

# La exploración robótica del sistema solar



Héctor Guerrero Padrón

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial



Fundación Juan March

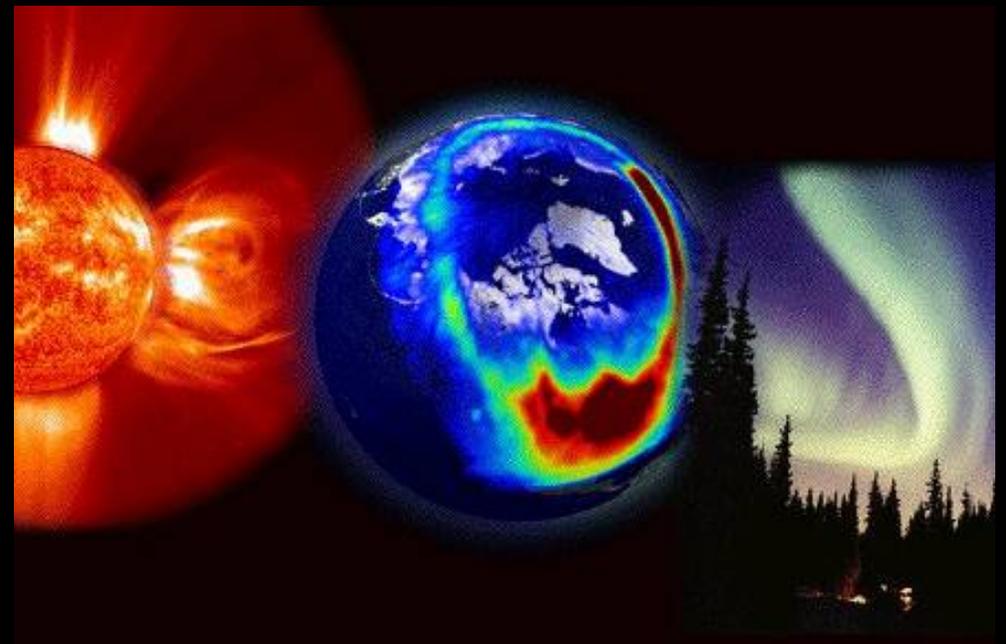
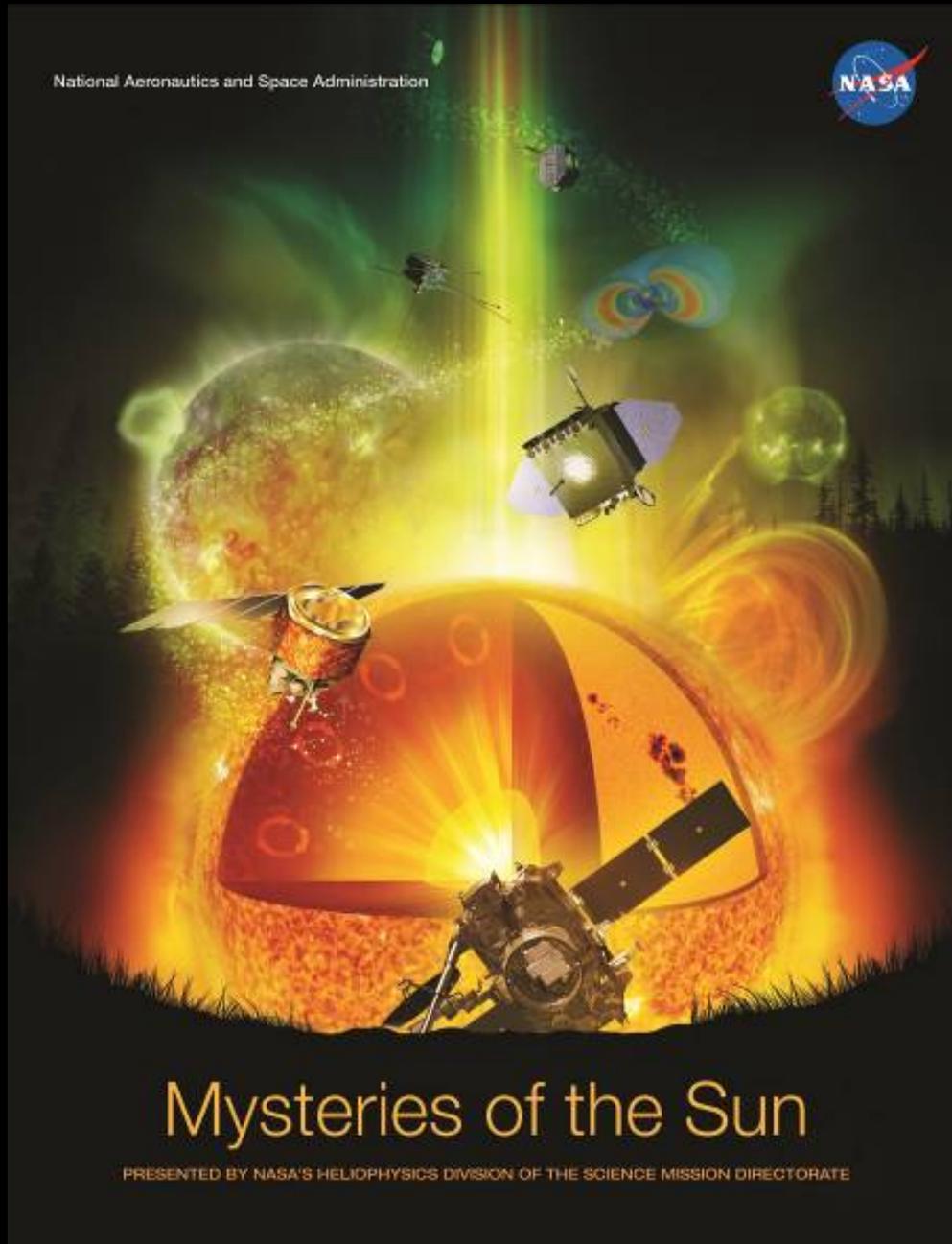
*Martes 29 de noviembre de 2011*

# El ciclo de Conferencias

Jueves 17 – XI – 2011

# El Sol, nuestra estrella

Valentín Martínez Pillet - IAC

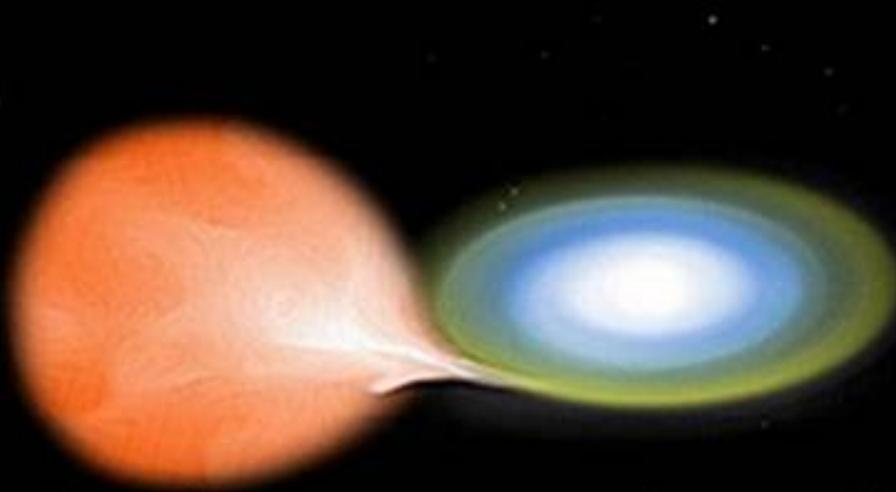


# El ciclo de Conferencias

Martes 22 – XI – 2011

# La formación del Sistema Solar

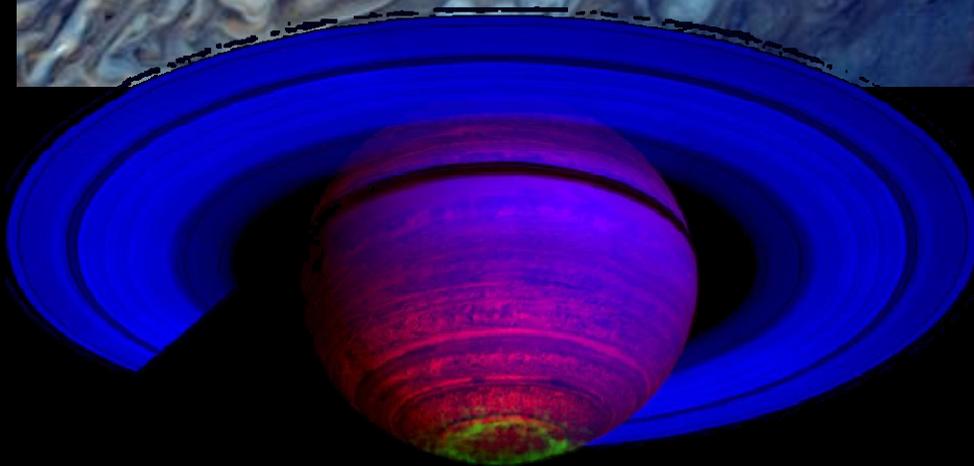
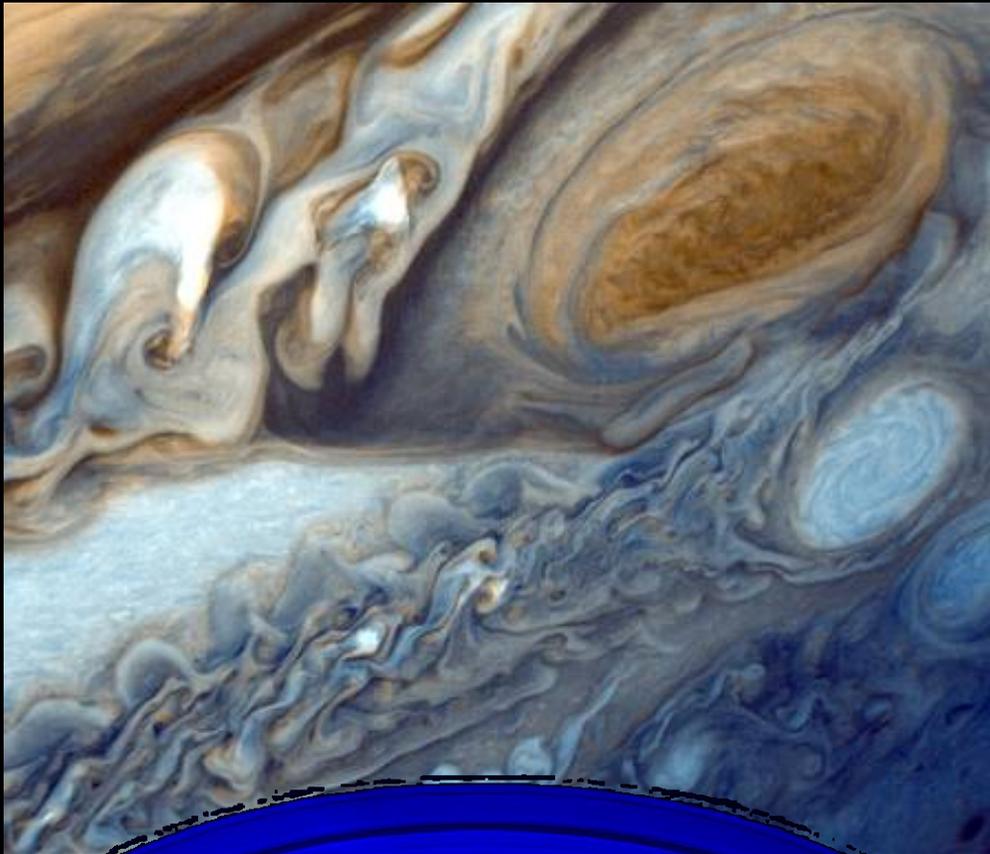
Ricardo Hueso Alonso - UPV



# El ciclo de Conferencias

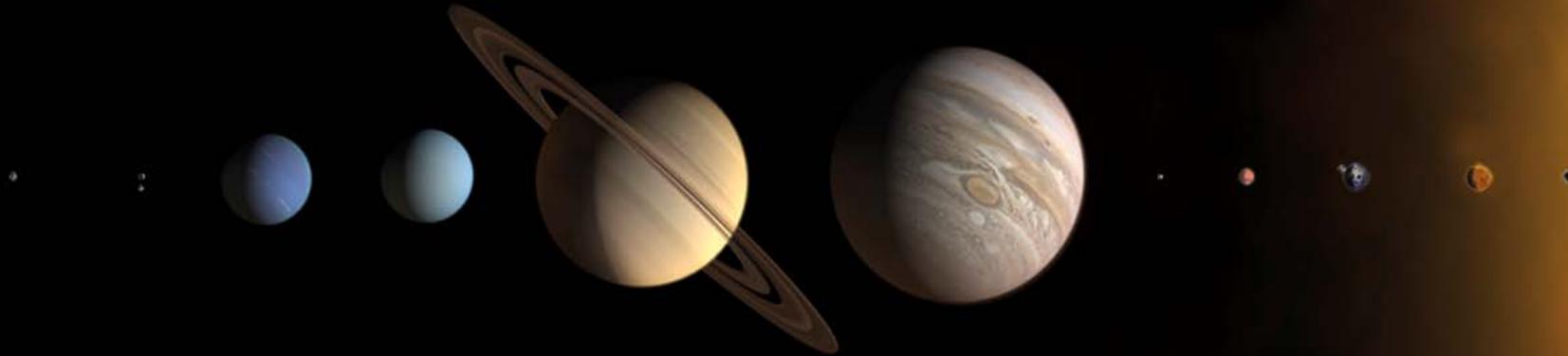
Jueves 24 – XI – 2011

Gigantes gaseosos y planetas extrasolares  
Agustín Sánchez-Lavega - UPV



# OBJETIVO

de esta cuarta y última Conferencia



*Introducir la exploración del **Sistema Solar** mediante **naves espaciales**, con especial mención a la conquista del **planeta Marte***

# Contenido de la conferencia

1 – Los parámetros del Sistema Solar

2 – ¿Por qué explorar el Sistema Solar?

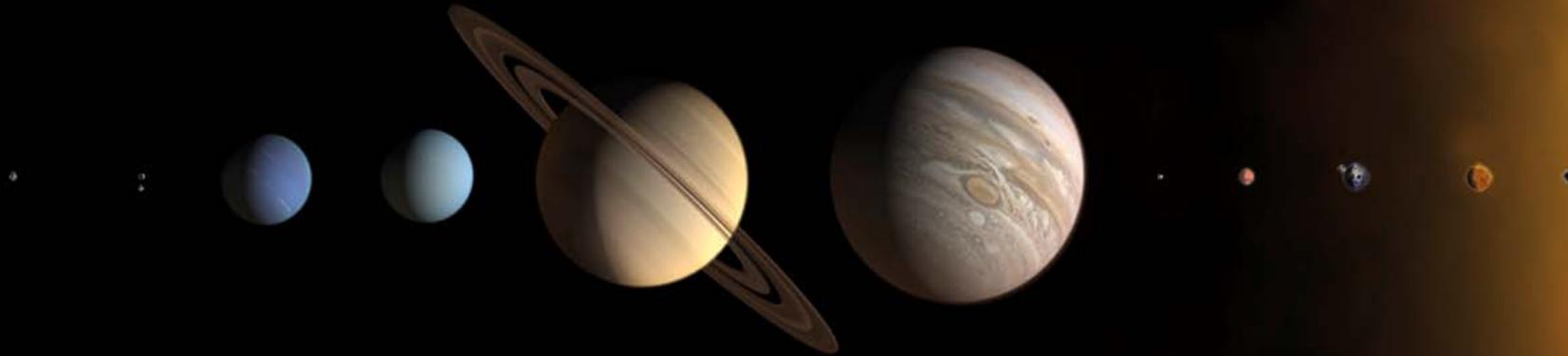
3 – *El primer paso*: superar la gravedad terrestre

4 – ¿Explorar con robots o con humanos?

5 – ¿Hasta dónde hemos llegado?

6 – *La conquista* del planeta Marte

# 1. Los parámetros del Sistema Solar



*Los **objetos** a explorar,  
sus **tamaños** relativos,  
sus **movimientos** orbitales,  
las **distancias** a las que se encuentran*

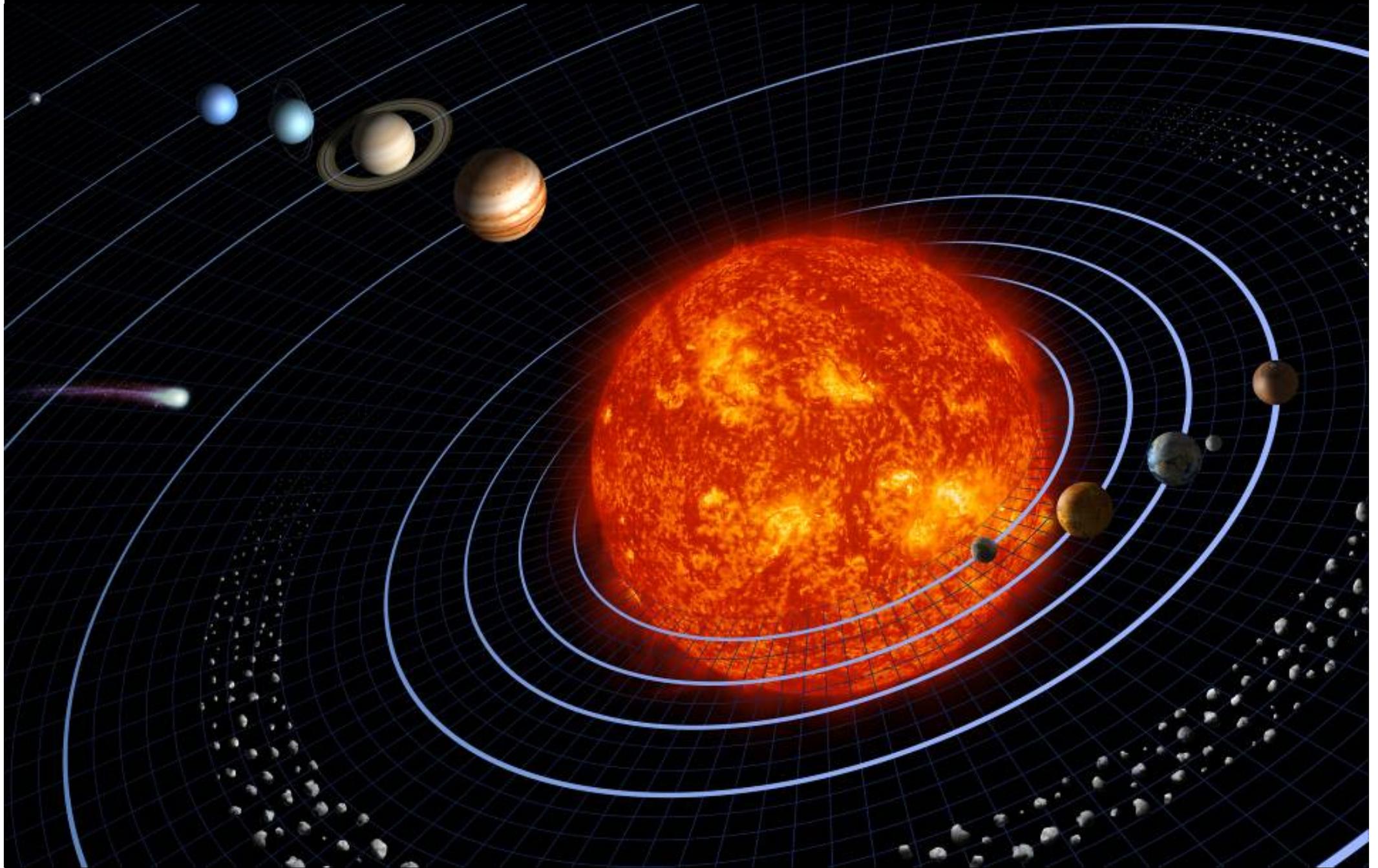
# Nuestro Sistema Solar...



