o más minerales.
- Las rocas lunares están compuestas de **silicatos**
- En la superficie de la Luna encontramos tres tipos distintos de rocas
 - **Anortositas** (mineral dominante: Plagioclasa)
 - **Basaltos** (minerales dominantes: maficos)
 - **Brechas**

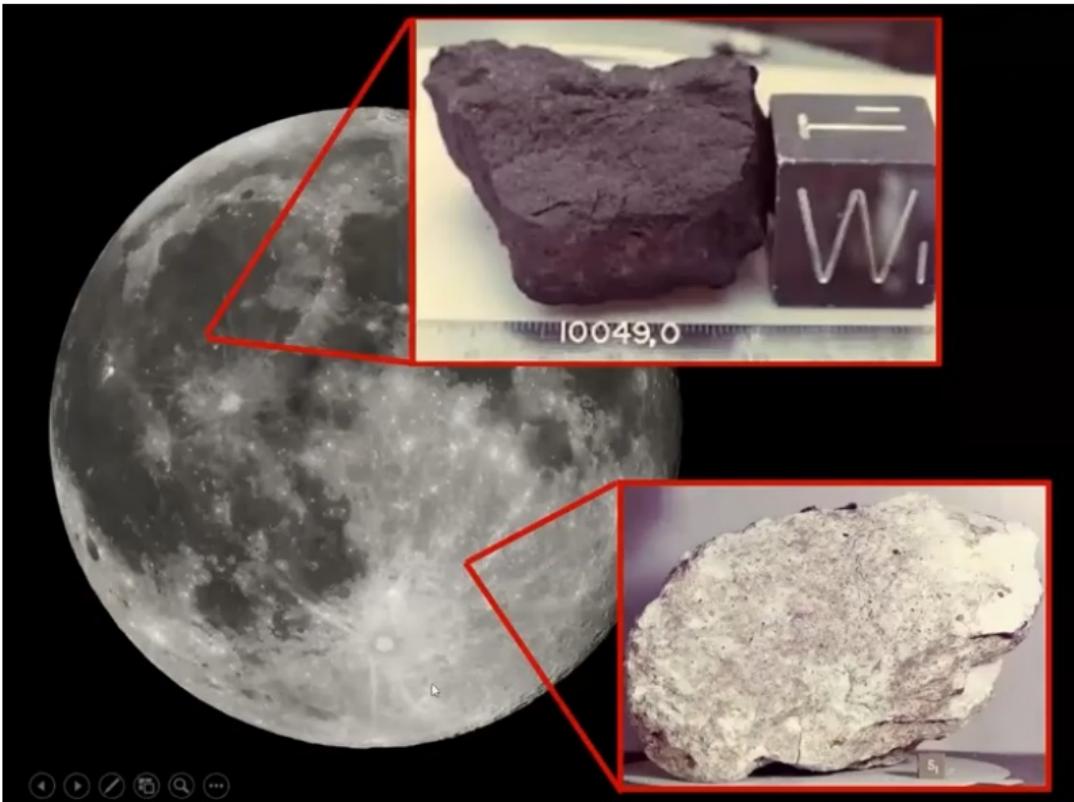


- Anorthosite
- Oldest rocks

- Basalt
- Youngest rocks

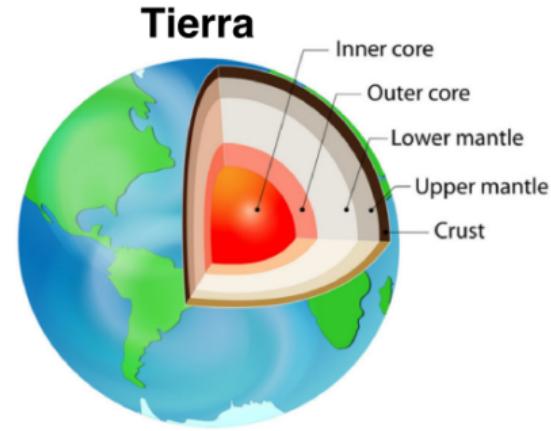
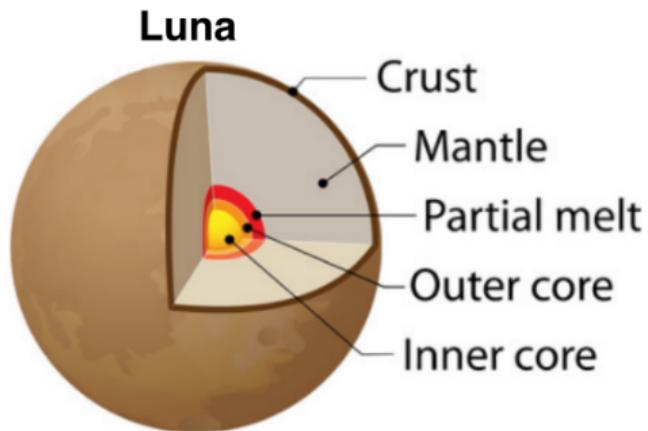
- Breccia
- Mixed age

Rocas Lunares



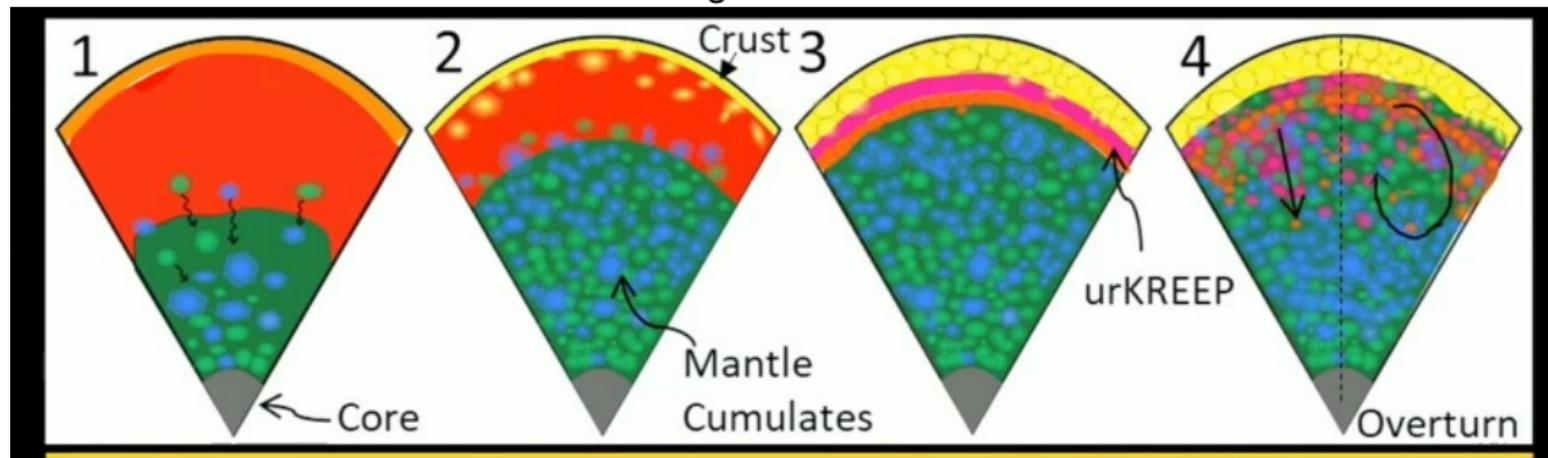
Diferenciación planetaria

- La diferenciación planetaria es el proceso de separación y diferenciación de los componentes de un cuerpo planetario como resultado de su evolución física y química, cuando el cuerpo desarrolla capas de composición diferente.
- Los materiales más densos de protoplaneta se hunden hacia el centro, mientras que los materiales menos densos suben a la superficie.
- Este proceso tiende a crear el núcleo y el manto.

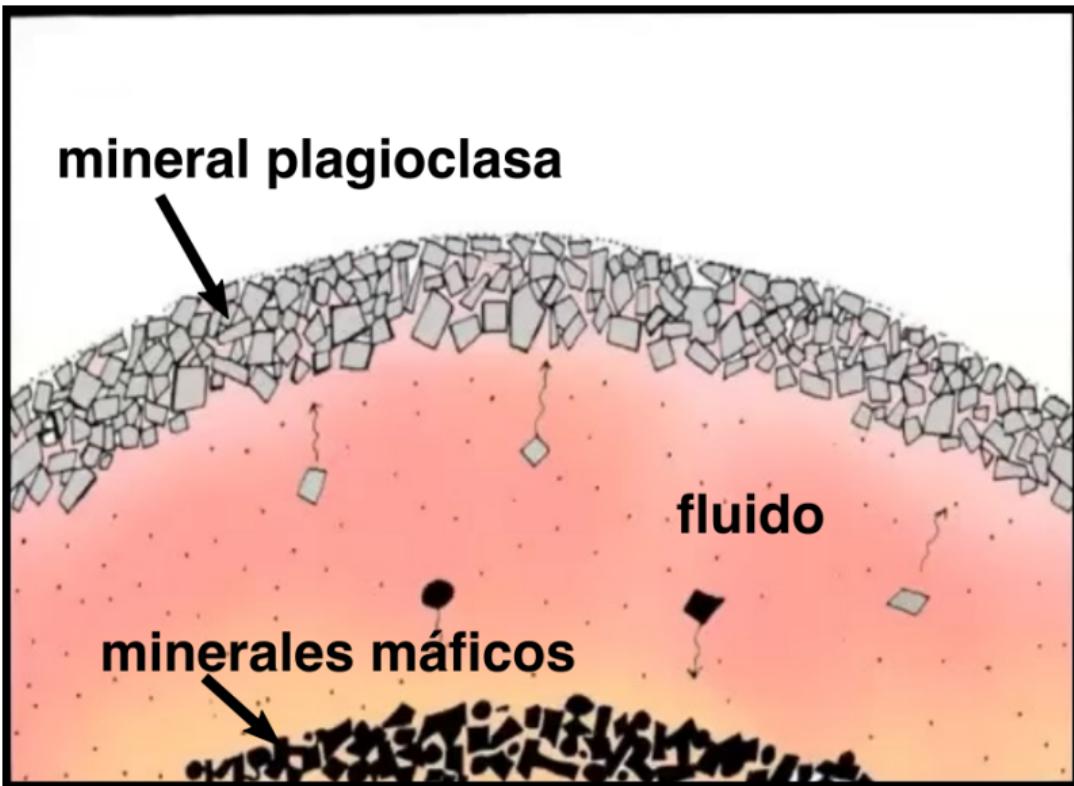


Diferenciación planetaria en la Luna

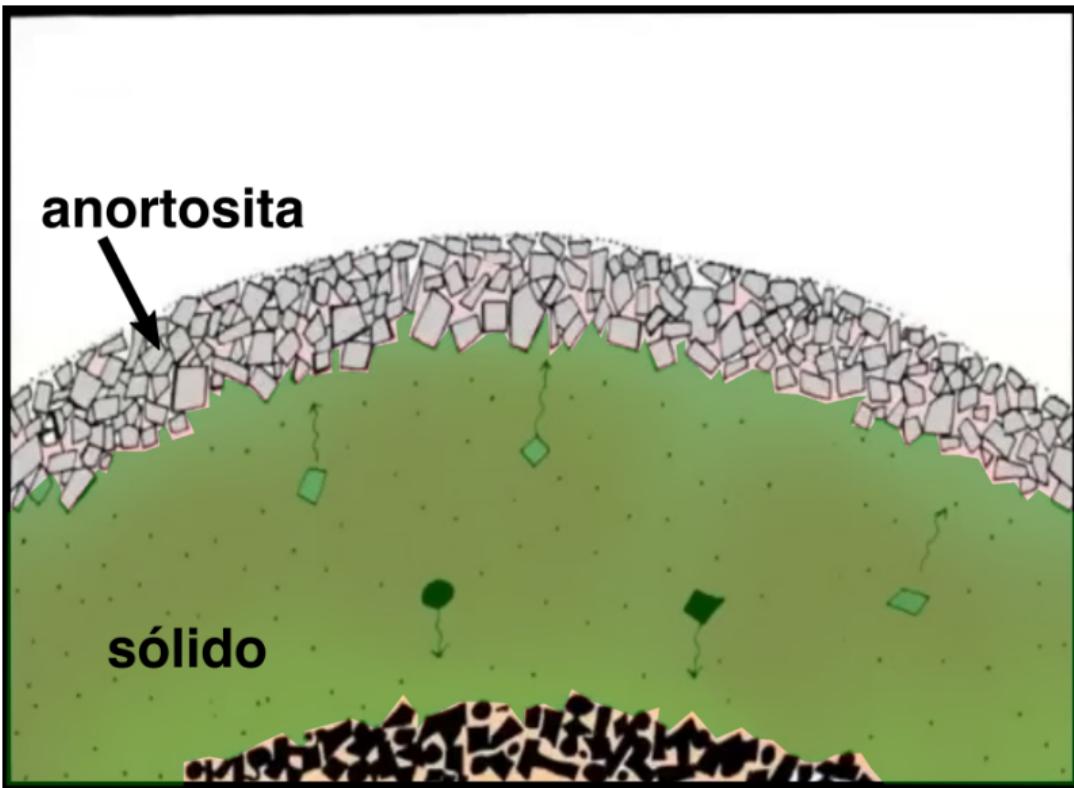
La Luna se ha diferenciado de manera ígnea