Una estrella  
ocho planetas  
algunos planetas enanos  
ciento setenta lunas  
millones de asteroides  
miles de millones de cometas

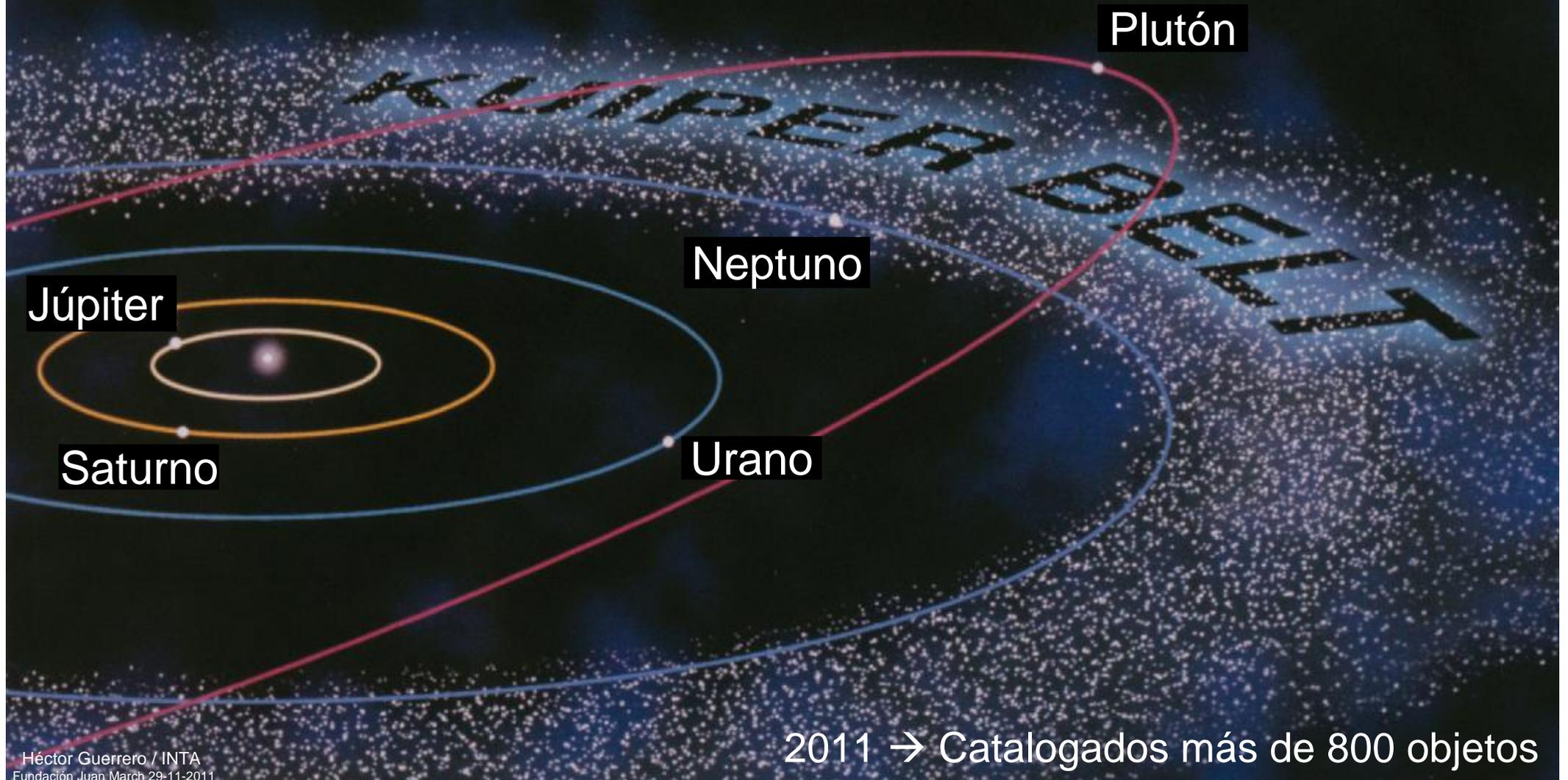
*¡Multitud de  
'objetivos'  
a explorar!*

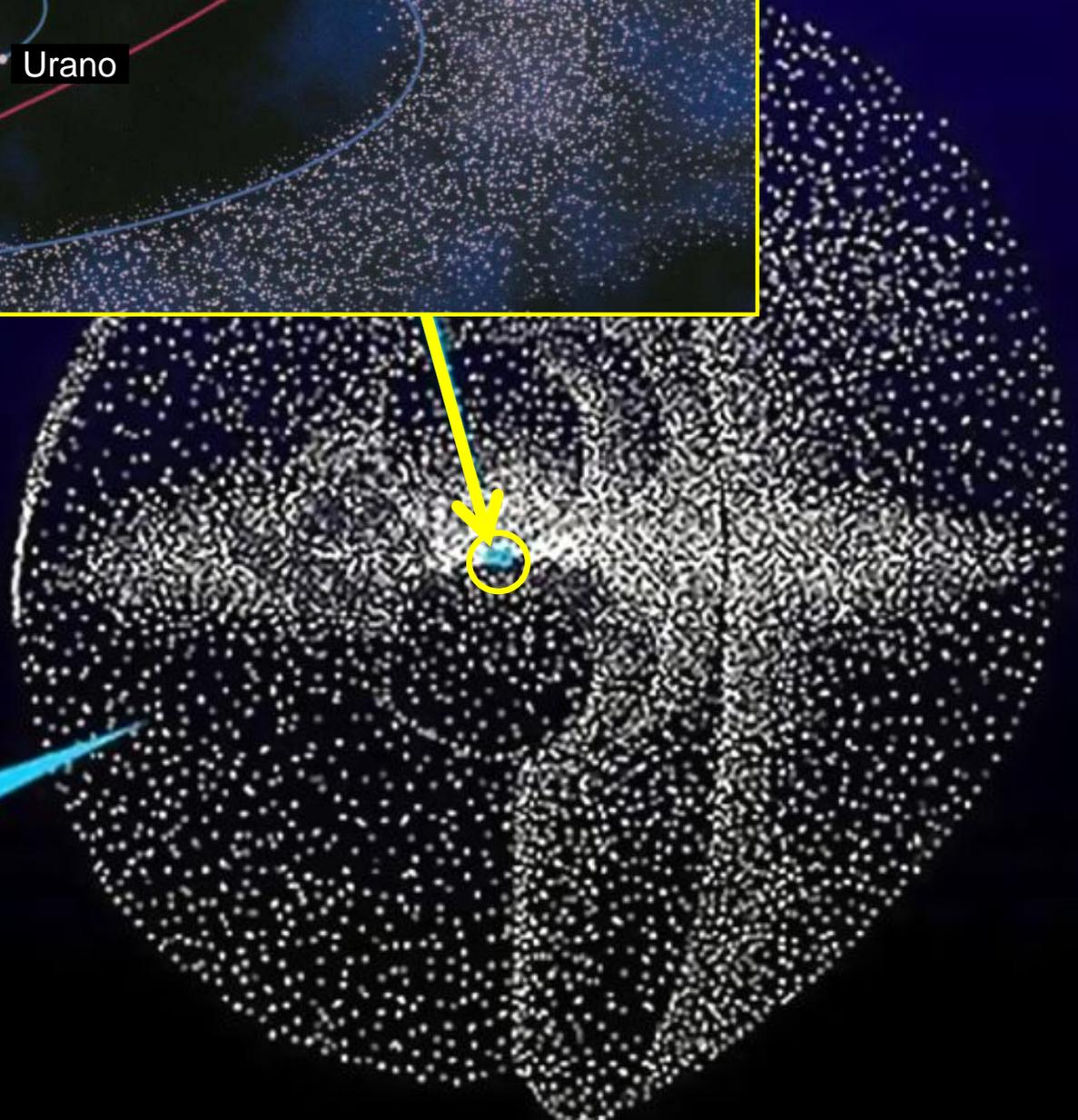
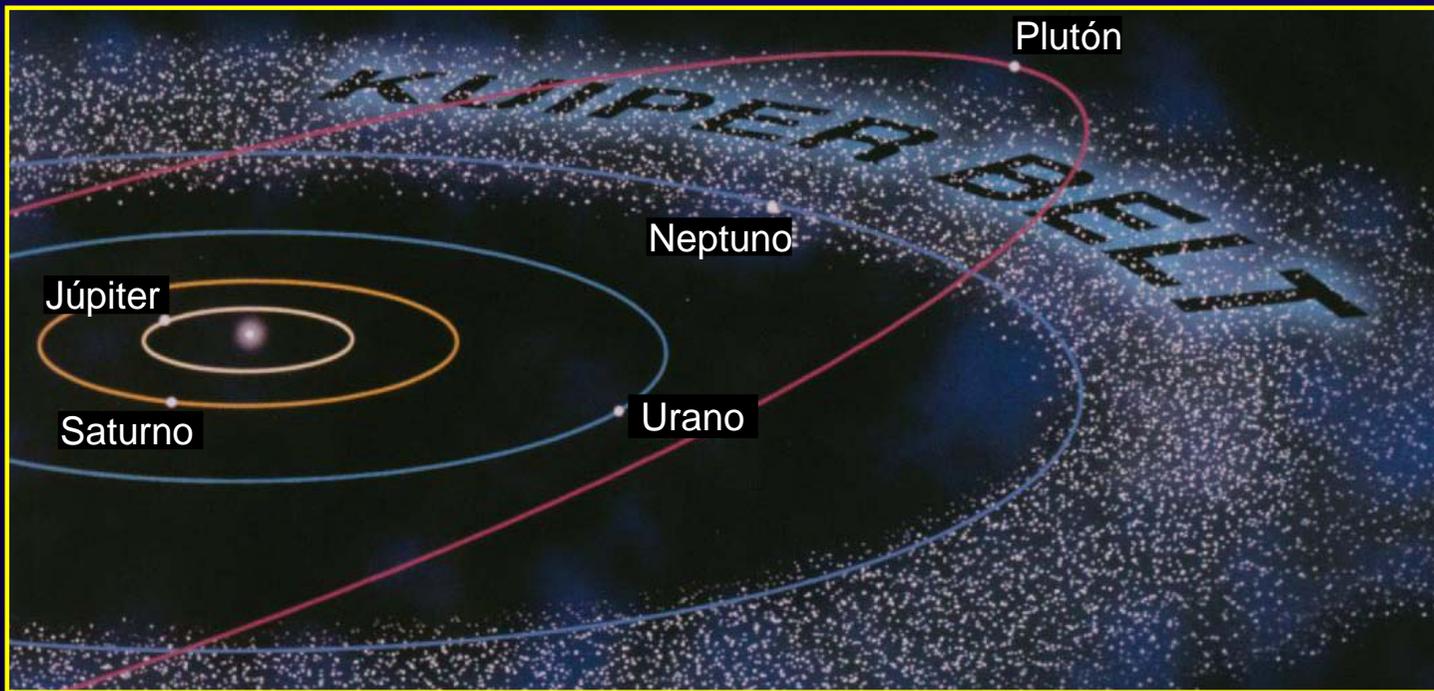
# No están quietos, orbitan en torno al Sol



Más allá de la órbita de Neptuno está  
**el cinturón de Kuiper**  
30 a 100 unidades astronómicas

*Alberga todos los objetos trans-neptunianos y los cometas de ciclo corto*





La 'nube de Oort' está compuesta por miles de millones de cometas

# Tamaño relativo de los cuatro planetas rocosos



Mercurio

$0,39 R_T$



Venus

$0,95 R_T$



Luna

$0,27 R_T$



**Tierra**

Radio ecuatorial  
 $R_T = 6.378,1 \text{ km}$



Marte

$0,53 R_T$

Radio terrestre  $R_T = 6.378,1$  km

Júpiter  
 $11,2 R_T$

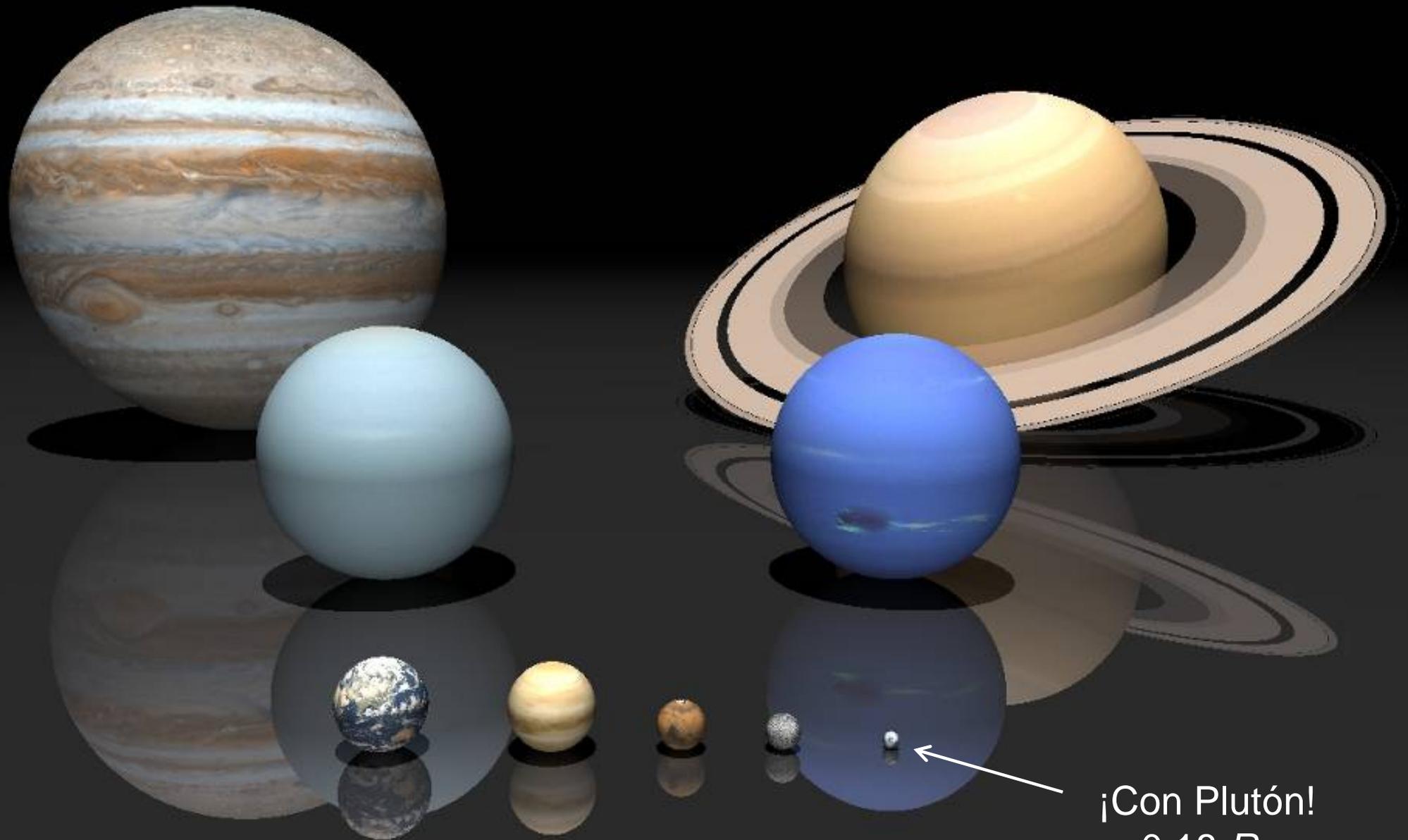
Saturno  
 $9,41 R_T$

Neptuno  
 $3,81 R_T$

Urano  
 $3,98 R_T$

# Tamaño relativo de los cuatro planetas gaseosos

Radio terrestre  $R_T = 6.378,1 \text{ km}$

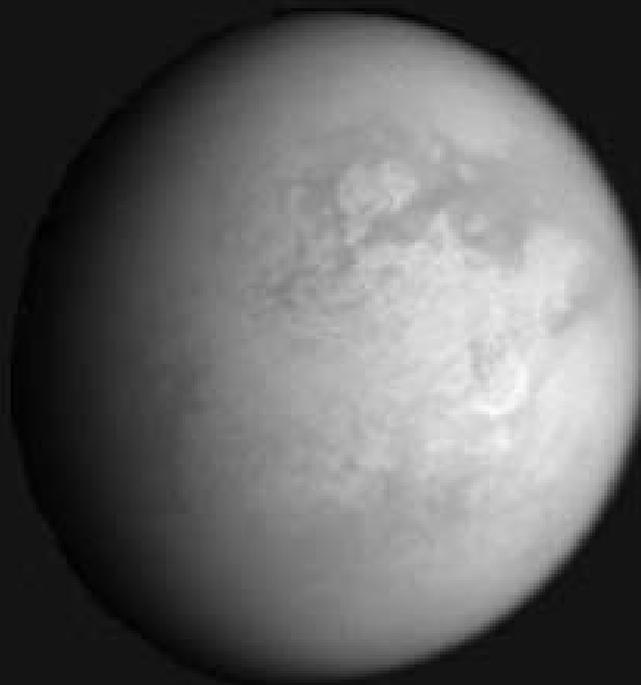


¡Con Plutón!  
 $0,18 R_T$

*¡Toda la familia!*



Ganímedes / Júpiter



Titán / Saturno



Calixto / Júpiter



Io / Júpiter



Luna / Tierra



Europa / Júpiter



Tritón / Neptuno



Plutón

***¡No olvidemos las lunas!***

Radio de Júpiter = 71.492 km (11,2  $R_T$ )



Tierra

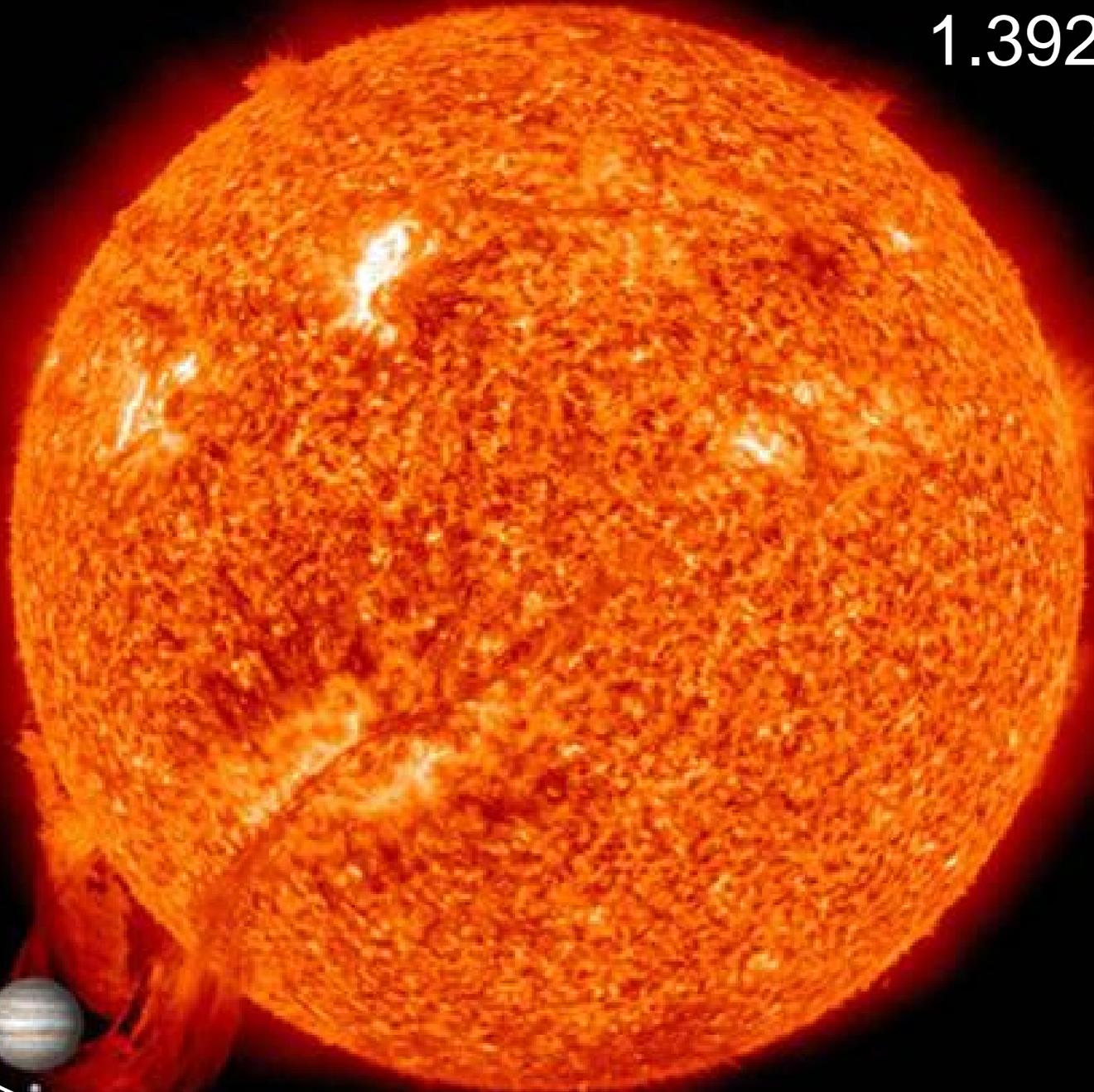


Radio del Sol  
1.392.000 km  
(109  $R_T$ )

Júpiter



Tierra



# OBJETOS *TRANS-NEPTUNIANOS*



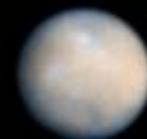
# Tamaños relativos de 'candidatos' a planetas enanos (objetos trans-neptunianos y asteroides)



¿1300 km?



532 km



Ceres **952 km**  
Planeta enano del  
cinturón de asteroides

Sol

# Las distancias en el Sistema Solar

Héctor Guerrero / INTA  
Fundación Juan March 29-11-2011

Madrid

Hawai

Plutón

Neptuno

Urano

Mercurio

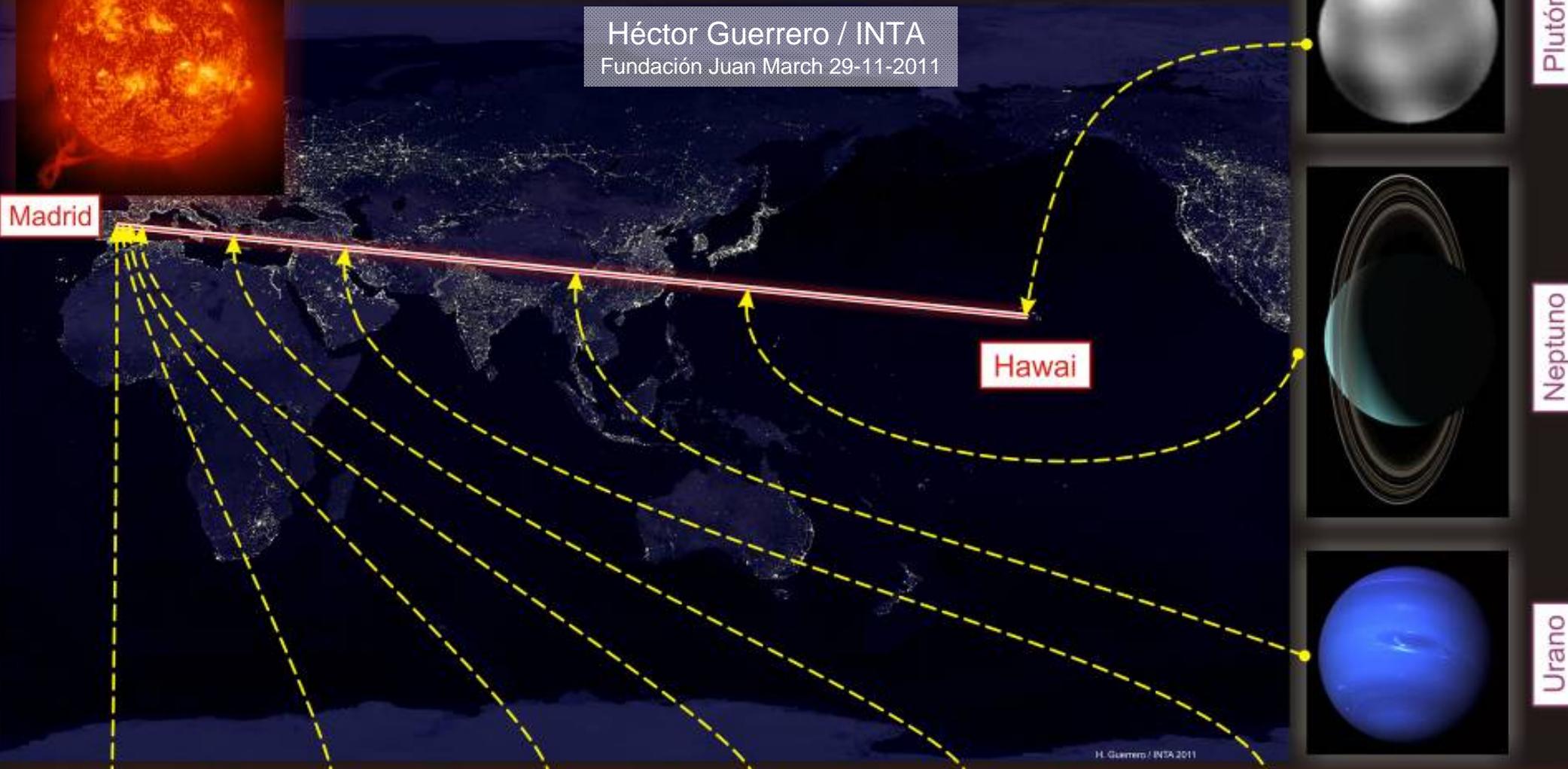
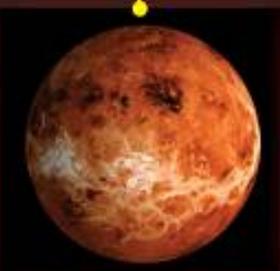
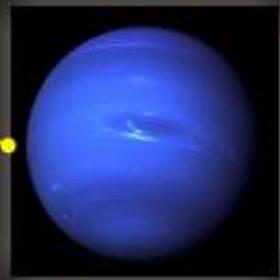
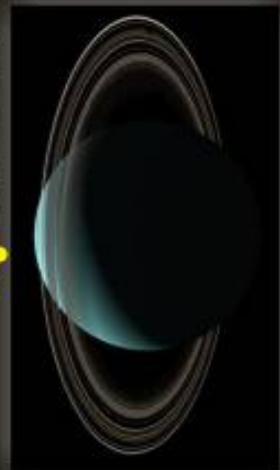
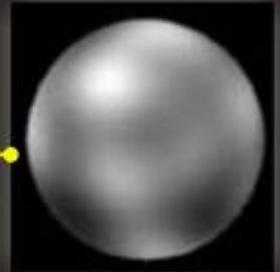
Venus