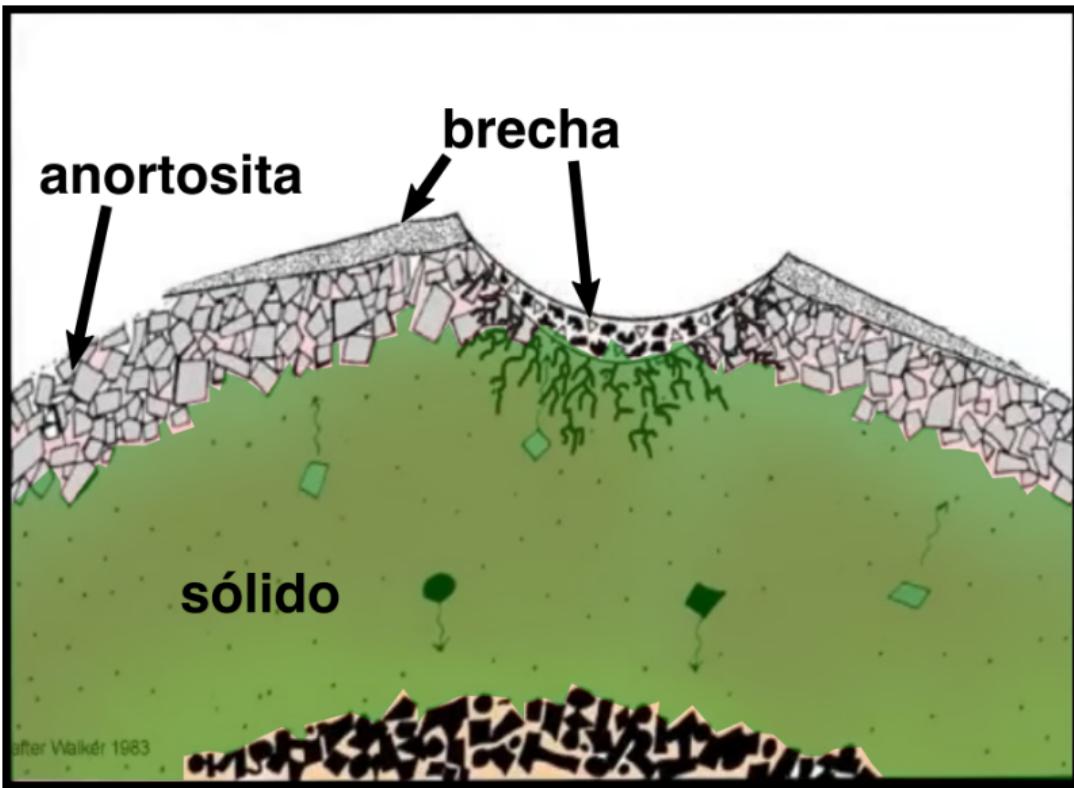
Formación de las Rocas Lunares



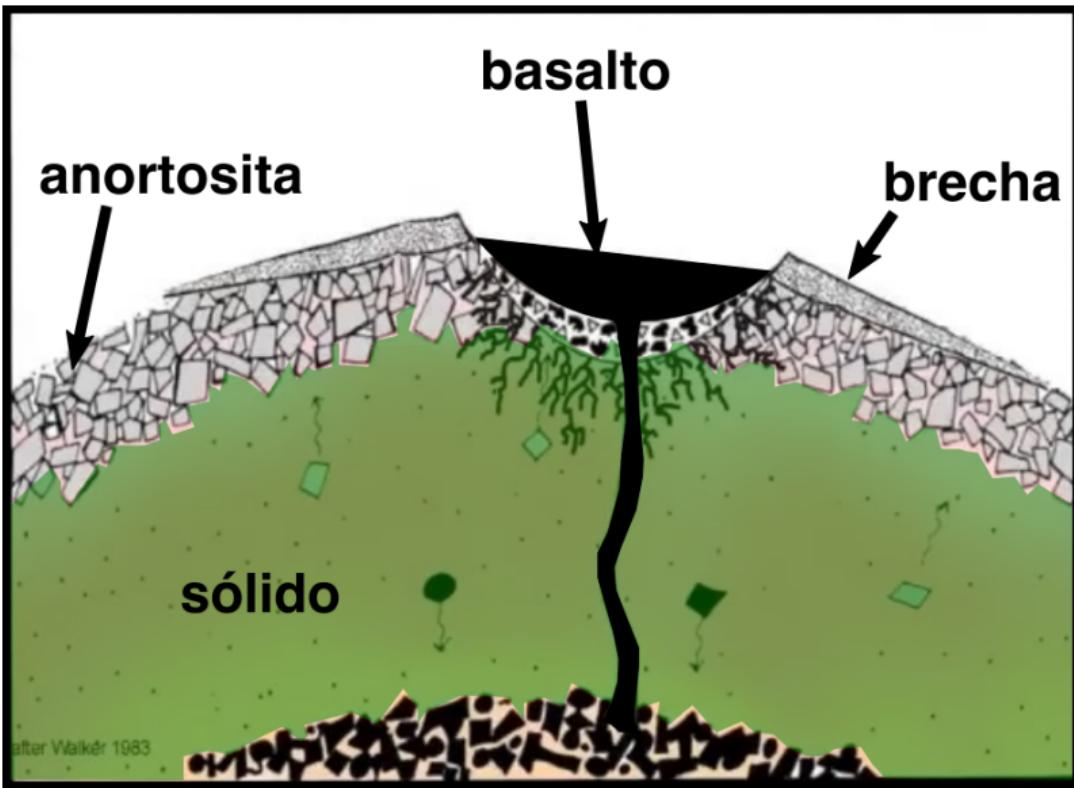
Formación de las Rocas Lunares



Formación de las Rocas Lunares



Formación de las Rocas Lunares



Rocas Lunares: Anortositas, Basaltos y Brechas

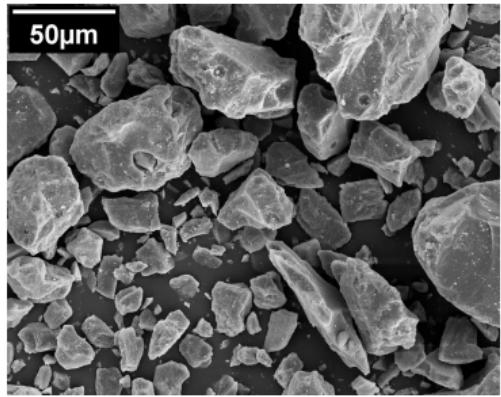
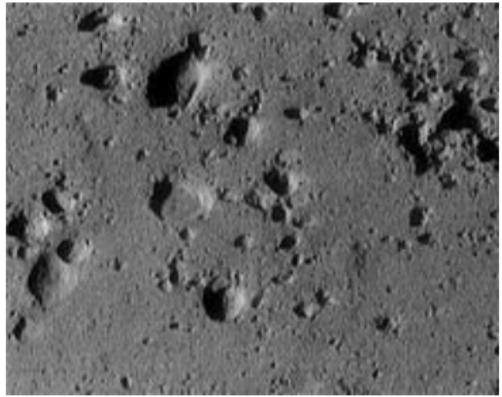


- Anorthosite
- Oldest rocks

- Basalt
- Youngest rocks

- Breccia
- Mixed age

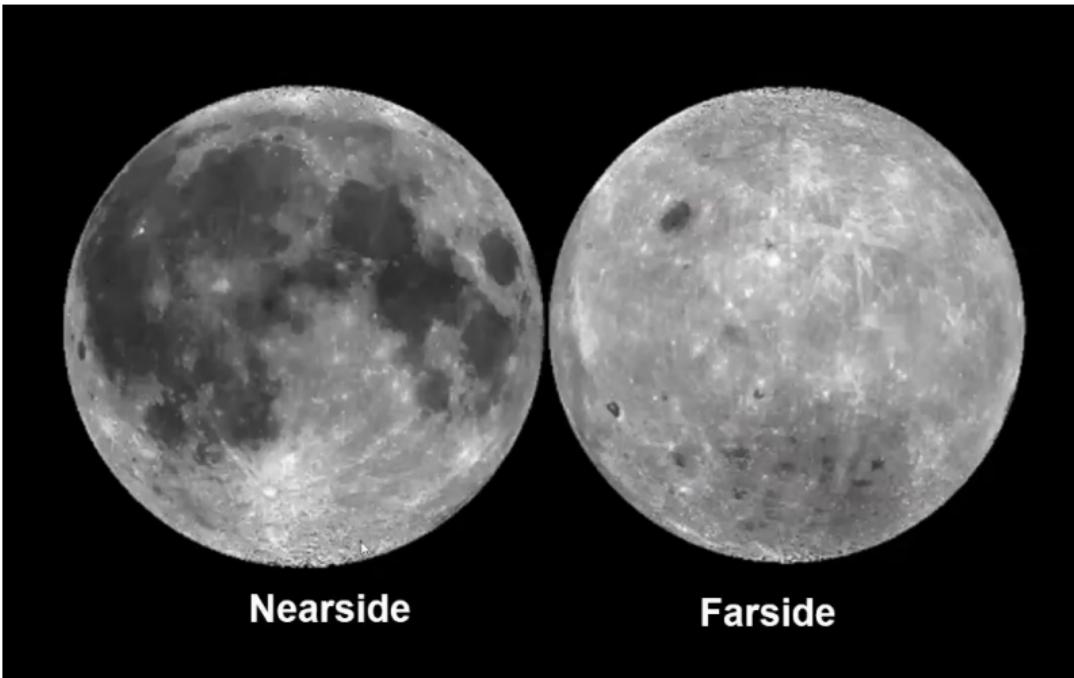
Regolito lunar es un sedimento



Basaltos Lunares

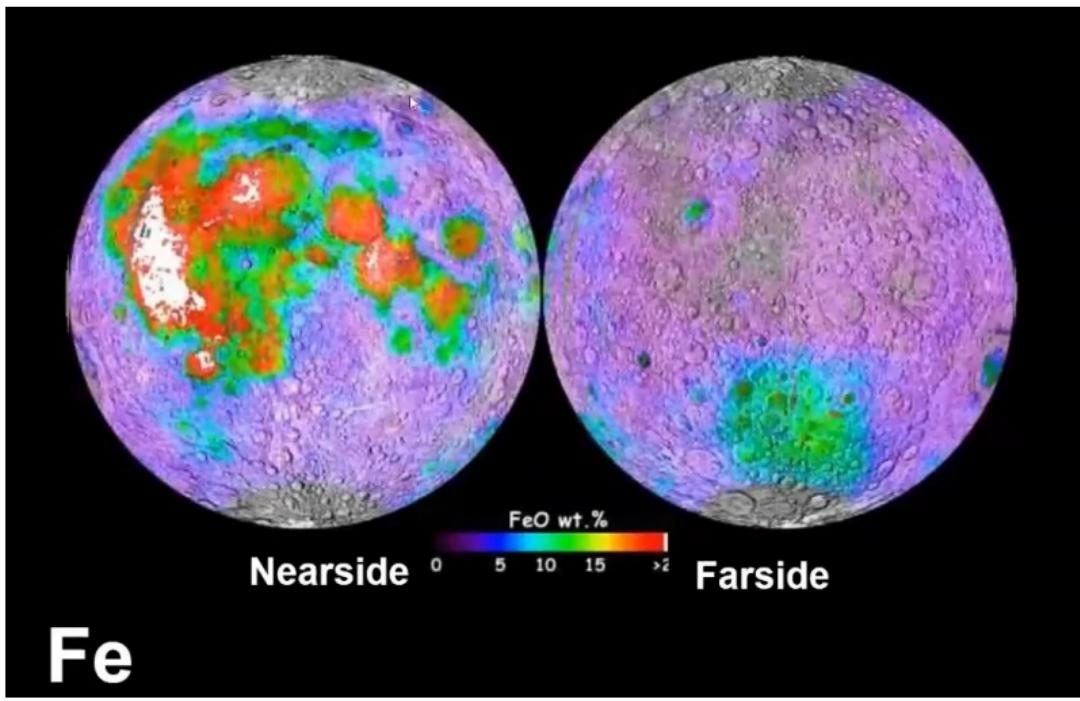
Rocas Lunares

Basaltos



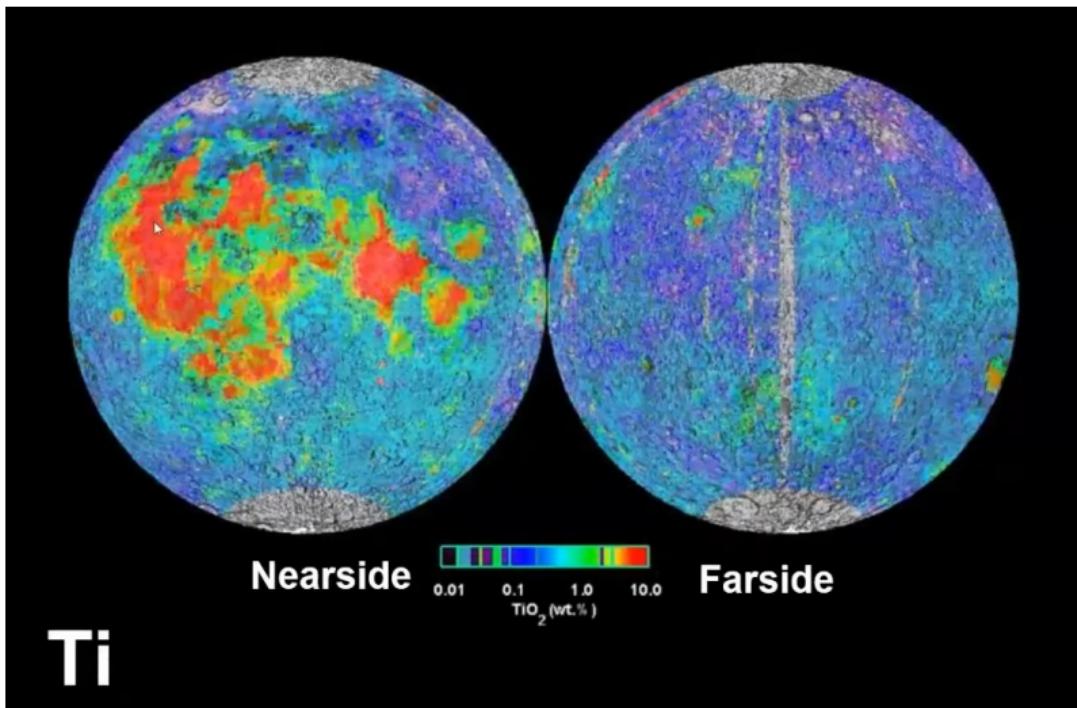
Rocas Lunares

Basaltos: Rocas ricas en Hierro (Fe) y otros metales