Tierra

Marte

Júpiter

Saturno



H. Guerrero / INTA 2011

## 2 – ¿Por qué explorar el Sistema Solar?



*Las **motivaciones** de la exploración espacial*

*El marco de referencia de la **tecnología espacial actual***

*Los **costes** y los **beneficios** de la exploración espacial*

# Razones por las que exploramos el Sistema Solar

Expandir las fronteras del  
conocimiento humano

---

Materializar, asegurar y explotar  
esta exploración

# Razones por las que exploramos el Sistema Solar

## 1 – Comprender el Sistema Solar

*Nacimiento, evolución, diversidad... ¡Entender a la propia Tierra!*



## 2 – La búsqueda del origen de la vida

*Identificar nuevas formas vida en otros lugares del Sistema Solar*



## 3 – Explorar y extender la presencia humana

*Una nueva etapa para nuestro insaciable espíritu de conquista*



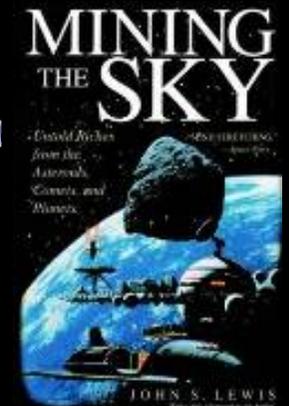
## 4 – Desarrollar tecnologías para la exploración

*Aumentar la capacidad de llegar más lejos y realizar más funciones*

## 5 – Avanzar en las ciencias que den soporte a la exploración humana



## 6 – Estimular la *imparable* expansión económica



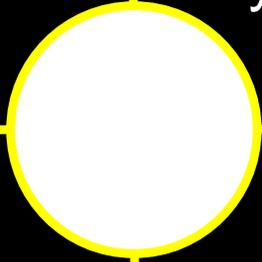
# Nuestro 'marco de referencia' espacial

## 1. Satélites *para* la Tierra

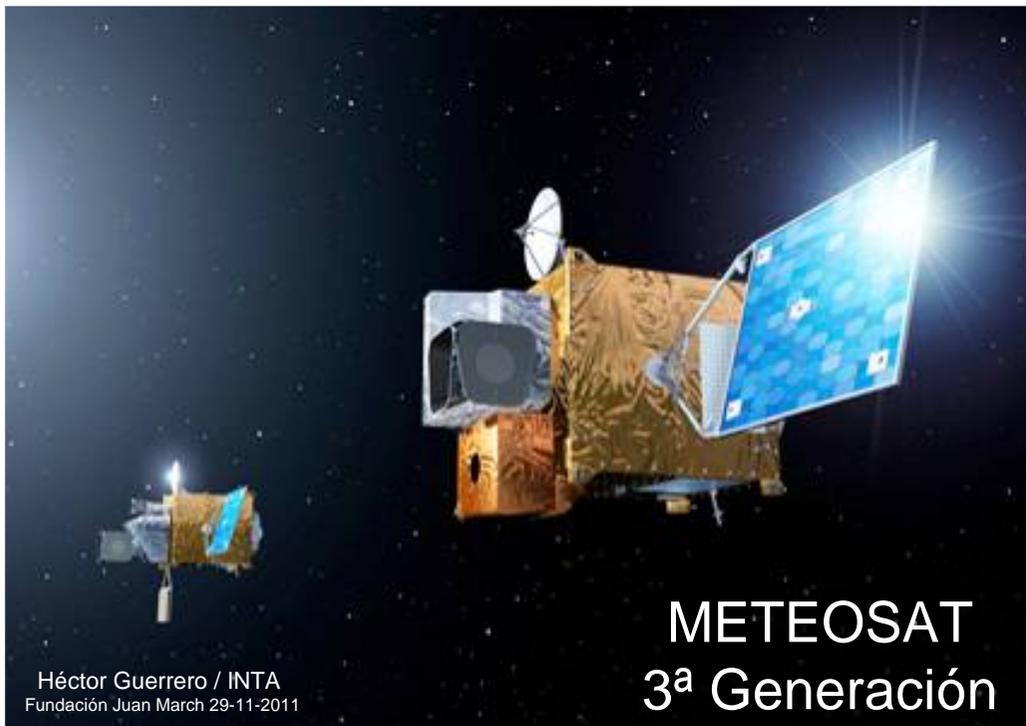
Observación  
de la Tierra

Posicionamiento  
y navegación

Meteorología



SEOSAT (Óptico y radar)



METEOSAT  
3ª Generación

Héctor Guerrero / INTA  
Fundación Juan March 29-11-2011



GPS / EE.UU.  
GLONASS / Rusia  
Galileo / Europa  
Beidou / China

# Nuestro 'marco de referencia' espacial

## 1. Satélites *para* la Tierra

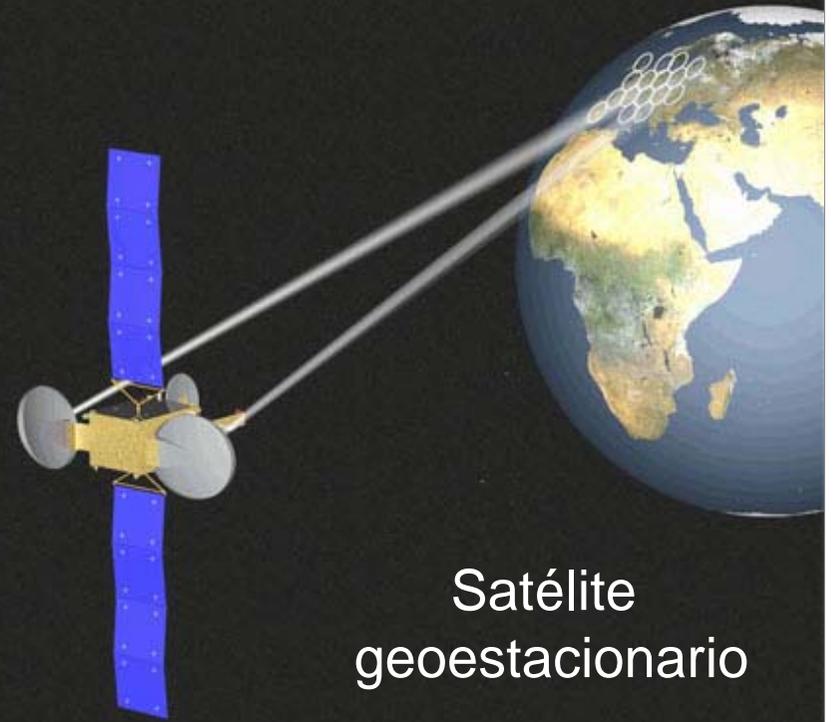
Observación  
de la Tierra

Posicionamiento  
y navegación

Ciencia

Meteorología

Comunicaciones



Satélite  
geoestacionario



Swarm



La primera retransmisión global de TV vía satélite

# Nuestro 'marco de referencia' espacial

## 1. Satélites *para* la Tierra

Observación  
de la Tierra

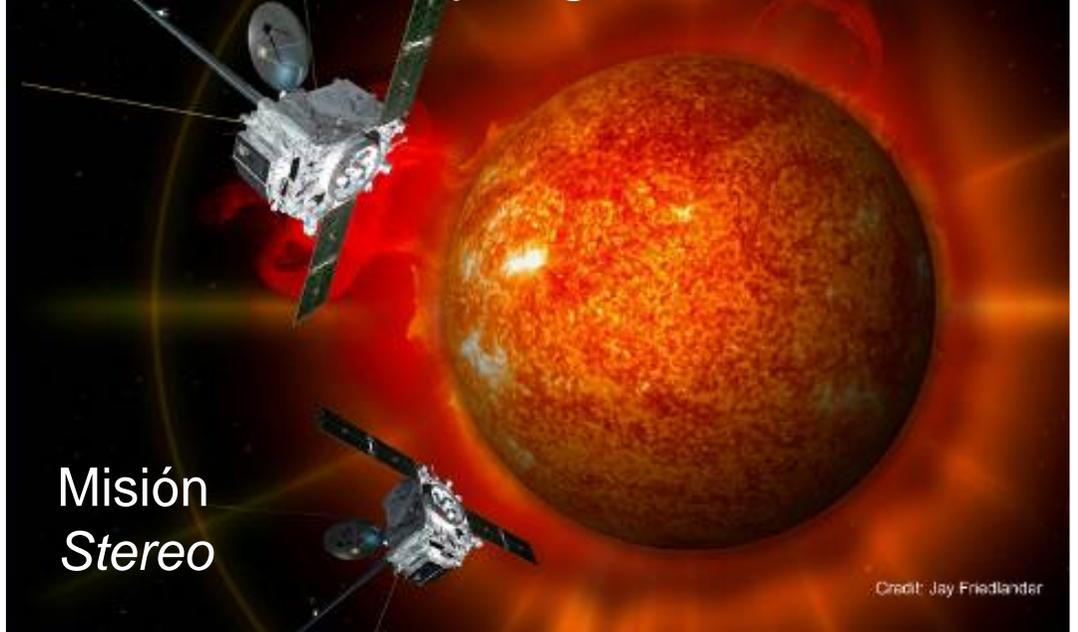
Posicionamiento  
y navegación

Ciencia

Meteorología

Comunicaciones

## 2. El estudio y vigilancia del Sol



Misión  
*Juno*



## 3. Exploración planetaria

Héctor Guerrero / INTA  
Fundación Juan March 29-11-2011

Telescopio  
espacial  
*Hubble*



## 4. Misiones astrofísicas

# Las cifras de la exploración del Sistema Solar



## Inversión pública en ESPACIO (2012)

Presupuesto anual mundial	~ 40.000 M\$
NASA	18.700 M\$
ESA (Europa)	4.000 M€
España	< 300 M€

## Inversión pública en DEFENSA

Presupuesto mundial	~ 1.100.000 M\$
EE.UU.	693.000 M\$
1 día de guerra (Irak / 2006)	725 M\$

### NASA (2012)

Exploración / Ciencia planetaria **1.360 M\$** (7,2 %)

Educación **180 M\$** (~ 1%)

## Coste de MISIONES

Mars Science Laboratory (NASA) → ~ 2.500 M\$

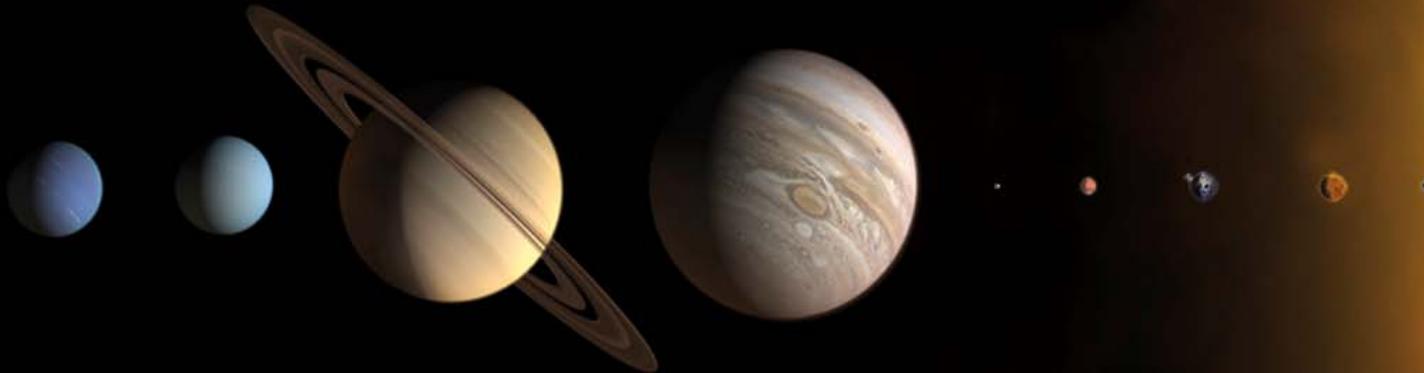
Rosetta (ESA) → ~ 1.000 M€

Voyager (NASA) → 865 M\$

Coste del proyecto *Apollo* → **136.000 M\$** (de 2007)

**34.000 empleados NASA** y **375.000** en **Industria y Universidad**

### 3 – *El primer paso: superar la gravedad terrestre*

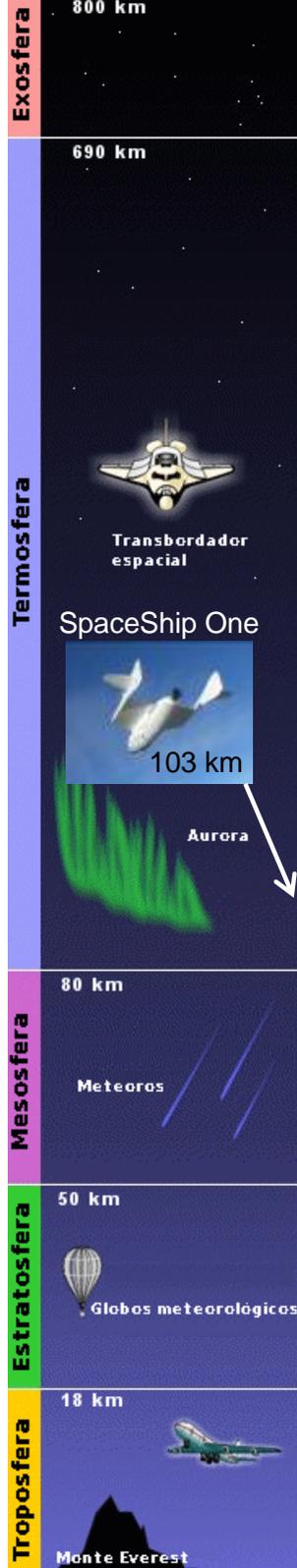


*Gracias a la 'dura' carrera espacial, logramos en 1957 rebasar la barrera del campo gravitatorio terrestre.*

*Todo empezó gracias a los pioneros...*

Escapar a la gravedad terrestres supone alcanzar una velocidad superior a 11,2 km/s

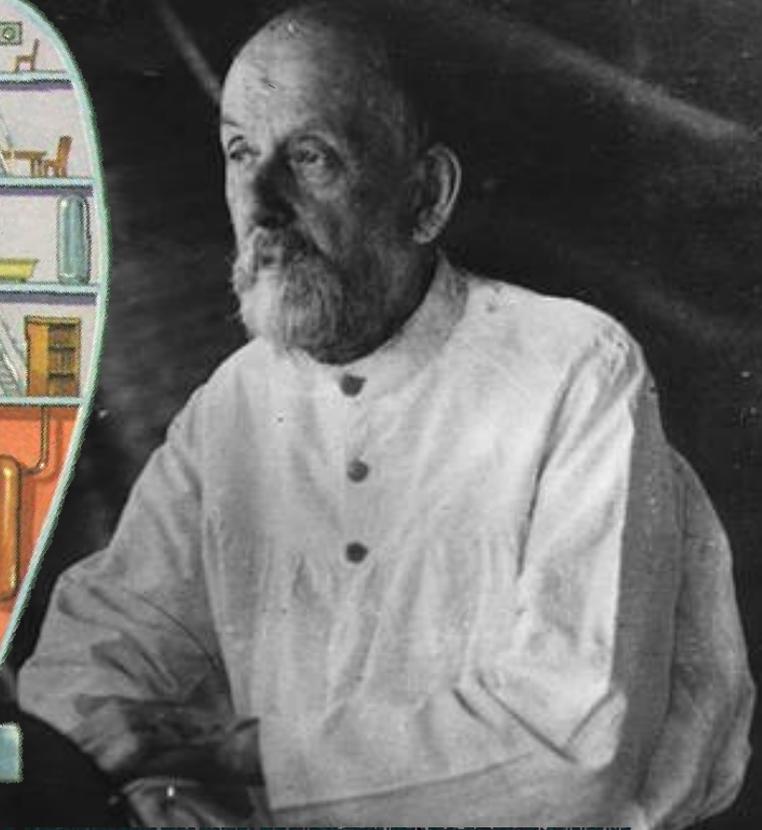
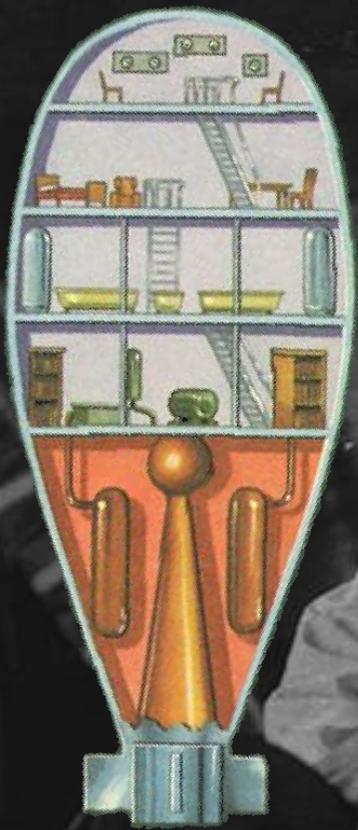
Inyectarse en órbita baja (200 a 1.200 km) implica superar una velocidad de ~ 7,8 km/s



120 km - Reentrada desde la órbita  
Zona del primer arrastre atmosférico

100 km - Línea Karman (Federación Aeronáutica Internacional)  
Las superficies aerodinámicas son ineficaces debido a la baja densidad atmosférica

80 km - Límite para un vuelo espacial / astronauta  
Definición en los EE.UU.