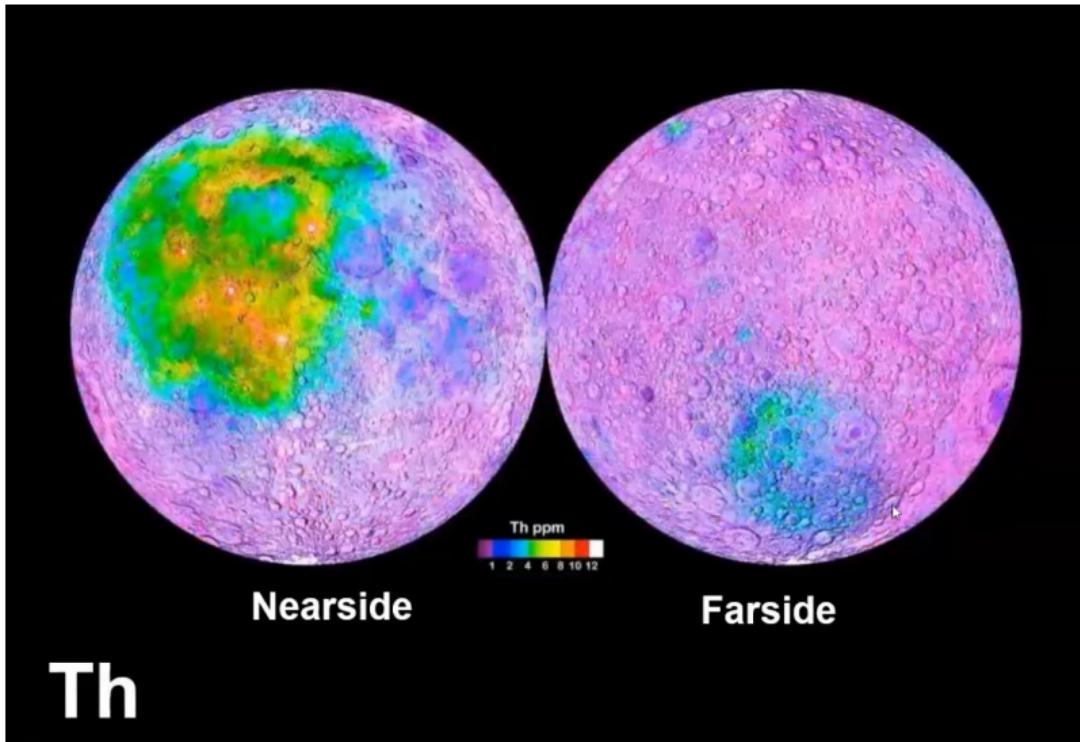
Rocas Lunares

Basaltos: Rocas ricas en Hierro (Fe) y otros metales (eg. Titanio)



Rocas Lunares

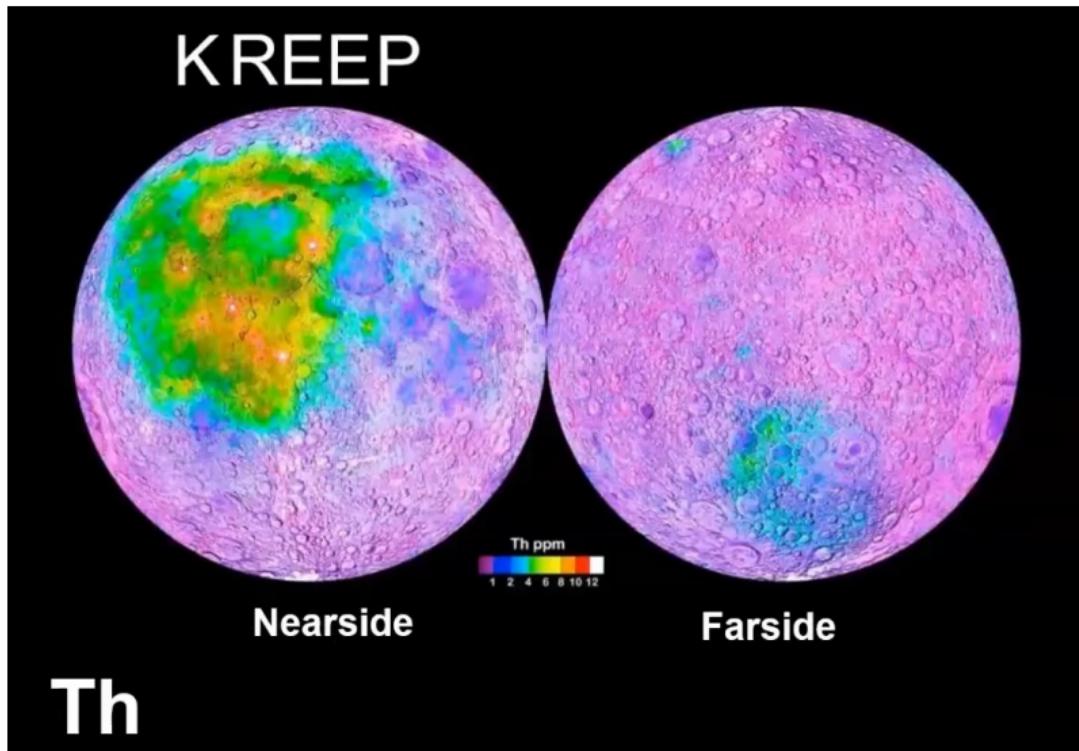
Dos tipos de Basaltos: Basaltos sin Tierras Raras y Basaltos KREEP



Torio es una tierra rara (REE=Rare Earth Elements)
También hay Potasio (K) y Fósforo (P)