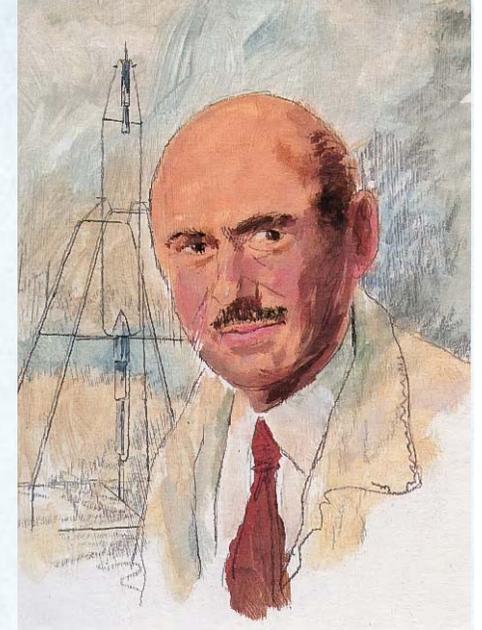


**Konstantin Eduardovich *TSIOLKOVSKY***

1857 – 1935

Héctor Guerrero / INTA  
Fundación Juan March 29-11-2011

**Robert Hutchings  
*GODDARD***  
1882 – 1945

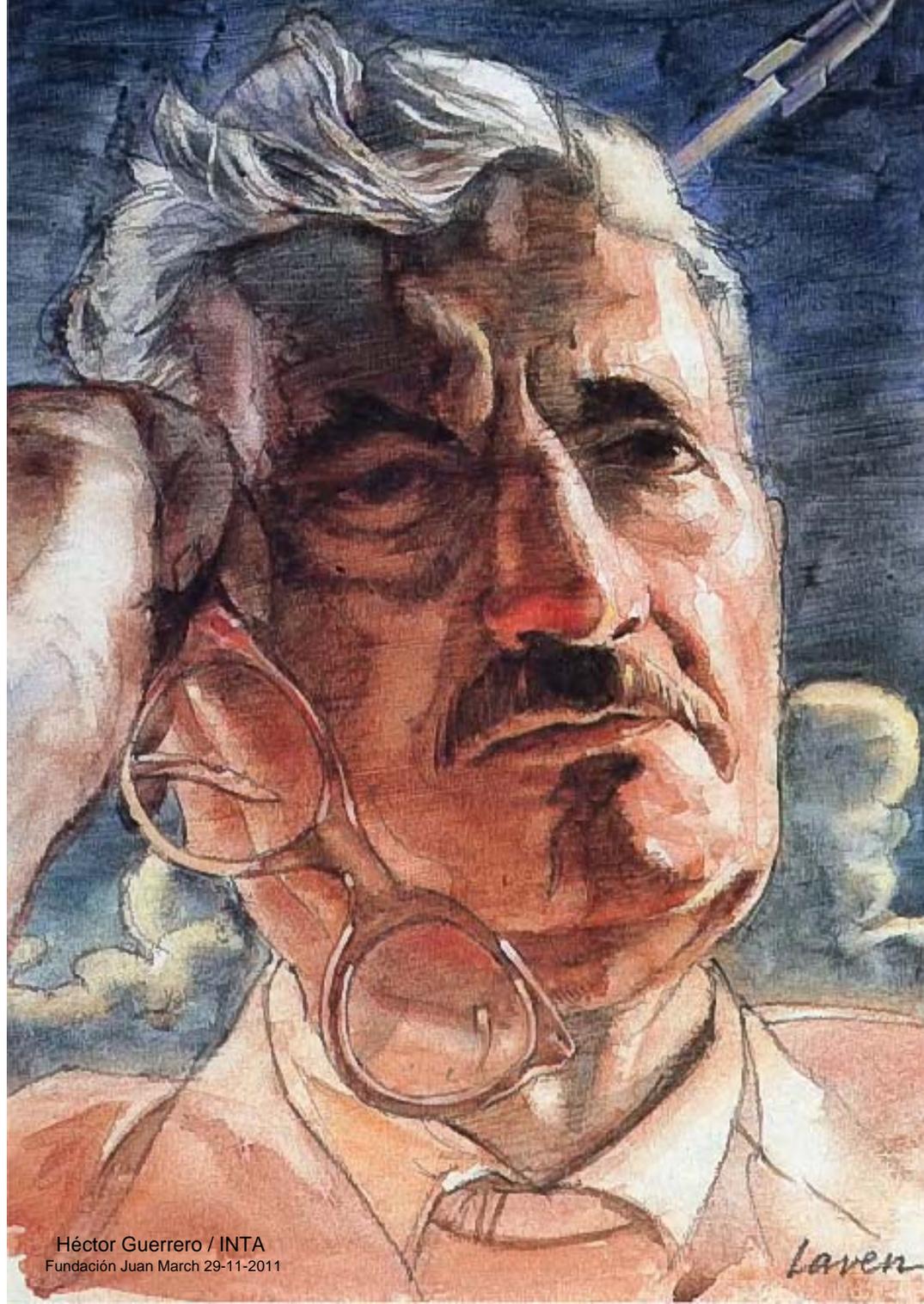


# Robert Goddard



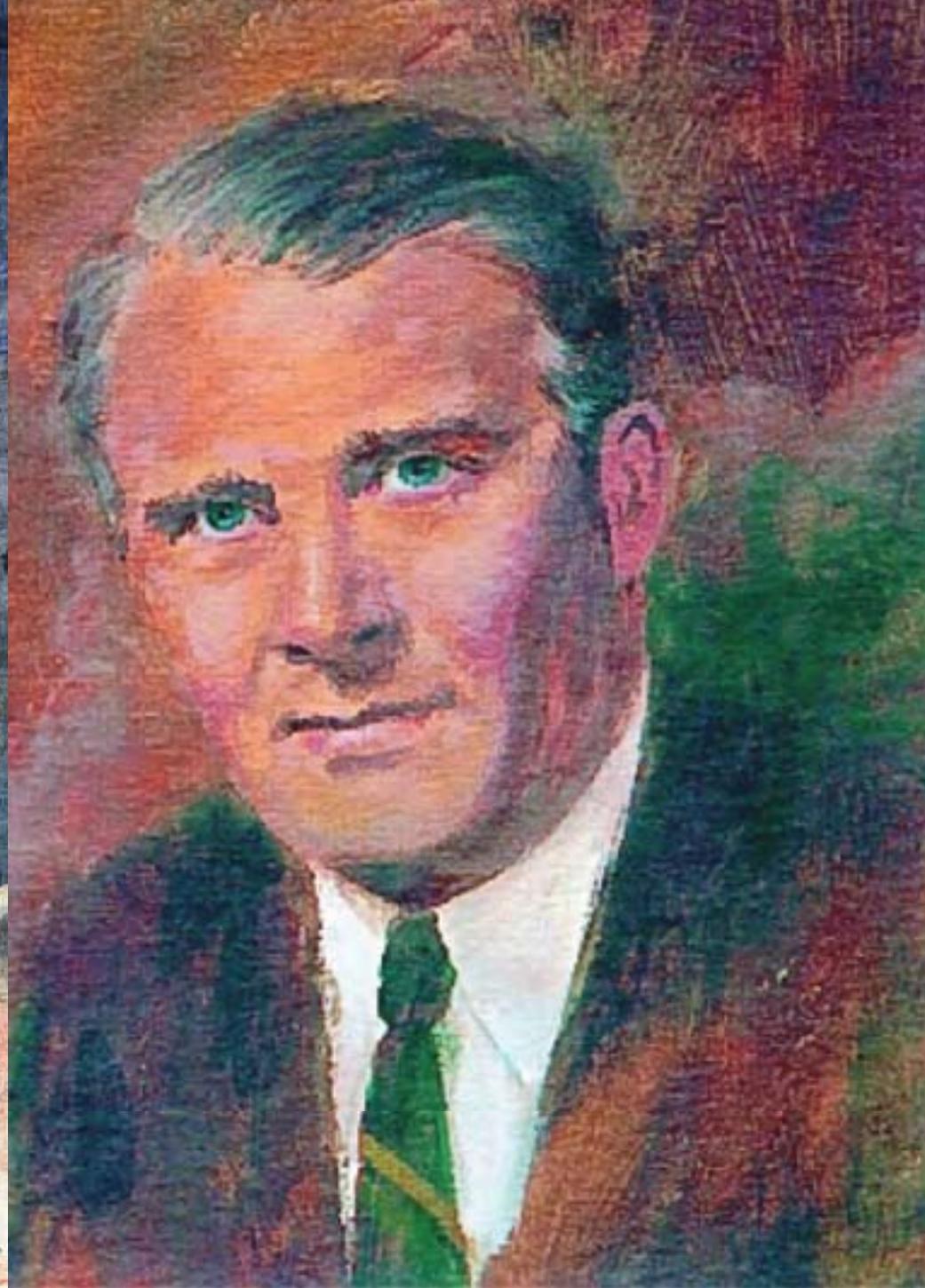
*“es difícil decir qué es imposible, porque el sueño de ayer es la esperanza de hoy y la realidad de mañana” (1904)*

**Hermann Julius Oberth (1894 – 1989)**



Héctor Guerrero / INTA  
Fundación Juan March 29-11-2011

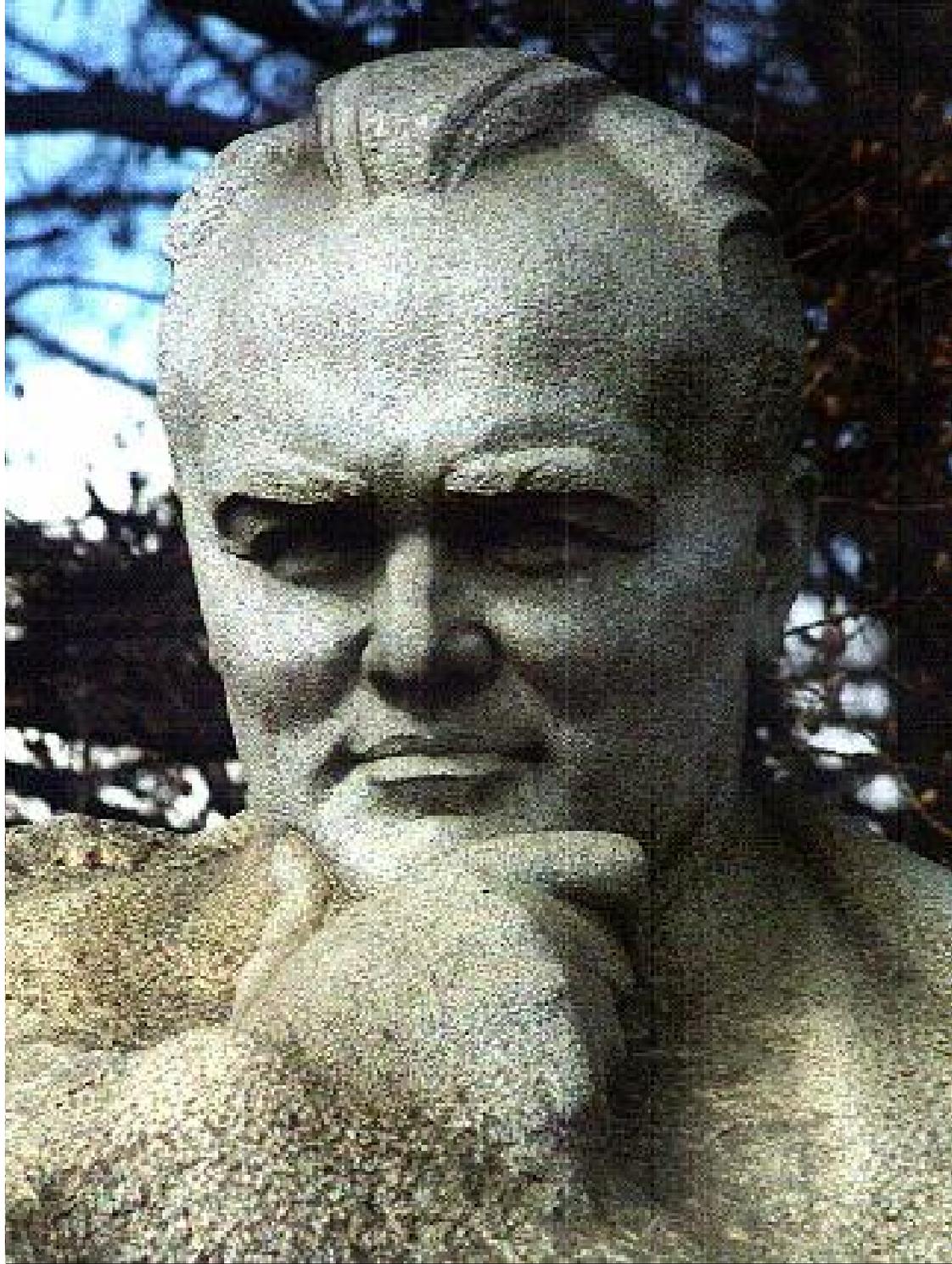
**Wernher Magnus Maximilian Freiherr von Braun (1912 – 1977)**



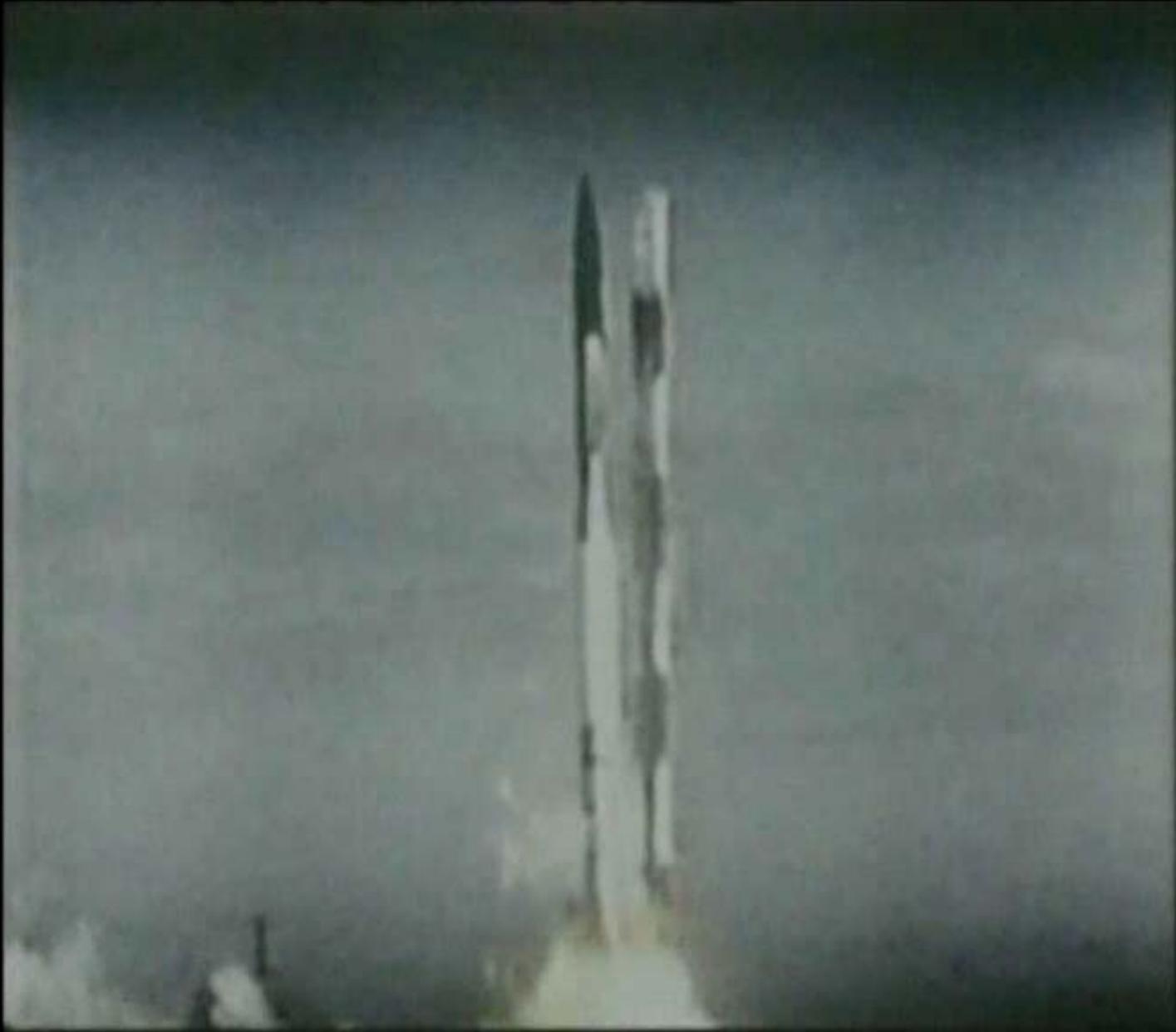
Lanzamiento de una V2



## Von Braun en la II Guerra Mundial



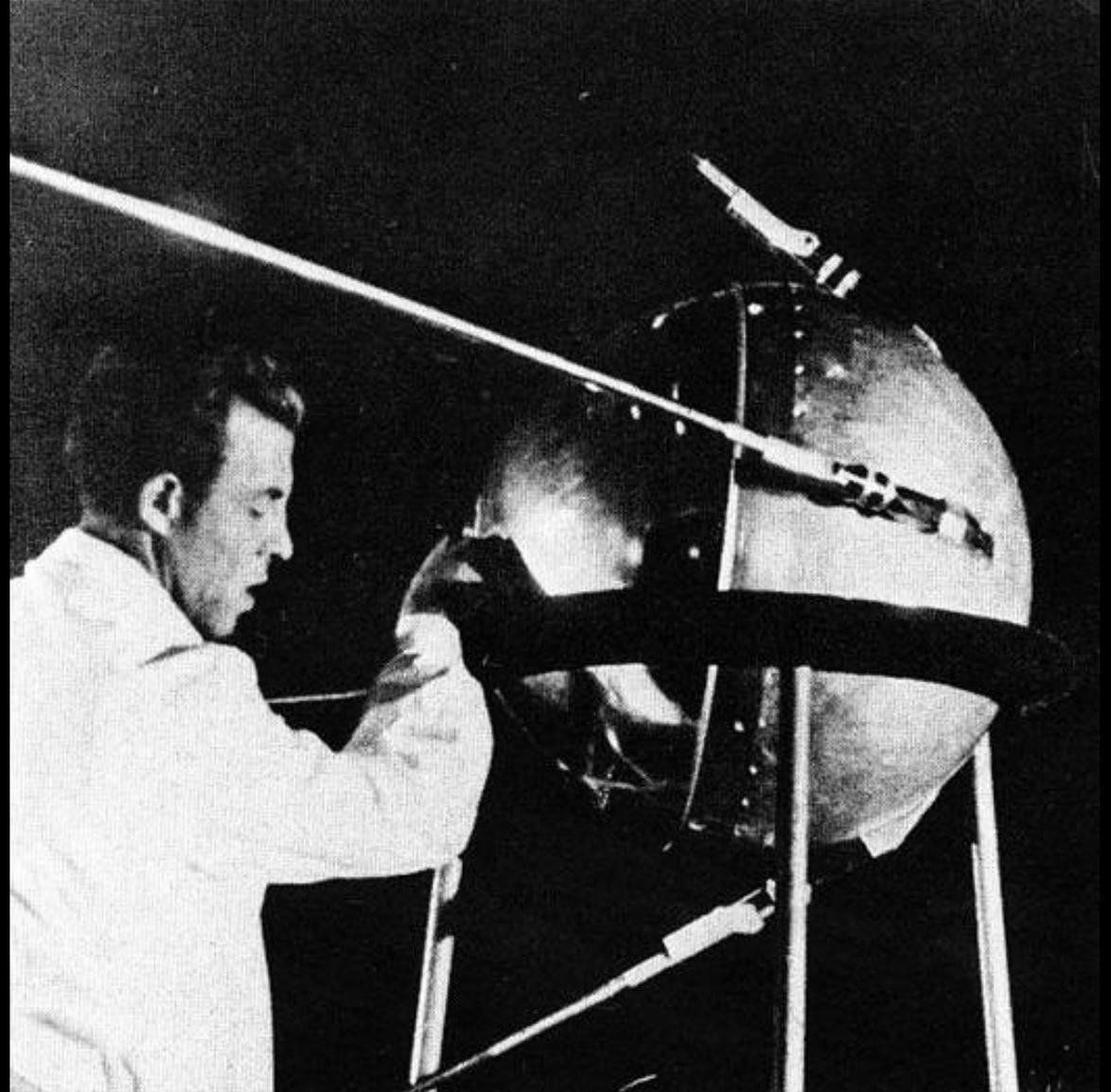
# Los intentos iniciales...



# El primer hito de la Carrera Espacial

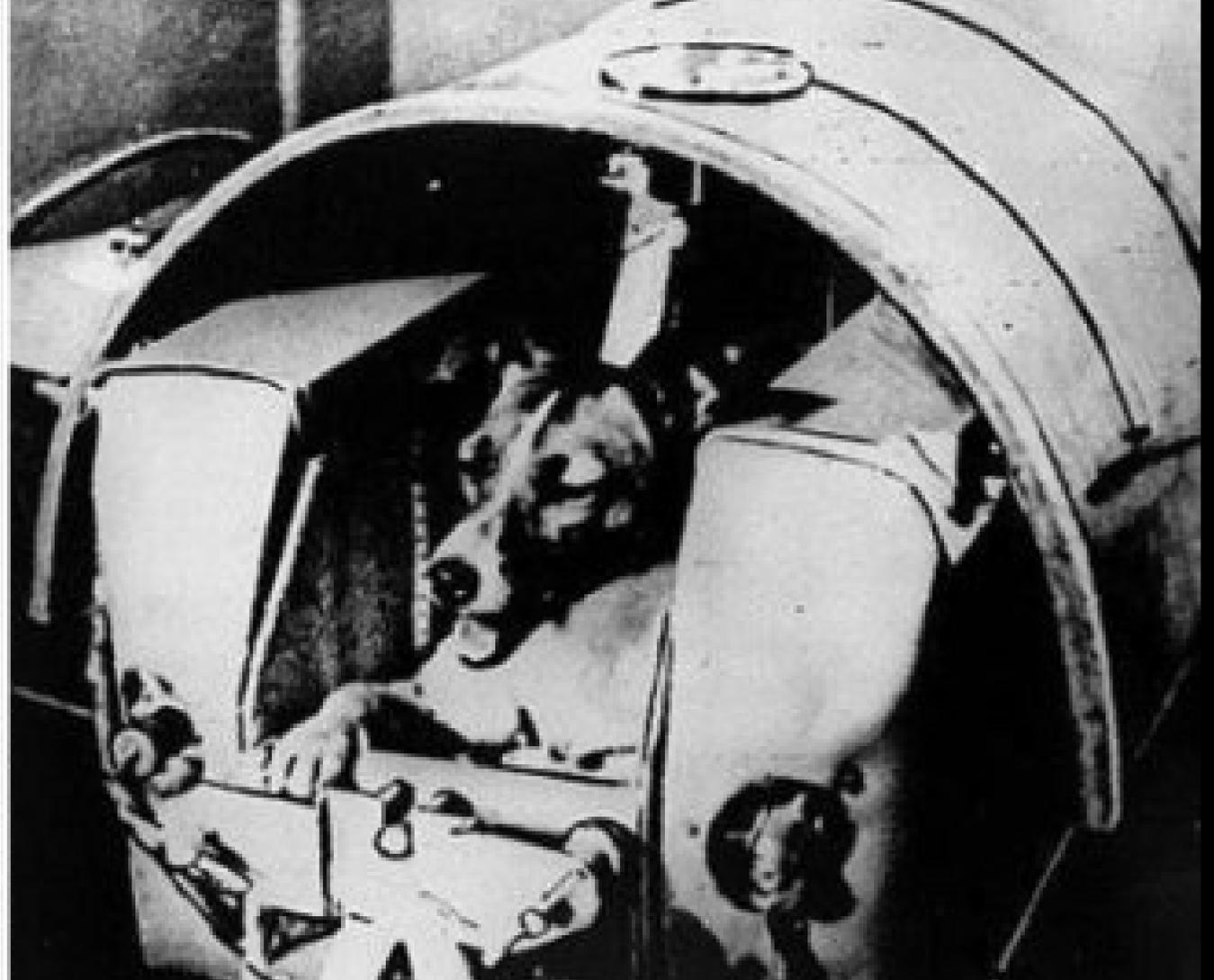
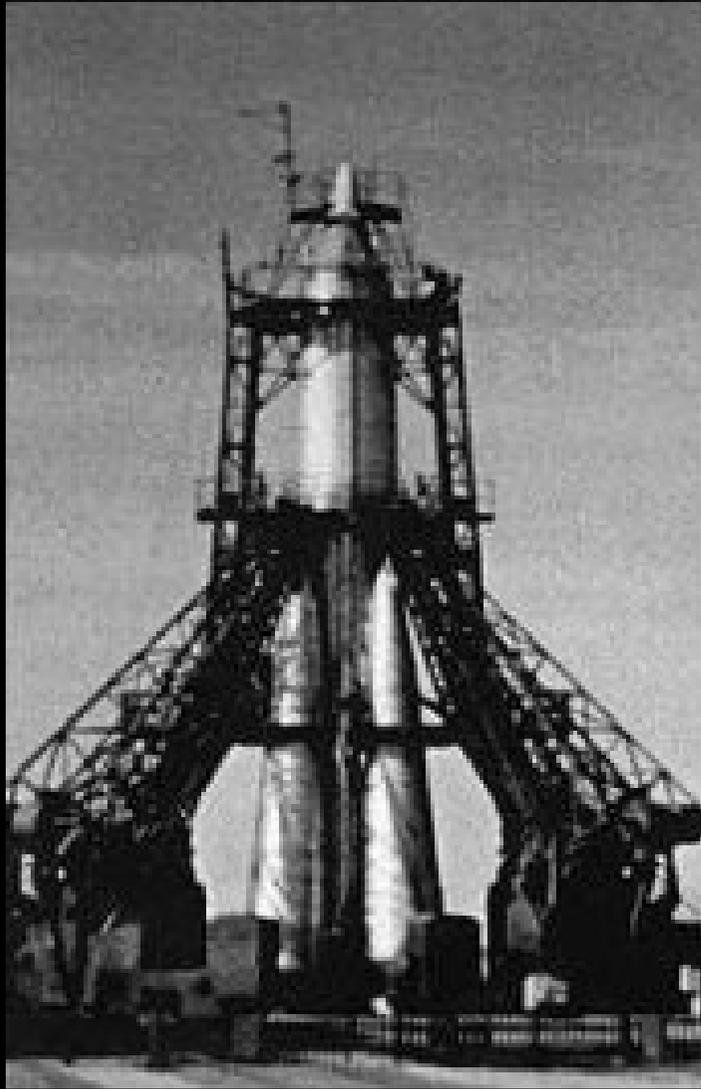
# Sputnik

4 de octubre  
1957





# La Carrera Espacial



## Sputnik II con Laika

3 de noviembre de 1957



# Nave Mercury con el chimpancé Ham

31 de enero de 1962

# *First in Space*

Yuri Gagarin

12 de abril de 1961



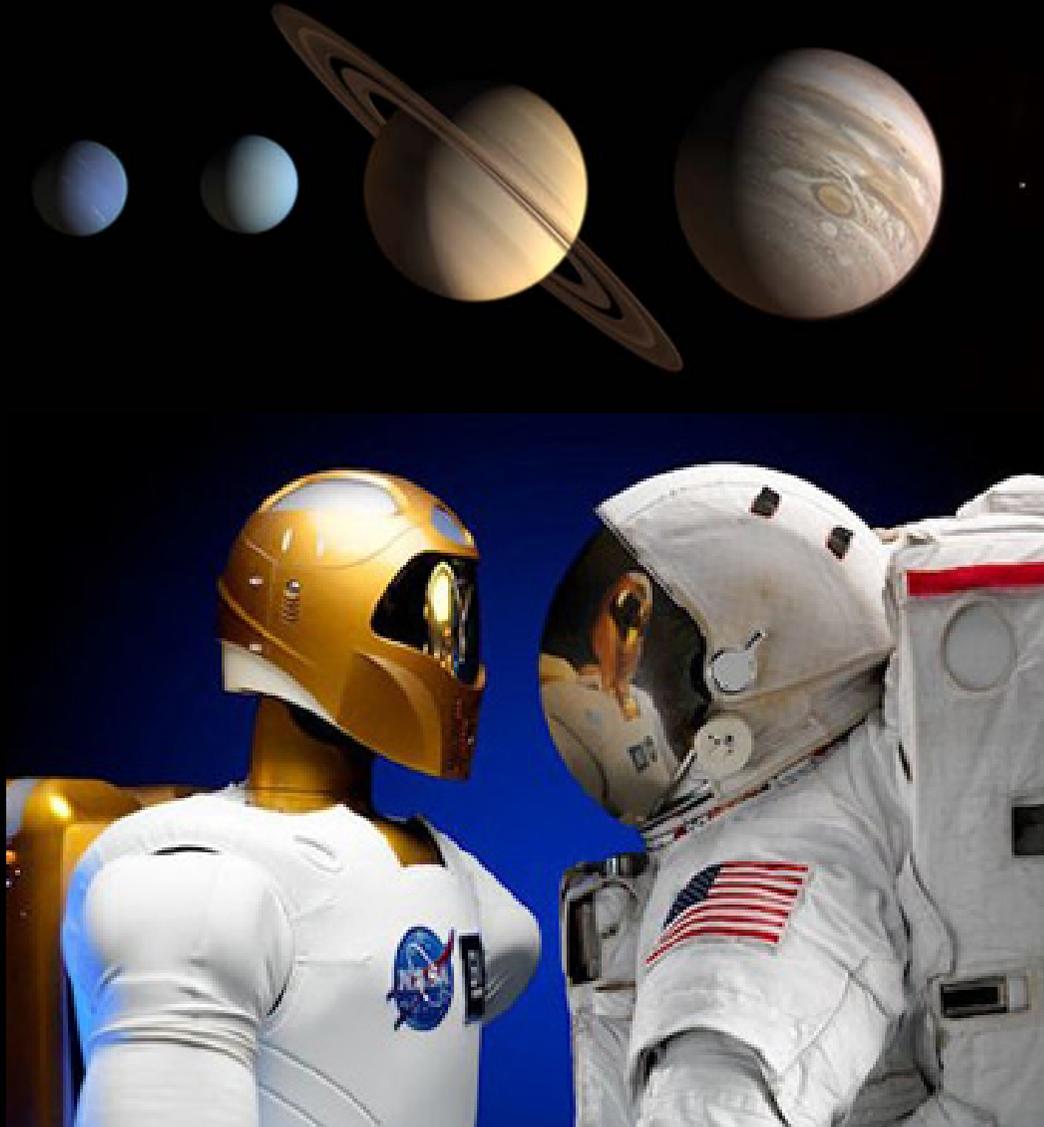
# Discurso del *Presidente Kennedy* proponiendo el reto de *ir a la Luna antes del final de la década*

*Rice University en Houston (Texas) / 12 septiembre de 1962*



# 4 – ¿Explorar con robots o con humanos?

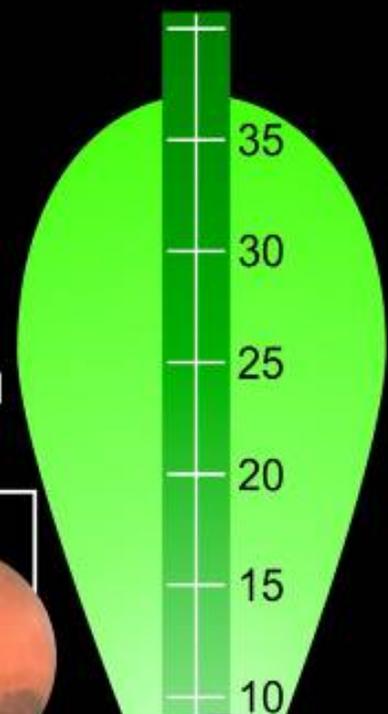
*Un viejo dilema espacial:  
misiones robóticas vs tripuladas*



# El ambiente espacial: *condiciones extremas*

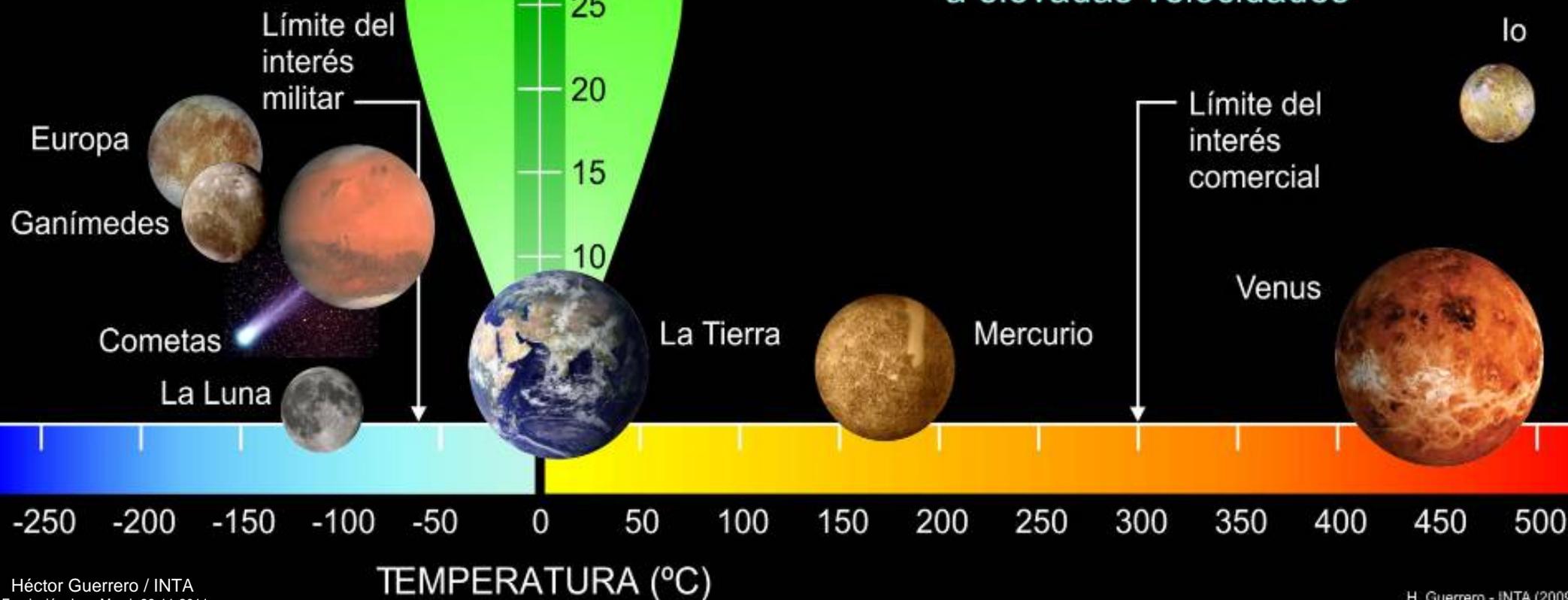


RADIACIÓN  
Dosis Total (Mrad)



Tormenta Solar

- Vibración (lanzamiento) y choques
- Temperaturas extremas
- Radiación
- Ultra alto vacío
- Ingravidez
- Posibilidad de microimpactos a elevadas velocidades



# Algunas *servidumbres* de las misiones tripuladas

1 – Presurizar naves y trajes

2 – Acondicionamiento térmico

3 – Reducir cargas mecánicas

4 – Oxígeno y alimentos

5 – Ingravidez

6 – Psicología / Entrenamiento

7 – Protección frente a la radiación

8 – Asistencia médica

9 – ¡Seguridad!

10 - ¡Hay que traerles de vuelta!



# Las ventajas de explorar con seres humanos

## ¡La Gloria!



Y muchas más...

# ... como “Terminar con la Guerra Fría”

Acoplamiento Apollo-Soyuz – 17 de julio de 1975

*El inicio de la cooperación internacional en el Espacio*



Pero con las misiones tripuladas  
*¡No hemos pasado de la Luna!*

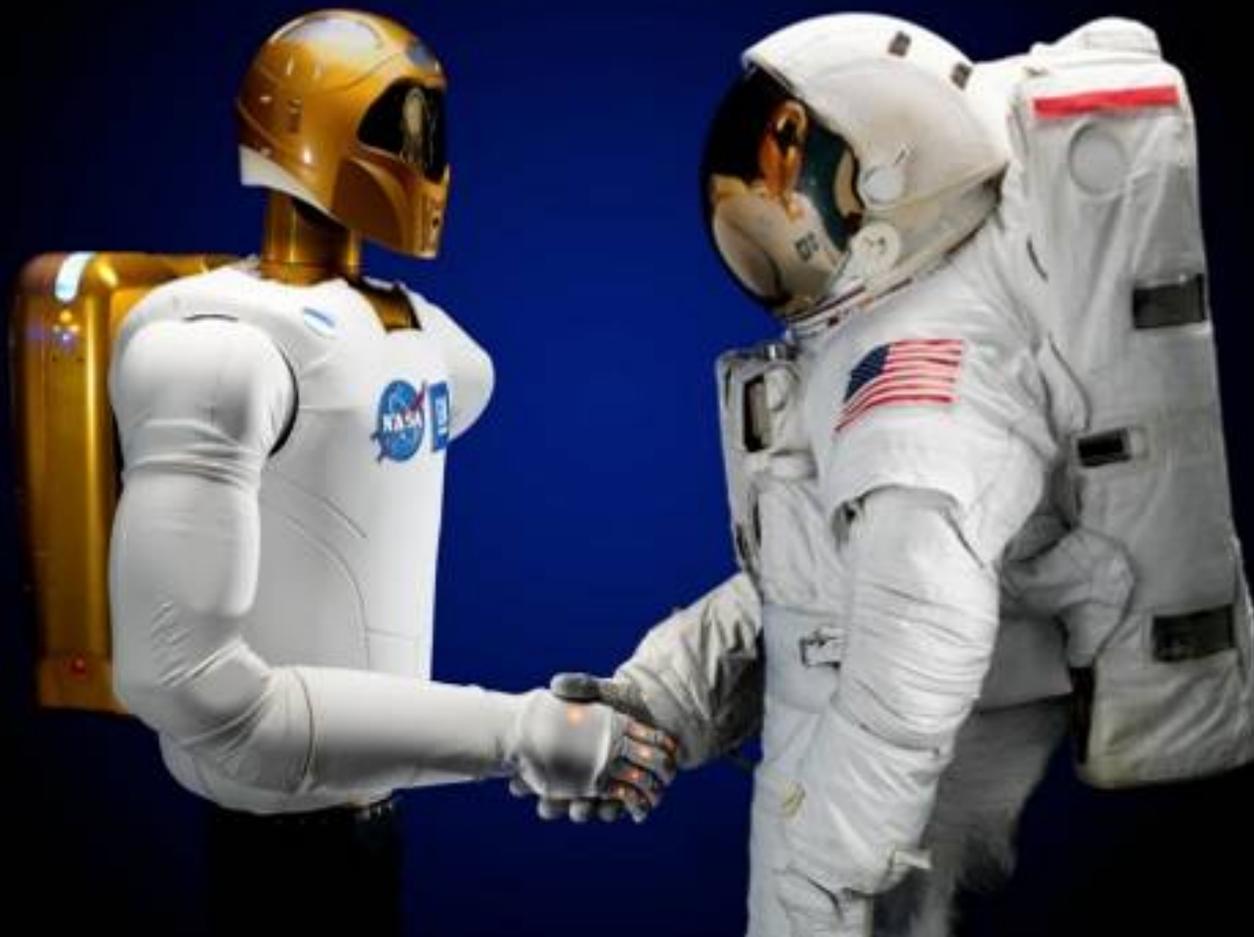
Distancia de la Tierra a la Luna  
384.400 km (60  $R_T$ )

A diagram showing a double-headed arrow between a crescent moon on the left and a small crescent moon on the right. The text 'Distancia de la Tierra a la Luna' and '384.400 km (60 R\_T)' is written above the arrow.

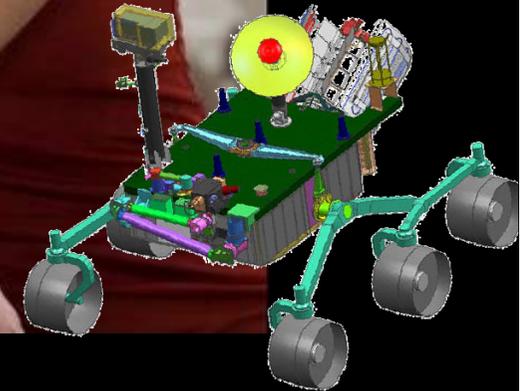
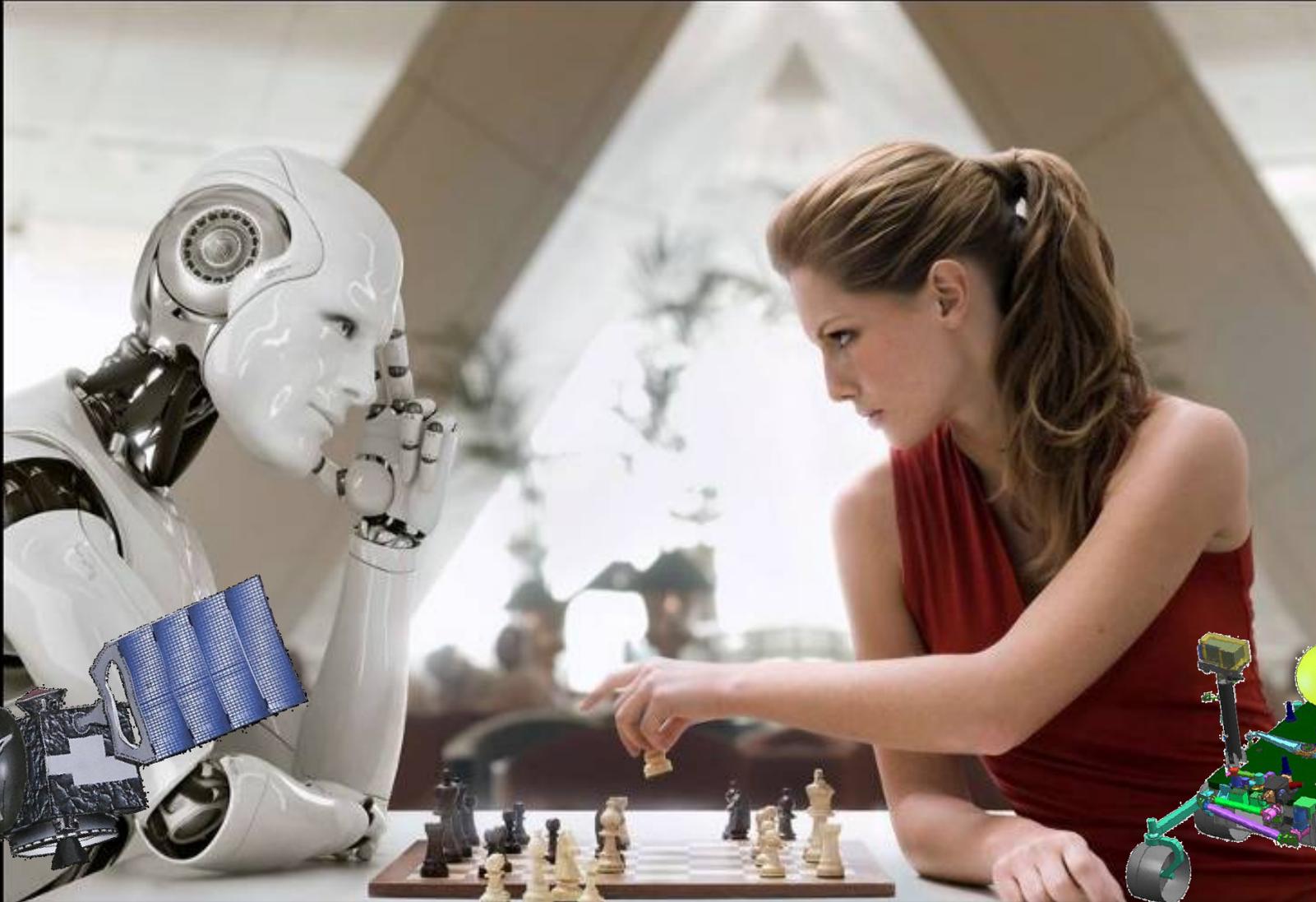
Presencia permanente en el  
espacio gracias a la  
estación espacial internacional  
( 340 km de altura )



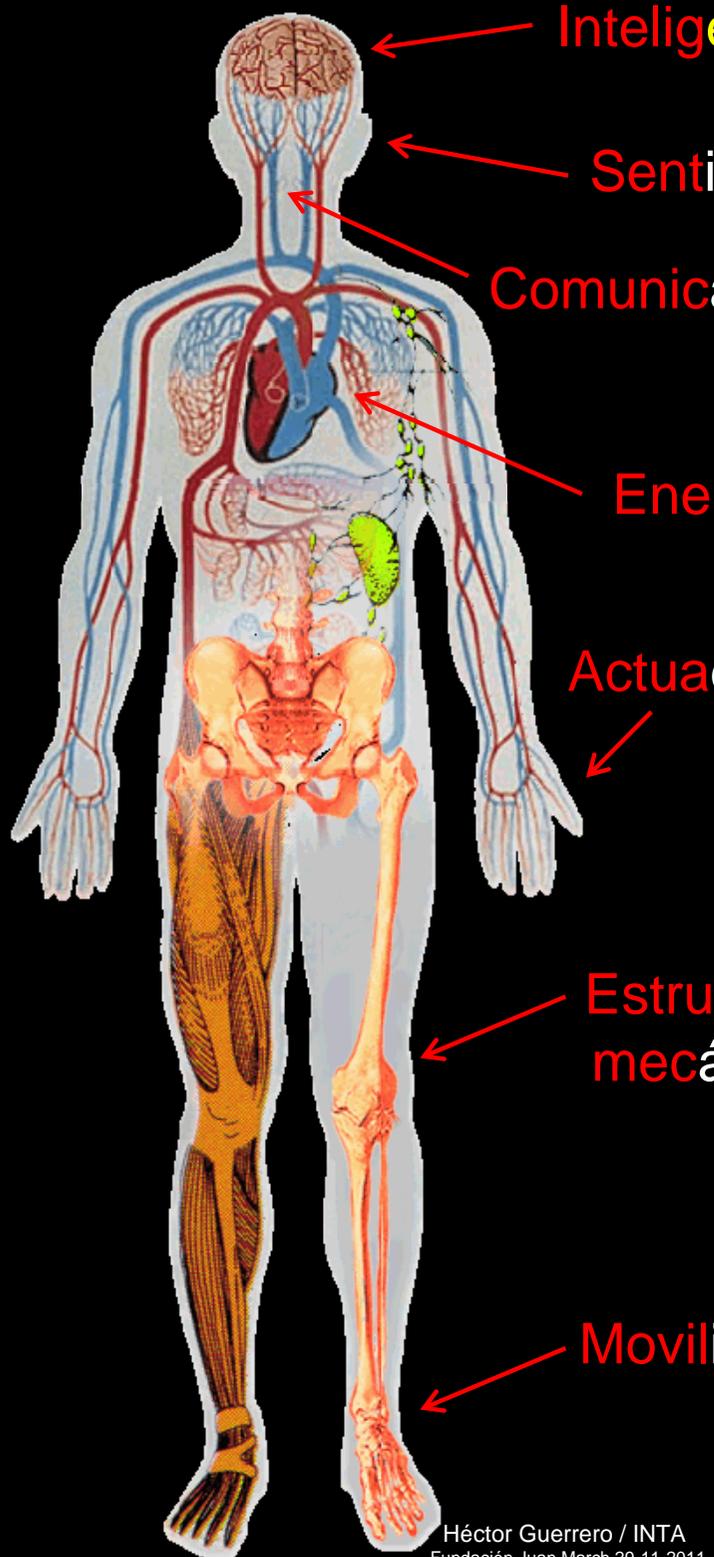
Por ahora el debate es inexistente:  
*¡¡Sólo podemos enviar 'robots' a  
explorar y anticipar la futura  
conquista humana del Sistema Solar!!*



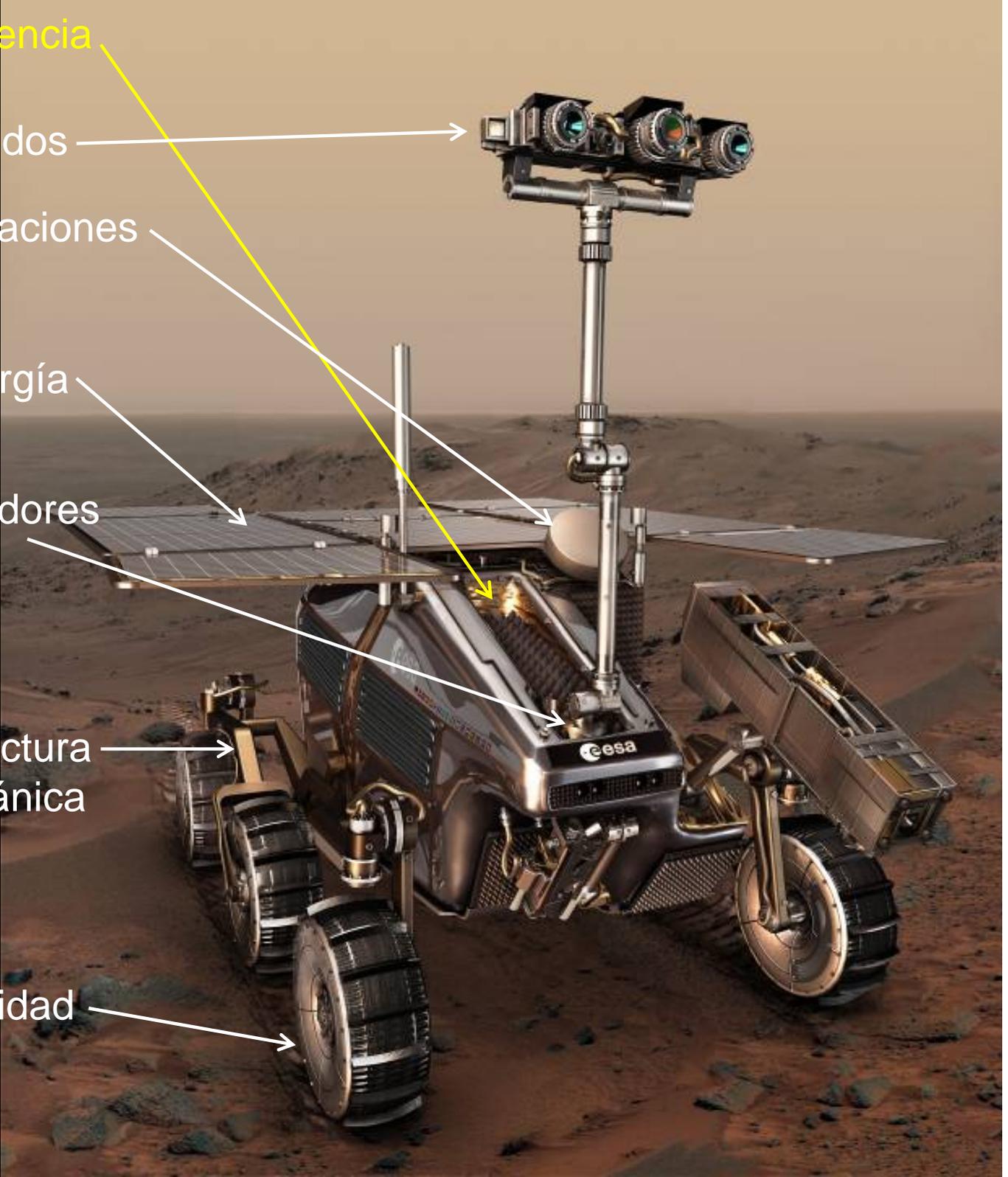
*Pero todavía no nos referimos a esta clase de robots...*



... sino a **naves espaciales no tripuladas**, que han de tener  
¡¡¡ Las mismas funciones que cualquier **explorador humano** !!!