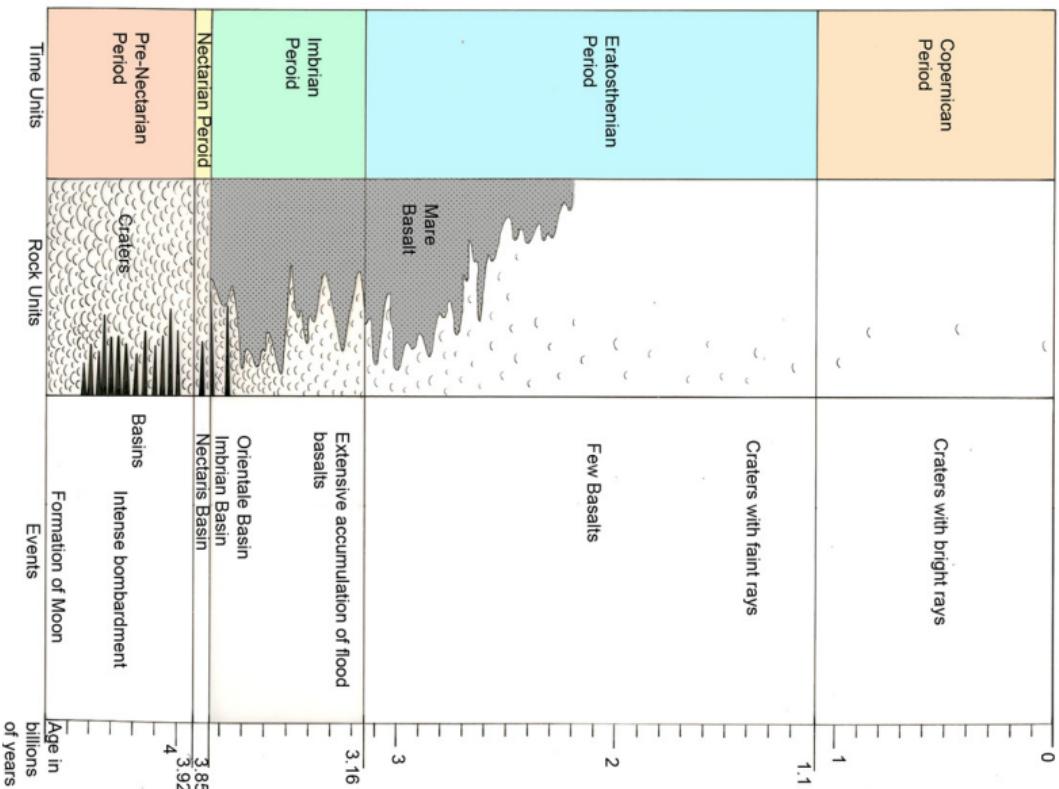
Rocas Lunares

Dos tipos de Basaltos: Basaltos sin Tierras Raras y Basaltos KREEP



KREEP = Potasio (K) + Tierras Raras (REE) + Fósforo (P)

Períodos Geológicos de la Luna



¿Qué veremos hoy por el telescopio?

¿Qué veremos hoy por el telescopio?

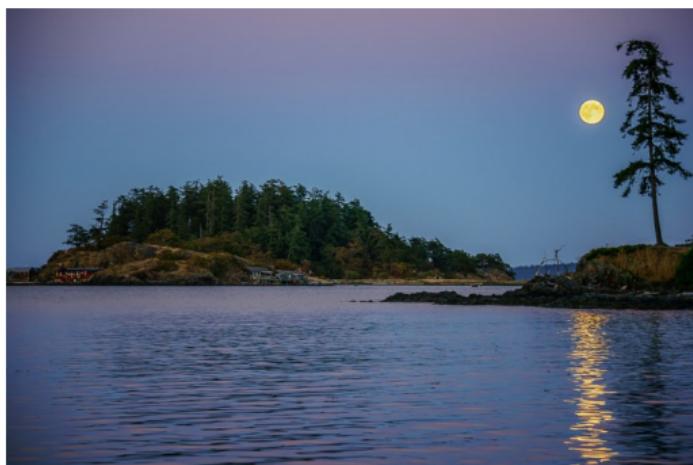


¿Qué veremos hoy por el telescopio?

- Gran campo (ver la luna en su conjunto)
 - Comparar los "maria" con las tierras altas
 - Observar Diferencia de coloración entre ambos
 - Observar el aspecto más "rugoso" de las tierras altas y más "plano" de los maria
- Gran detalle
 - Investigar cráteres
 - En los cráteres grandes intentar ver la "montaña central"
 - Comparar los colores de distintos cráteres: eg. Platón vs Tycho
 - Observar las cadenas montañosas que rodean al Mare Imbrium
 - Mons Alpes
 - Mons Apennines
 - Observar la "bahía" Sinus Iridium

El Tamaño Aparente de la Luna en el Cielo

Ilusión Óptica del Tamaño de la Luna



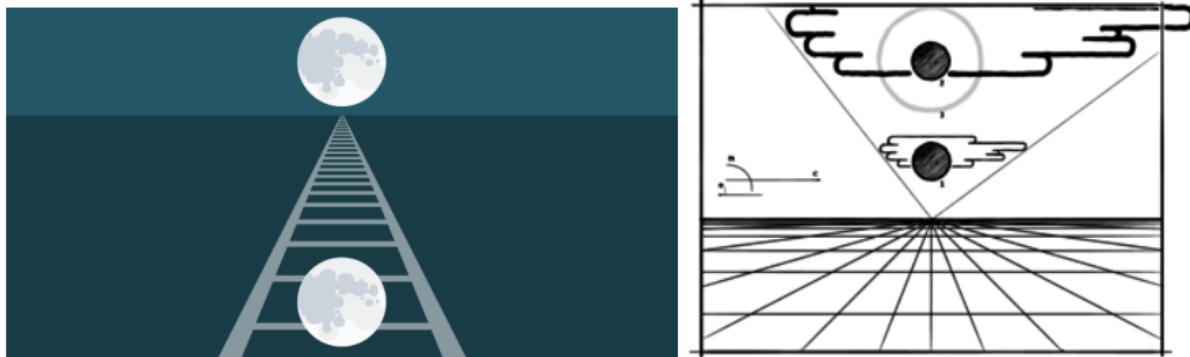
- El tamaño aparente de la Luna no es tan grande como nuestro cerebro lo interpreta.
- Cuando la Luna está cerca del horizonte nos parece ser hasta 2 veces más grande que cuando está cerca del cenit
- Esta ilusión óptica se debe a la suma de dos efectos
 - ① La manera que tiene el cerebro humano de interpretar el tamaño relativo de las cosas
 - ② Un efecto óptico de achatamiento de la bóveda celeste cerca del cenit

El Tamaño Aparente de la Luna en el Cielo

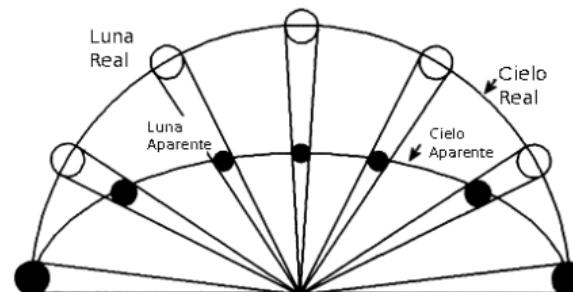
Ilusión Óptica del Tamaño de la Luna

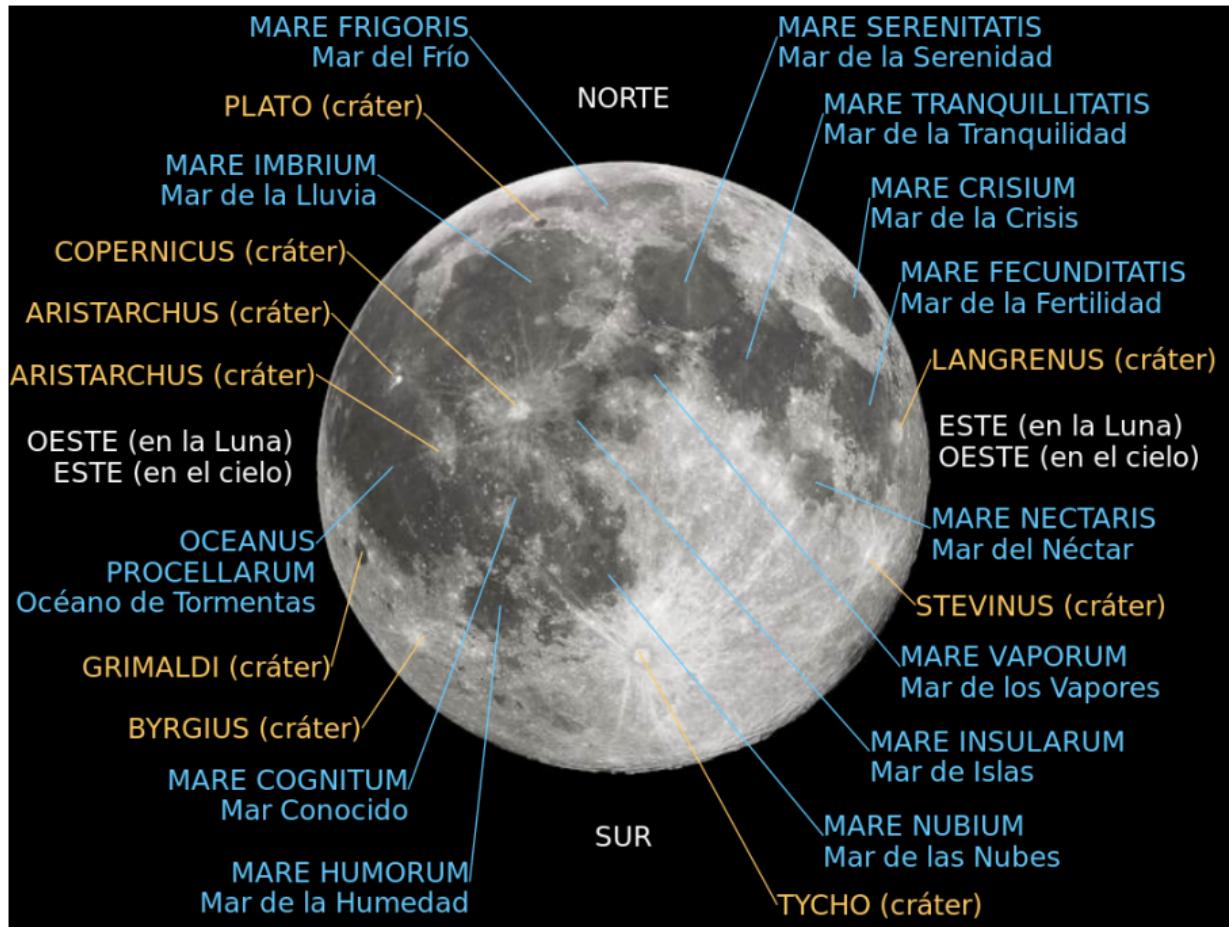
La ilusión óptica del tamaño de la Luna se debe a la suma de dos efectos

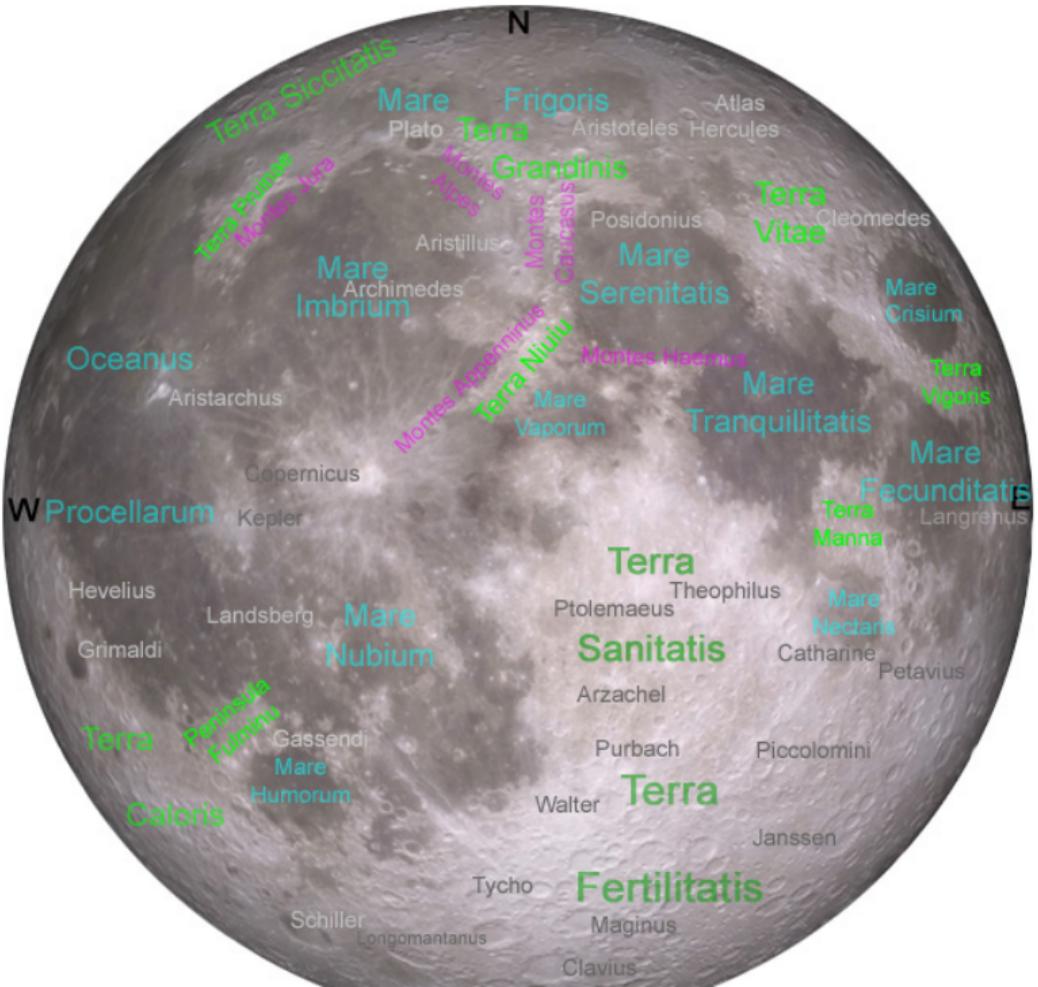
- ① La manera que tiene el cerebro humano de interpretar el tamaño relativo de las cosas