Héctor Guerrero / INTA  
Fundación Juan March 29-11-2011



# ¿Cómo se desarrolla una misión planetaria?

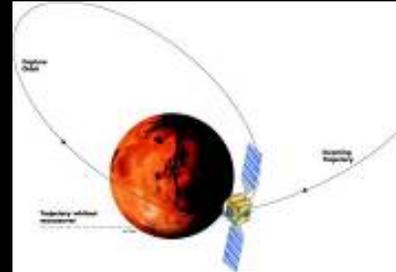
## VIAJAR

Lanzamiento, transporte y crucero



## LLEGAR

Inserción en la órbita (entrada, descenso y aterrizaje)



## TRABAJAR

Operar in situ y medir



## COMUNICAR

Enviar datos experimentales



## APRENDER

Información → Conocimiento → Ciencia



## SOCIEDAD

Divulgación



**VIAJAR** – Lanzamiento, transporte y crucero

**LLEGAR (1)** - Inserción en la órbita...



## LLEGAR (2) ... entrada en la atmósfera



# LLEGAR (3) ... descenso y aterrizaje

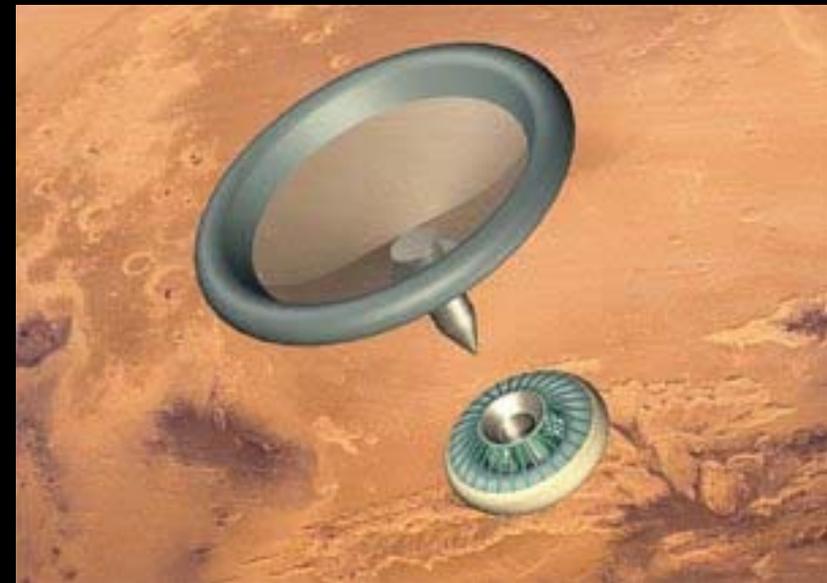
Mars Exploration Rovers  
Spirit y Opportunity (2004)



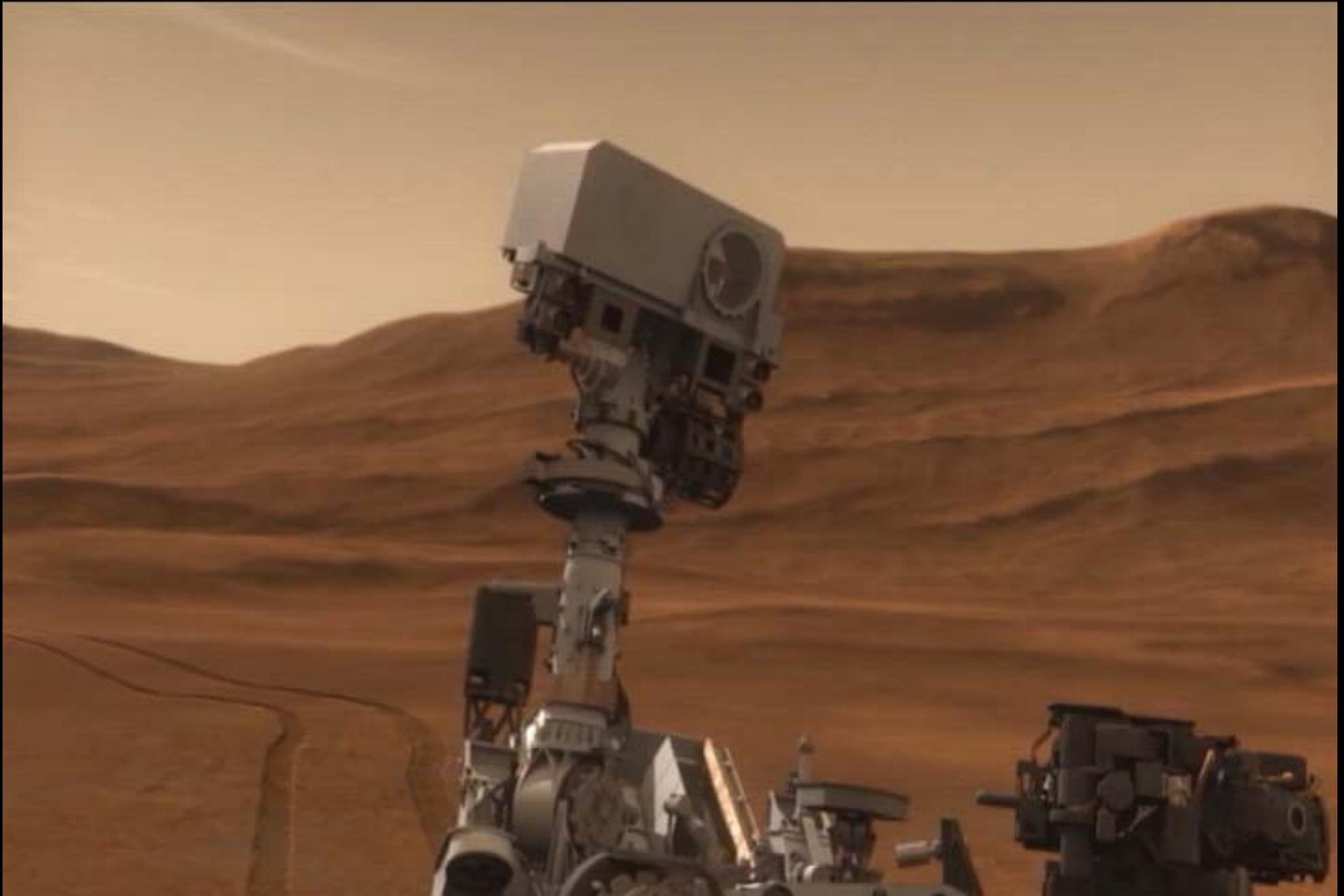
Mars Science Laboratory  
Rover Curiosity (2011)



Mars MetNet Precursor Mission  
España / Rusia Finlandia (2016?)



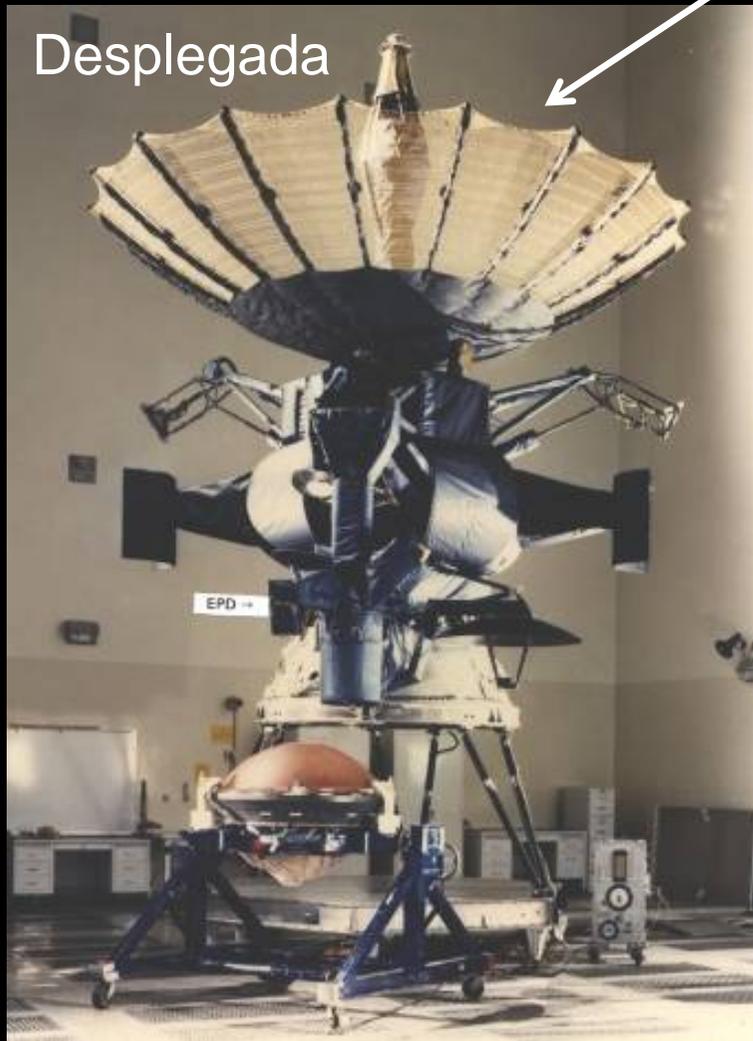
# TRABAJAR - Operar in situ y medir



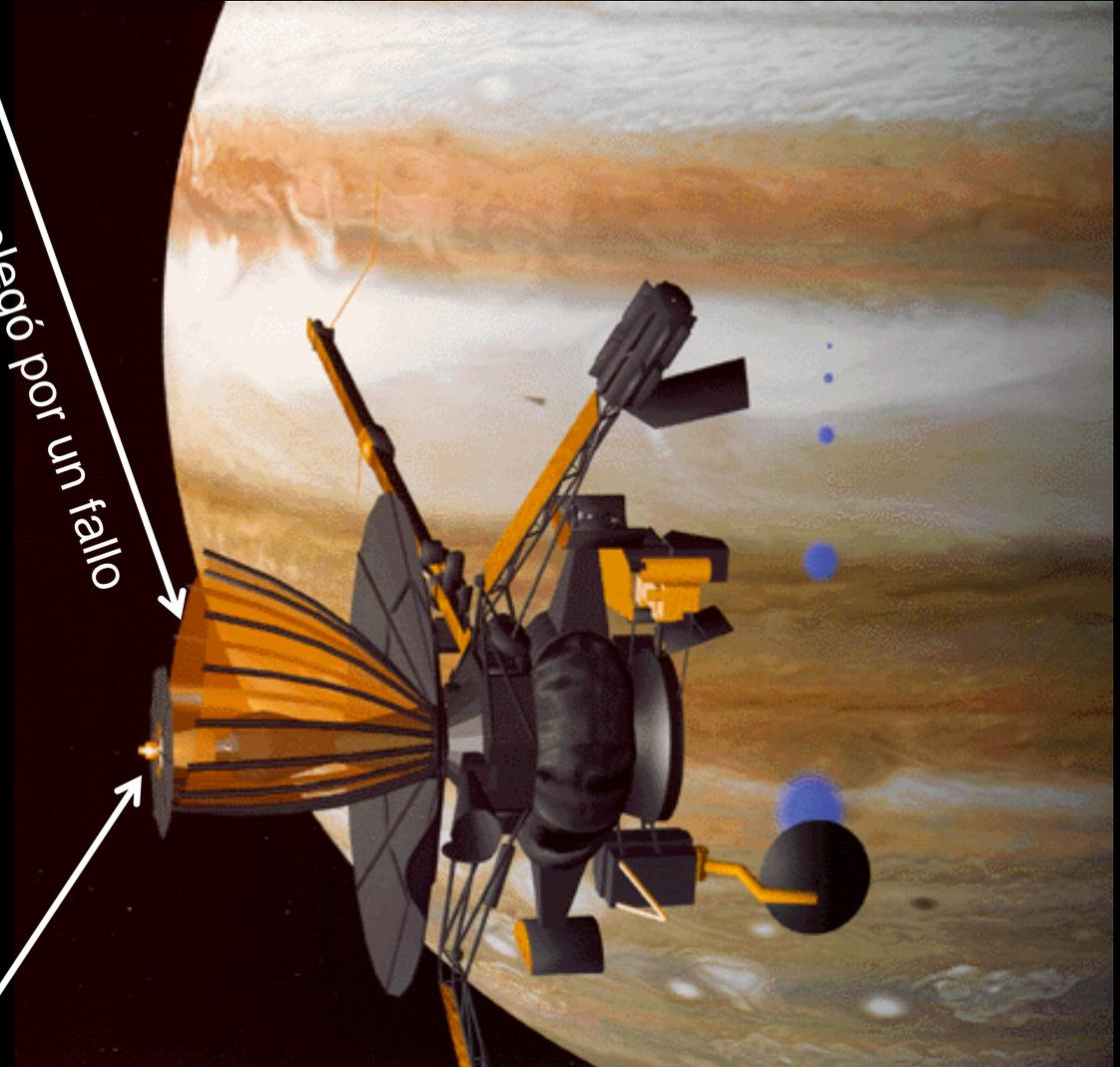
# COMUNICAR - Enviar datos experimentales

Antena de alta ganancia  
(tasa de transmisión 134 kbit por segundo)

**GALILEO**  
Misión a Júpiter



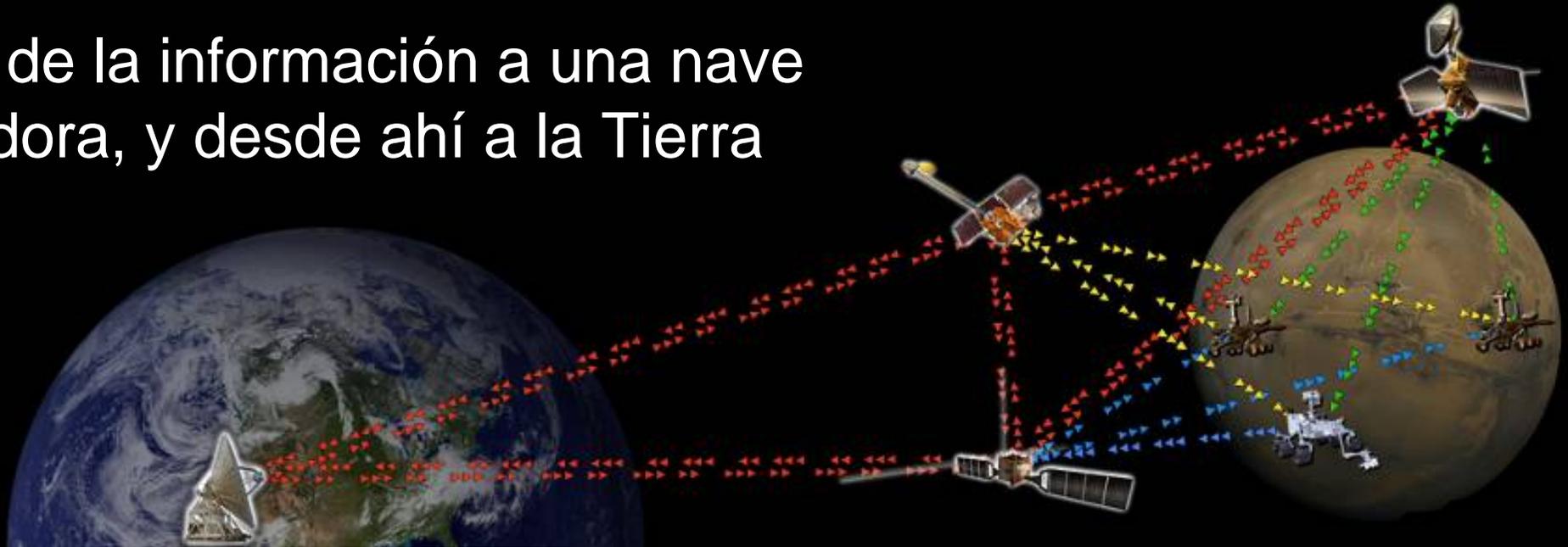
No se desplegó por un fallo



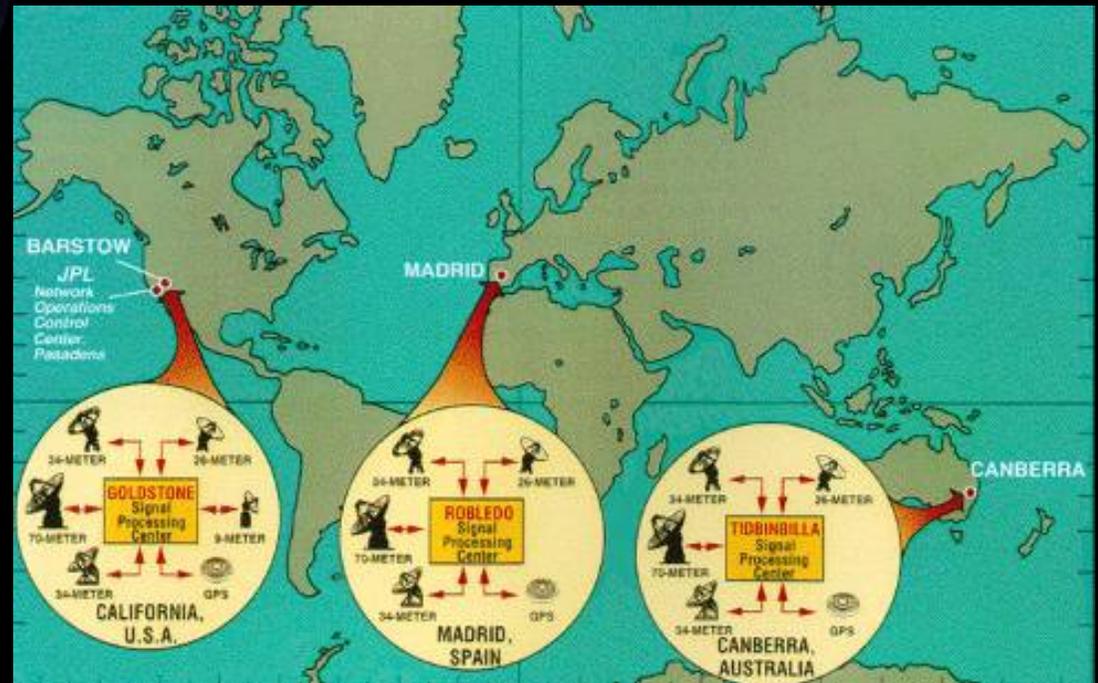
Antena de baja ganancia (8 bits por segundo → se logró subirla a 160 bps)

# COMUNICAR - Enviar datos experimentales

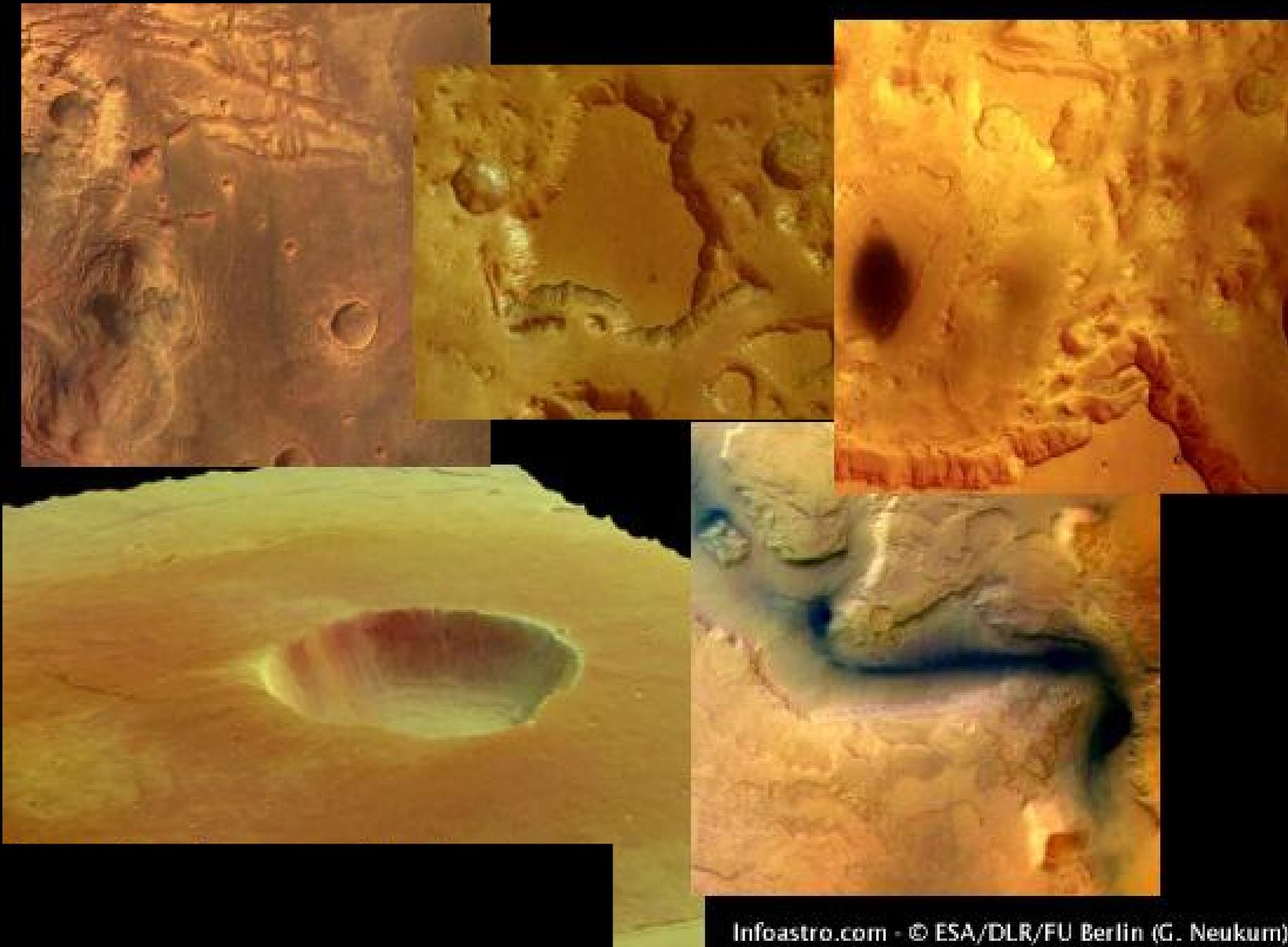
Envío de la información a una nave repetidora, y desde ahí a la Tierra



3 estaciones en el mundo (a 120°)



# APRENDER – Información → Conocimiento → Ciencia



Infoastro.com - © ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum)

Por ejemplo: *"Mars Express detecta hielo en Marte"* / 23 de enero de 2004



# Eyes on the Solar System

<http://solarsystem.nasa.gov/eyes/>

Disfruta y viaja “virtualmente” por el Sistema Solar



**NEPTUNE**

**Dawn**

**Tours & Features**

DESTINATION	DATE + TIME	SPEED + RATE	MULTIMEDIA	VISUAL CONTROLS
CURRENT TARGET: DAWN	OCT 24, 2011 12:08:24.8 PM NOW	94,568 MPH 1.00 SEC/BYSEC REAL RATE	12 Oct 2011 - NASA's Dawn Science Team 10.12.2011	FREE FLY 60.0°

# 5 – ¿Hasta dónde hemos llegado?



*Un rápido vistazo a las misiones y sus destinos*

Información de  
<http://solarsystem.nasa.gov/planets>

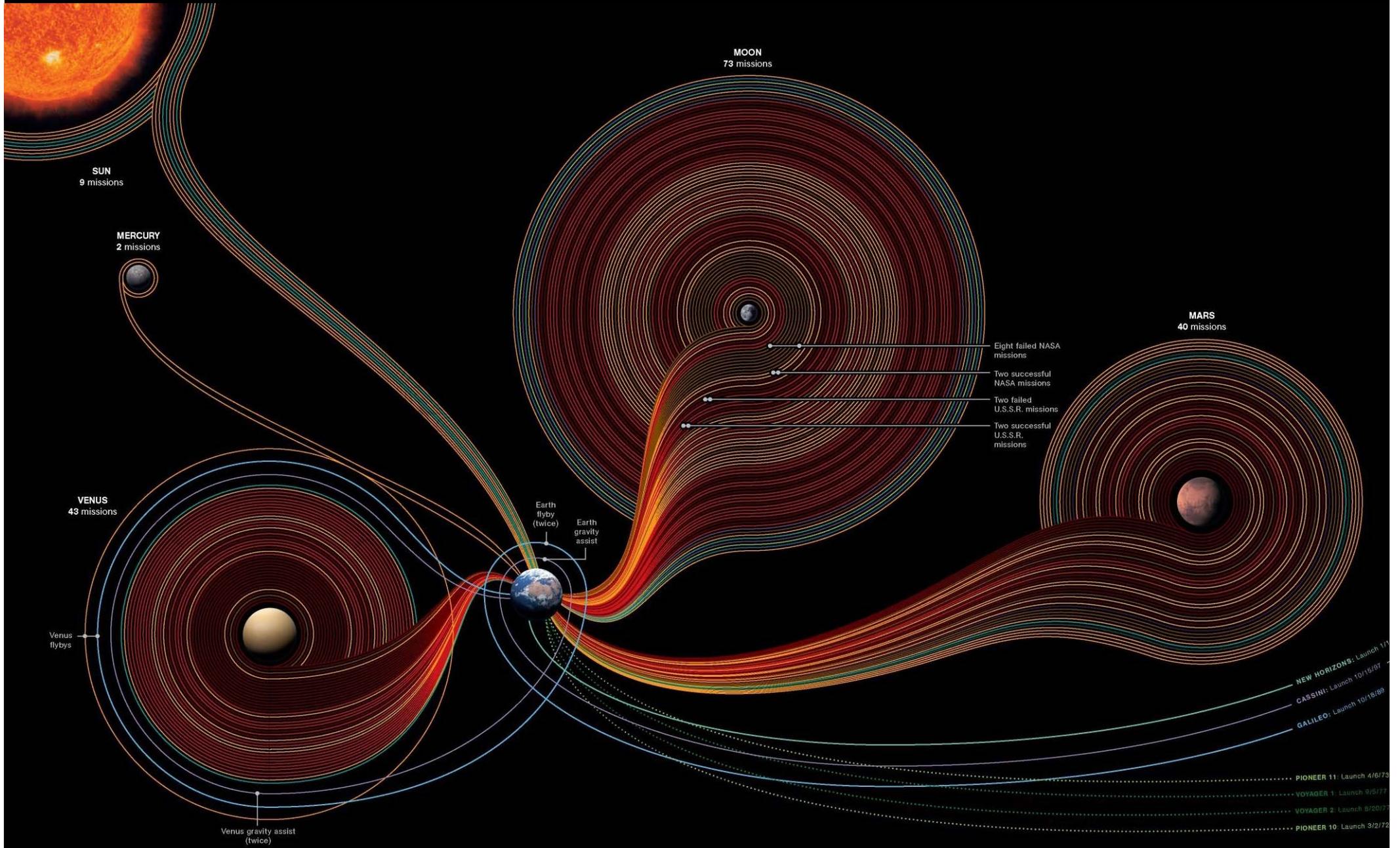
# La exploración del Sistema Solar

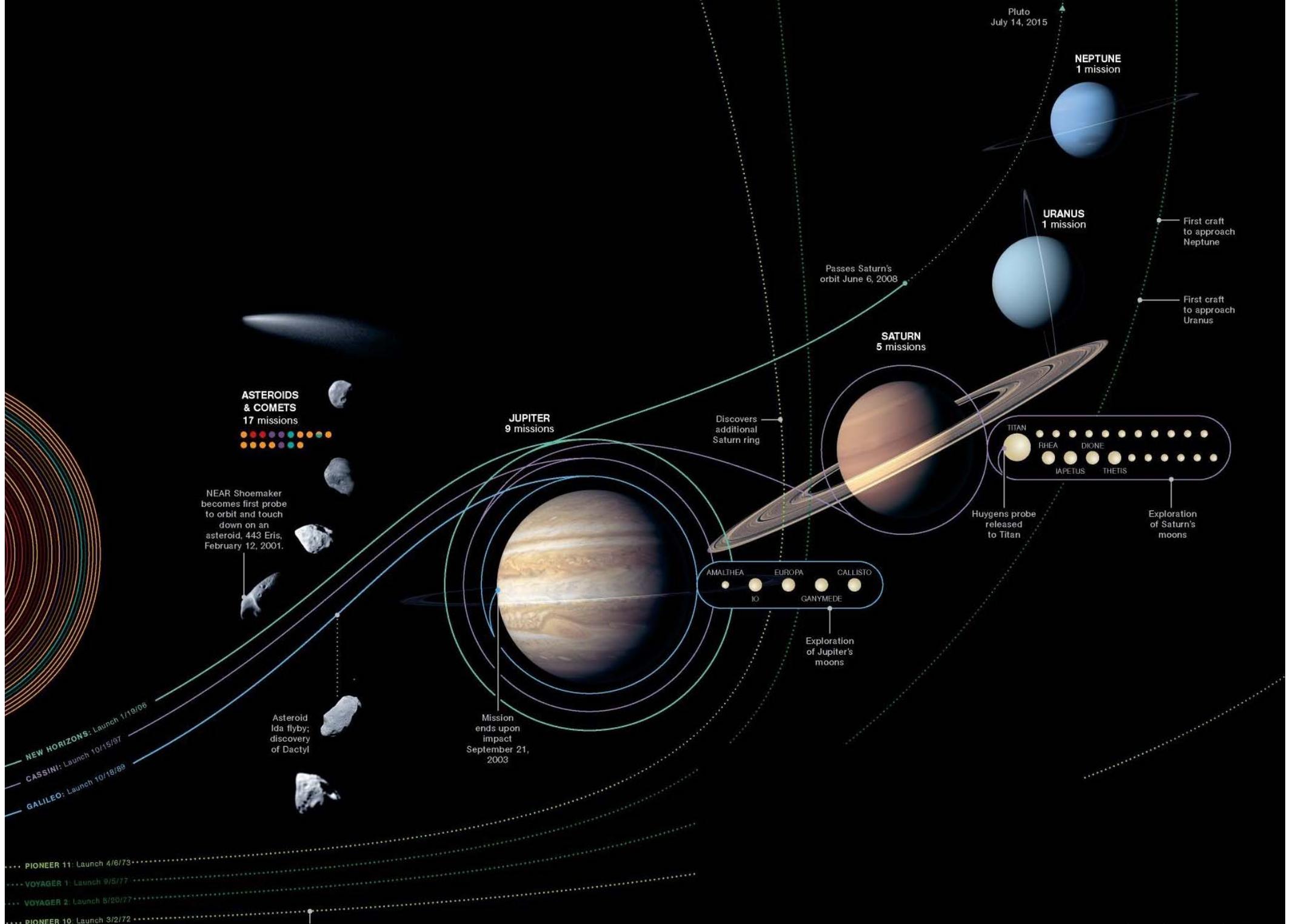
*Una visión del  
National Geographic*



Noviembre de 2008







**ASTEROIDS & COMETS**  
17 missions

NEAR Shoemaker becomes first probe to orbit and touch down on an asteroid, 443 Eris, February 12, 2001.

Asteroid Ida flyby; discovery of Dactyl

**JUPITER**  
9 missions

Mission ends upon impact September 21, 2003

AMALTHEA    EUROPA    CALLISTO  
IO    GANYMEDE

Exploration of Jupiter's moons

Discovers additional Saturn ring

**SATURN**  
5 missions

Passes Saturn's orbit June 6, 2008

TITAN    RHEA    DIONE  
IAPETUS    THETIS

Huygens probe released to Titan

Exploration of Saturn's moons

**URANUS**  
1 mission

First craft to approach Neptune

First craft to approach Uranus

**NEPTUNE**  
1 mission

Pluto  
July 14, 2015

NEW HORIZONS: Launch 1/19/06  
CASSINI: Launch 10/15/97  
GALILEO: Launch 10/18/89

PIONEER 11: Launch 4/6/73  
VOYAGER 1: Launch 9/5/77  
VOYAGER 2: Launch 8/20/77  
PIONEER 10: Launch 3/2/72

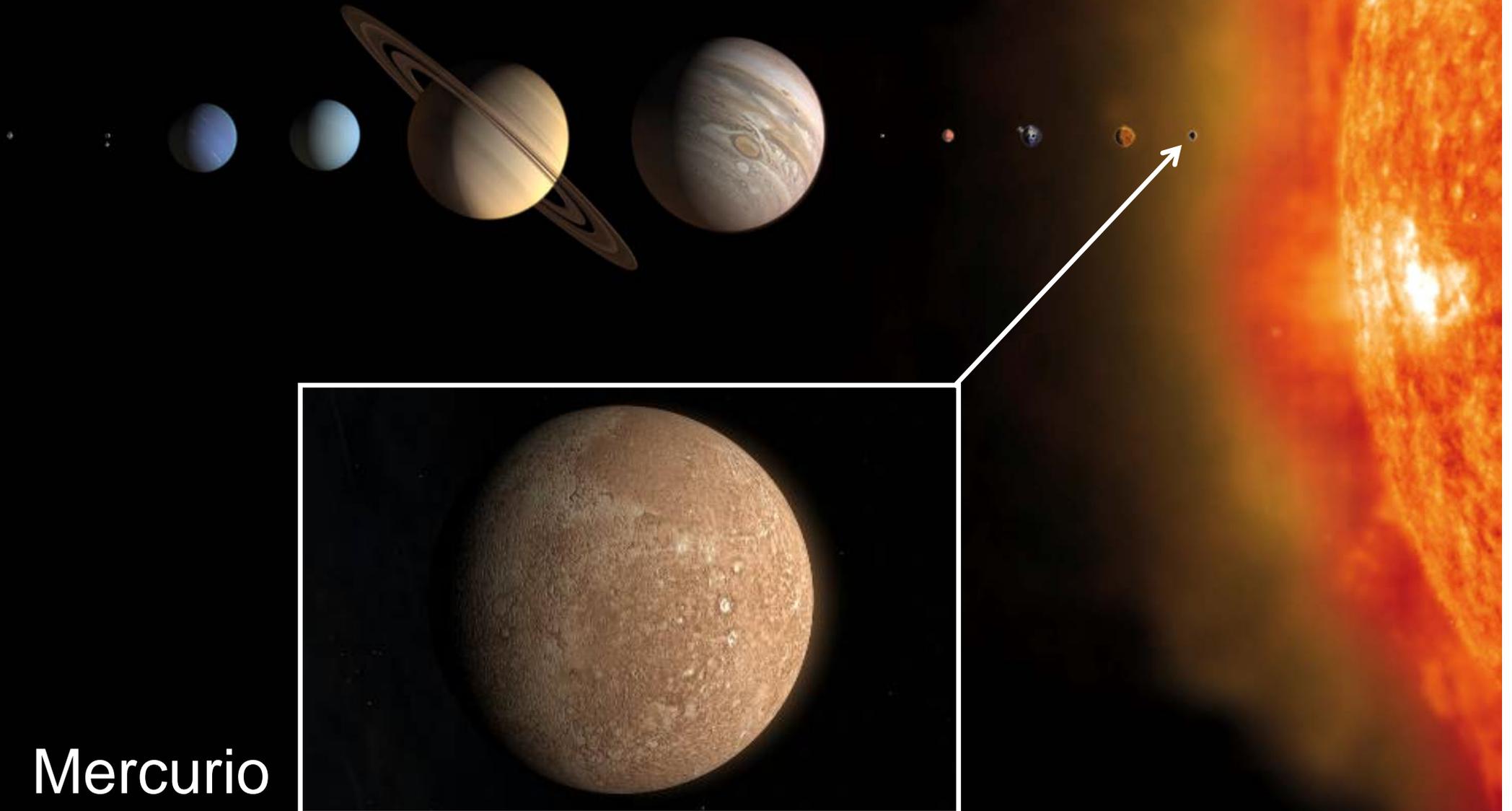
First craft to cross the asteroid belt

1 - Mariner 10 - 1973

2 - Messenger - 2004

Misiones futuras

3 - BepiColombo - 2013



Mercurio

Magellan - 1989-1994

Pioneer Venus (1-2) - 1978-1992

Galileo - Venus flyby - 1990

Vega 1 - Venus flyby - 1985

Vega 2 - Venus flyby - 1985

Venera (16) - 1961-1983

Mariner 10 - 1973-1975

Mariner 5 - 1967

Mariner 1,2 - 1962

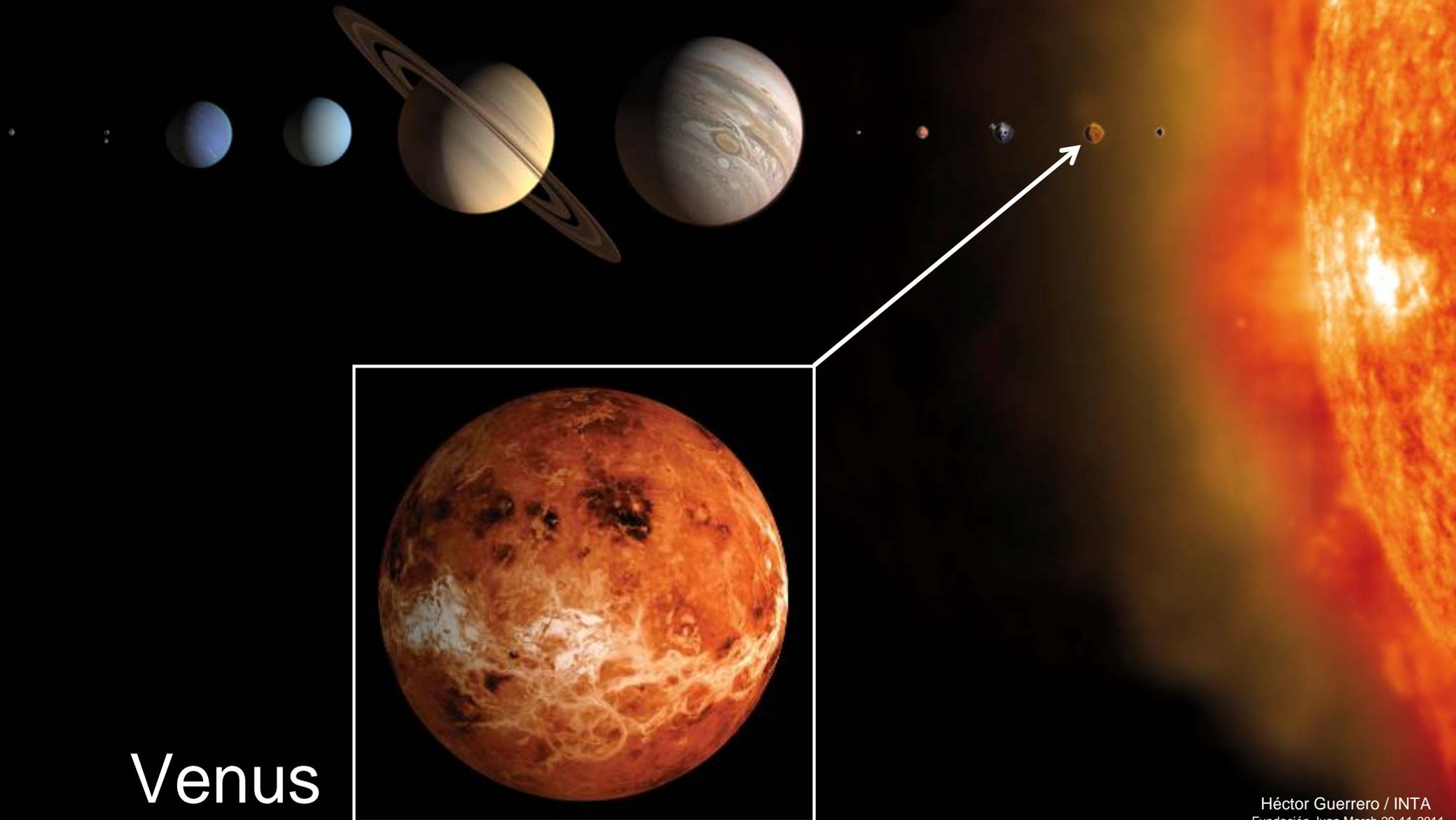
Akatsuki / Planet-C - 2010

Venus Express - 2005

MESSENGER - 2004

### Misiones futuras

BepiColombo – 2013



# Venus

Luna and Zond  
1959-1976 / 29

Ranger  
1961-1965 / 9

Surveyor  
1961-1968 / 7

Lunar Orbiter  
1966-1967 / 5

Apollo  
1968-1972 / 9

Galileo - 1990  
Hiten - 1994  
Clementine - 1994  
AsiaSat 3/HGS-1 - 1997  
Lunar Prospector - 1998  
SMART 1 - 2003

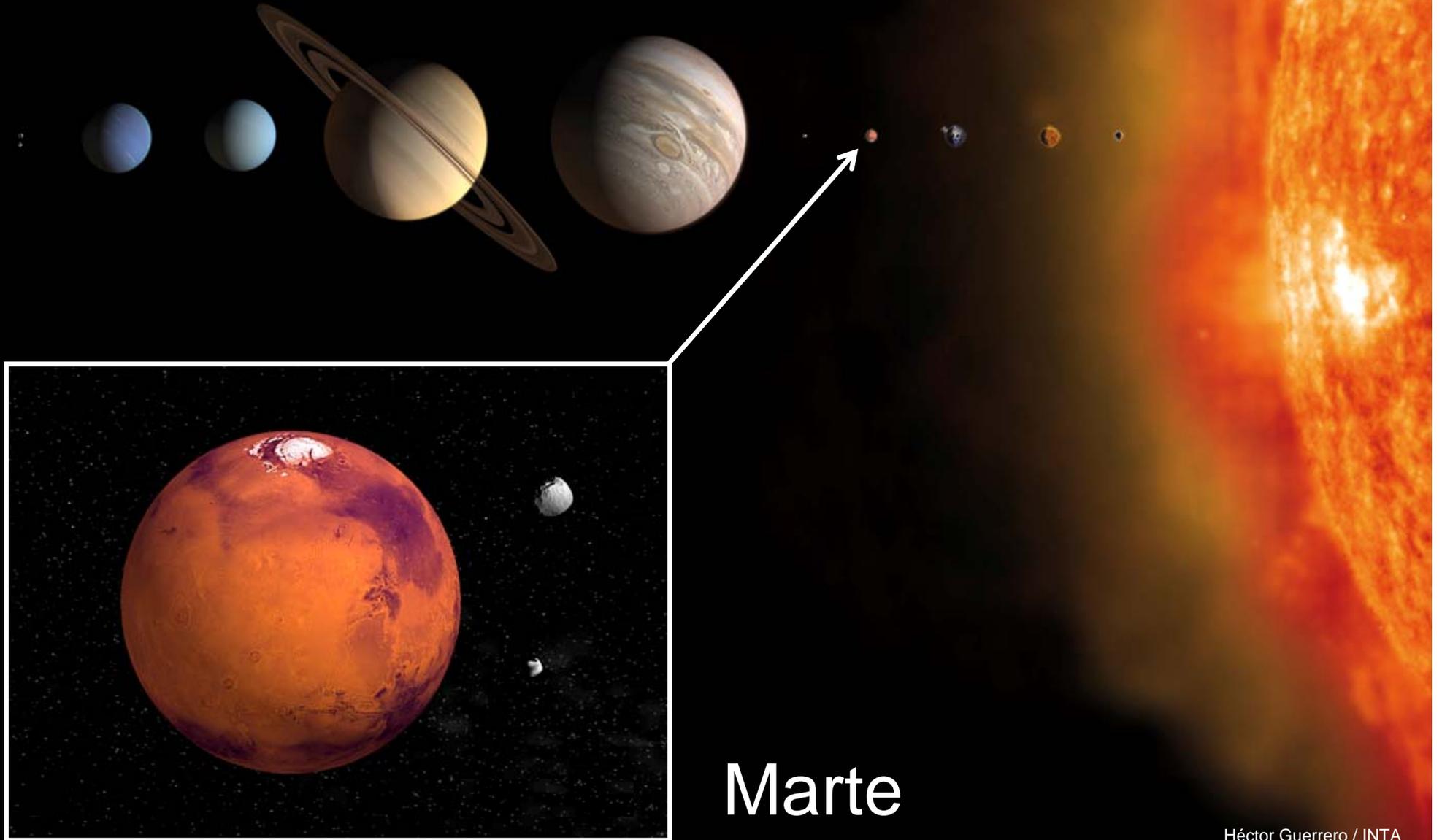
Kaguya (SELENE) - 2007  
Chang'e 1 - 2007  
Chandrayaan-1 - 2008  
LCROSS - 2009  
Lunar Reconnaissance Orbiter - 2009  
Chang'e 2 - 2010  
GRAIL - 2011