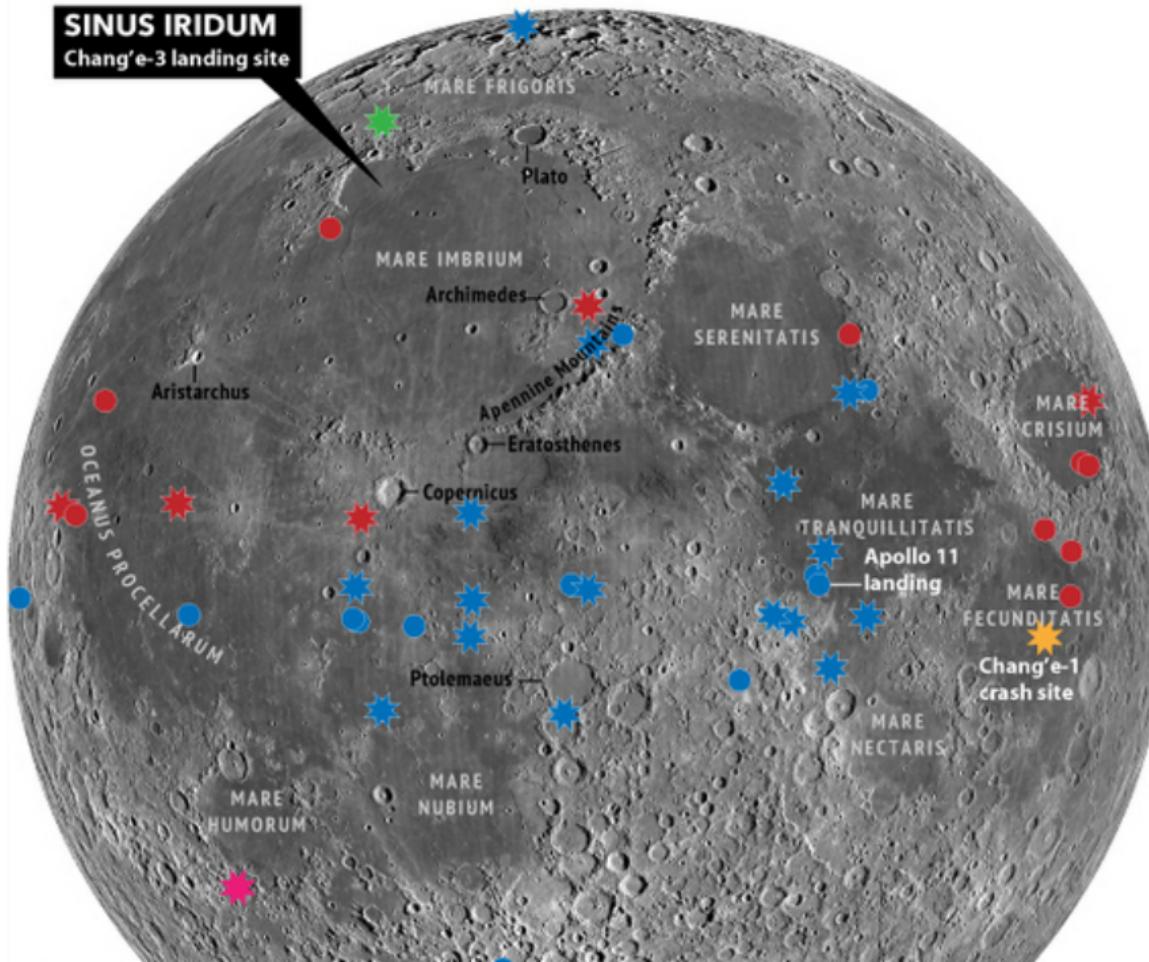
- ② Un efecto óptico de achatamiento de la bóveda celeste cerca del cenit





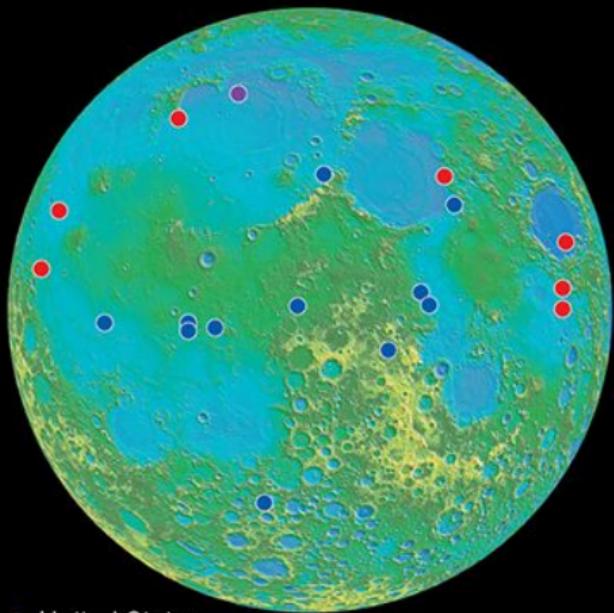


LANDINGS AND CRASHES ON THE MOON'S NEAR SIDE

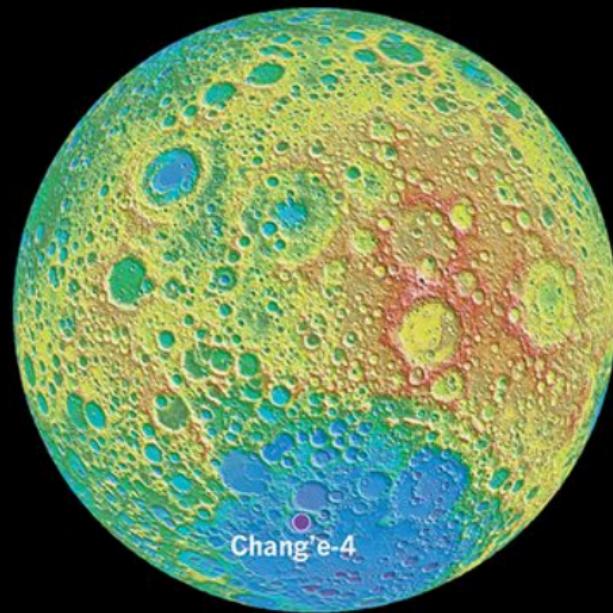


Moon Landing Sites

a Near side



b Far side



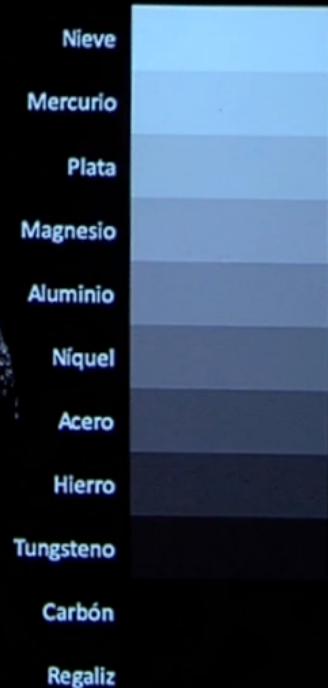
- United States
- Soviet Union
- China

Kilometres
-8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10

Reflectividad de la Luna

La Luna

Propiedades físicas



Reflectividad de la Luna

La Luna

Propiedades físicas

Albedo: < 0,1



La Luna refleja luz como... → Carbón

Regaliz