Luna

**Misiones futuras**  
LADEE - March 2013  
Moonrise - under study  
Lunar-A - Cancelled

*¡¡Cerca de 50 misiones se enviaron a Marte!!  
Las veremos más adelante*



**Marte**

Galileo - 1989

NEAR - 1996

Cassini - 1997

Deep Space 1 - 1998

Stardust - 1999

Genesis - 2001

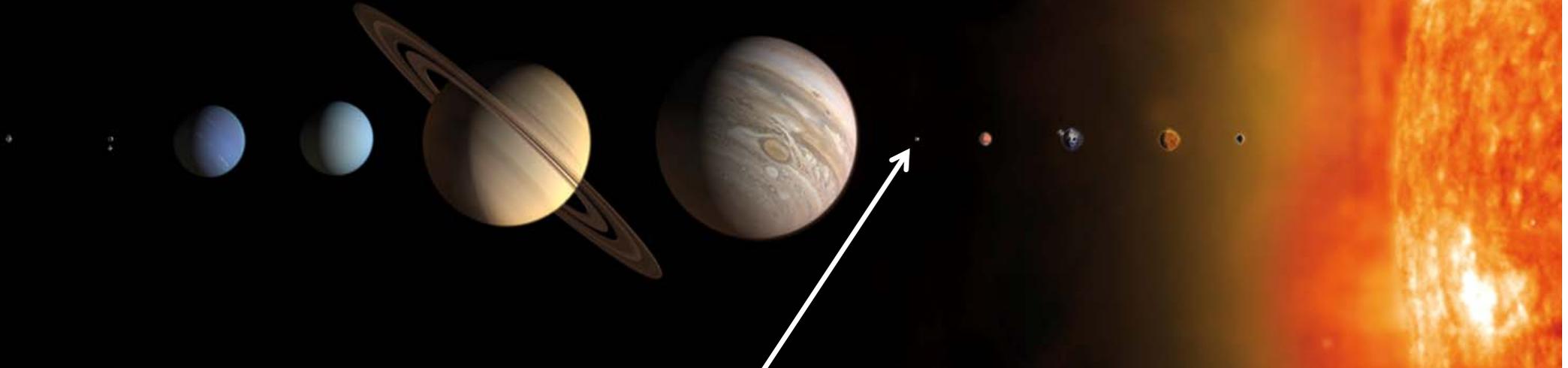
Rosetta - 2004

Hayabusa (Muses-C) - 2003

Dawn - 2007

**Future Missions**

NEAP - 20??



Asteroides

## La Armada Halley

ICE - 1978

Vega 1 - 1984

Vega 2 - 1984

Sakigake - 1985

Suisei - 1985

Giotto - 1985

Galileo - 1989

Deep Space 1 - 1998

Stardust - 1999

Genesis - 2001

CONTOUR - 2002

Rosetta - 2004

Deep Impact / EPOXI - 2005

New Horizons - 2006



# Cometas

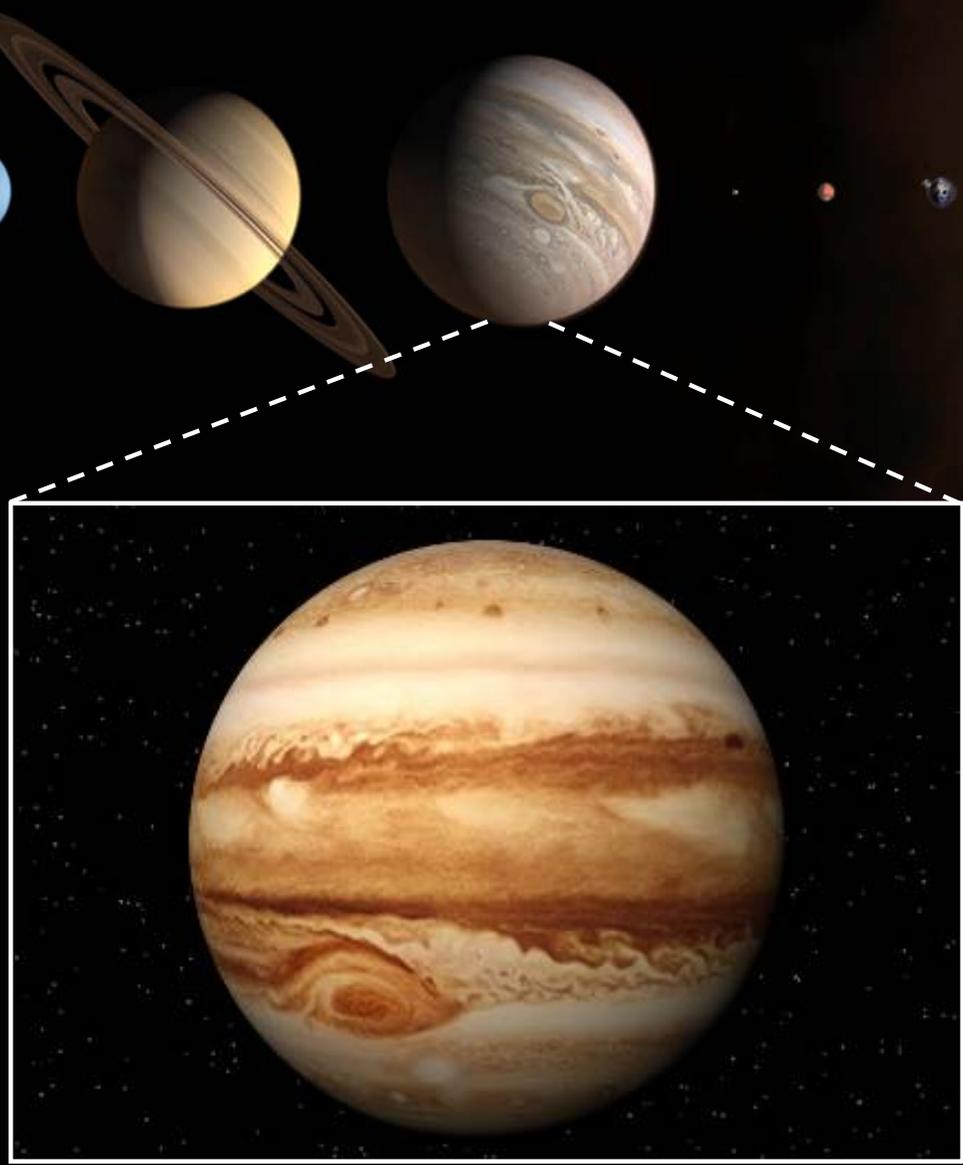


Pioneer 10 - 1973  
Pioneer 11 - 1974  
Ulysses - 1999  
Voyager 2 - 1977  
Voyager 1 - 1977

Galileo Orbiter / Probe - 1989  
Cassini - 1997  
JUNO - 2011

**Misiones futuras**

Jupiter Icy Moons Orbiter (JIMO) - 2015



Júpiter



Calixto, Europa, Io y Ganímedes, amantes de Júpiter. Galileo, políticamente correctos, los llamó también “planetas mediceos”, en honor a los Duques de Toscana (familia Medici)

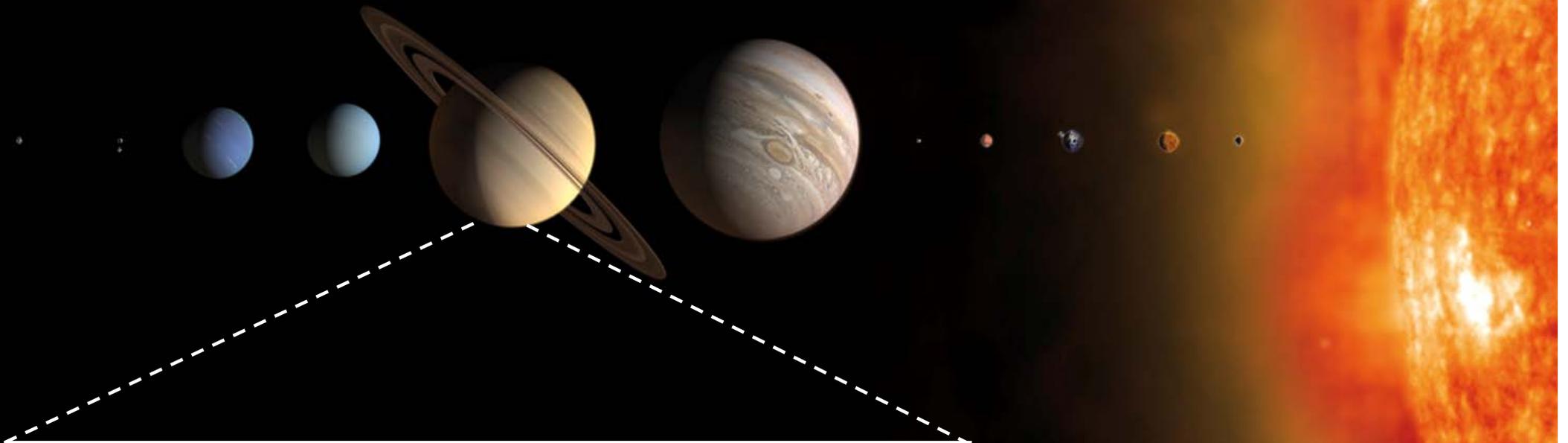
**'La adoración de los Reyes Magos' de Botticelli (1475)**

Pioneer 11 - 1979

Voyager 2 - 1977

Voyager 1 - 1977

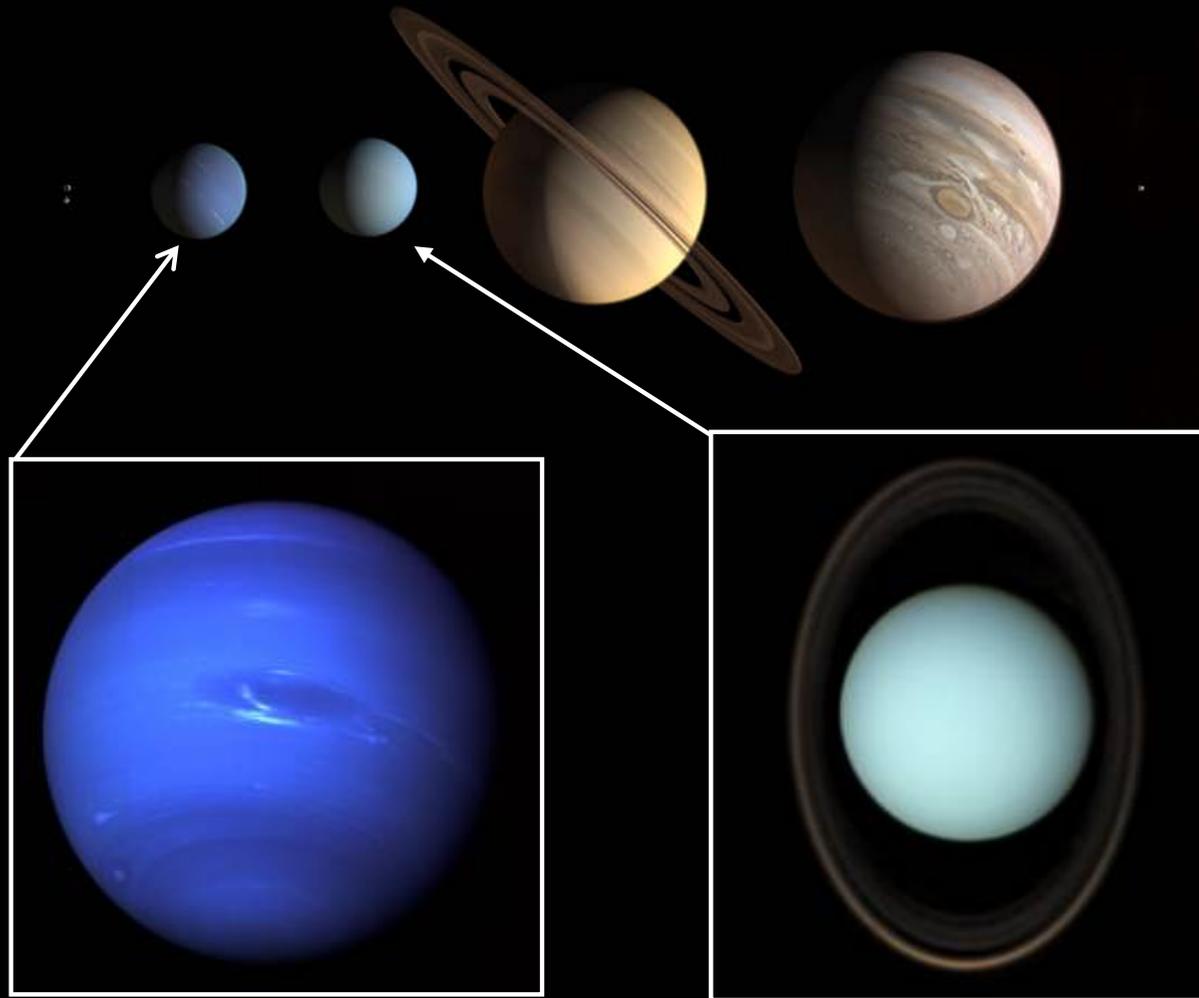
Cassini / Huygens - 1997



# Saturno

Les ha visitado tan sólo la Voyager 2 - 1977

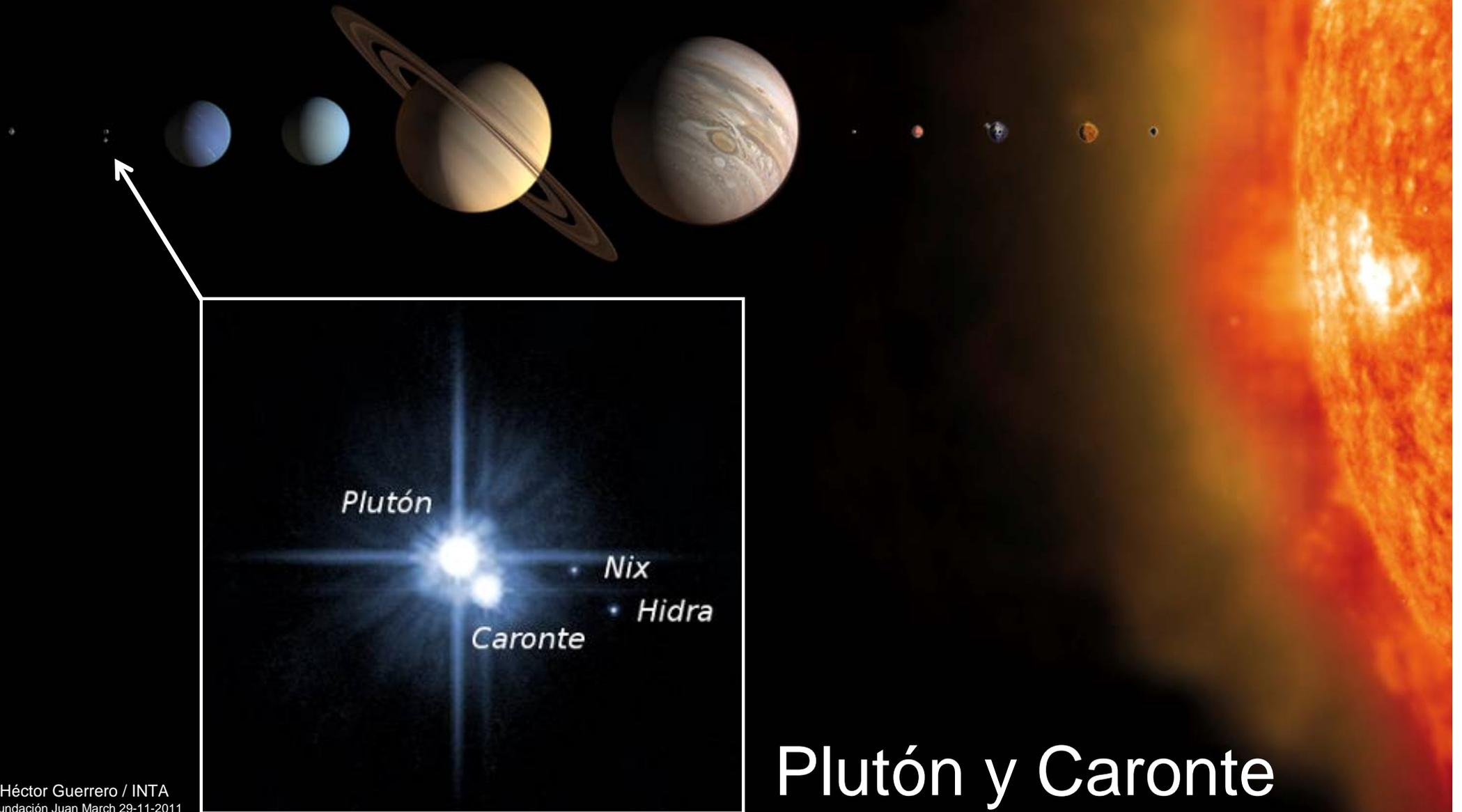
# Urano y Neptuno



Urano (1781), *padre* de Saturno y *abuelo* de Júpiter  
Neptuno fue descubierto 'como planeta' en 1846

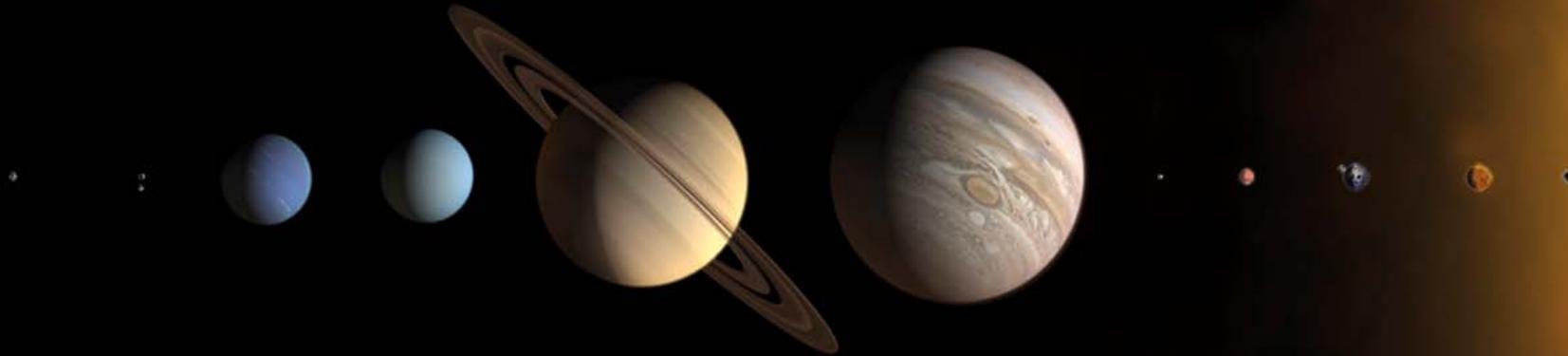
# New Horizons – 2006

*Llegará en 2015*

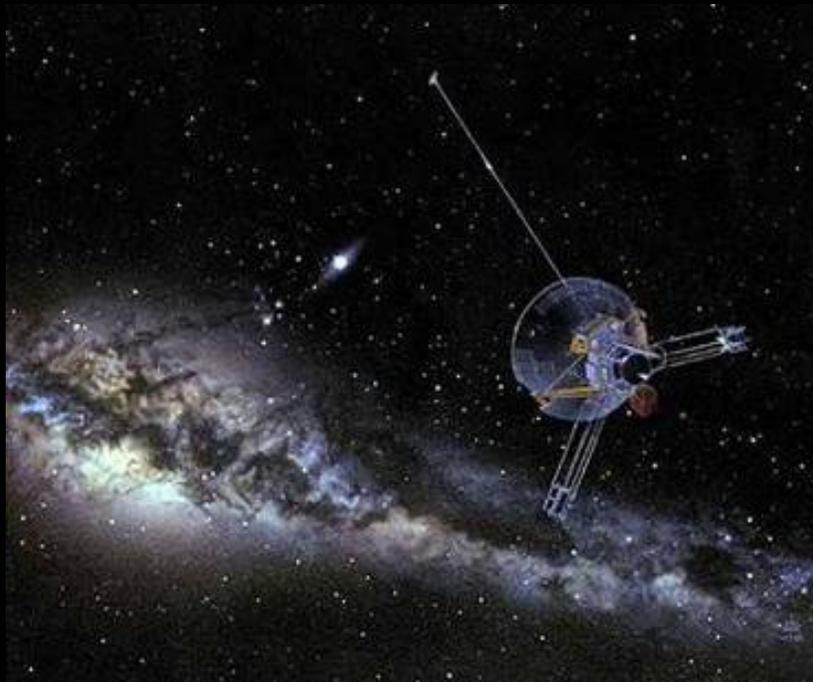


## Plutón y Caronte

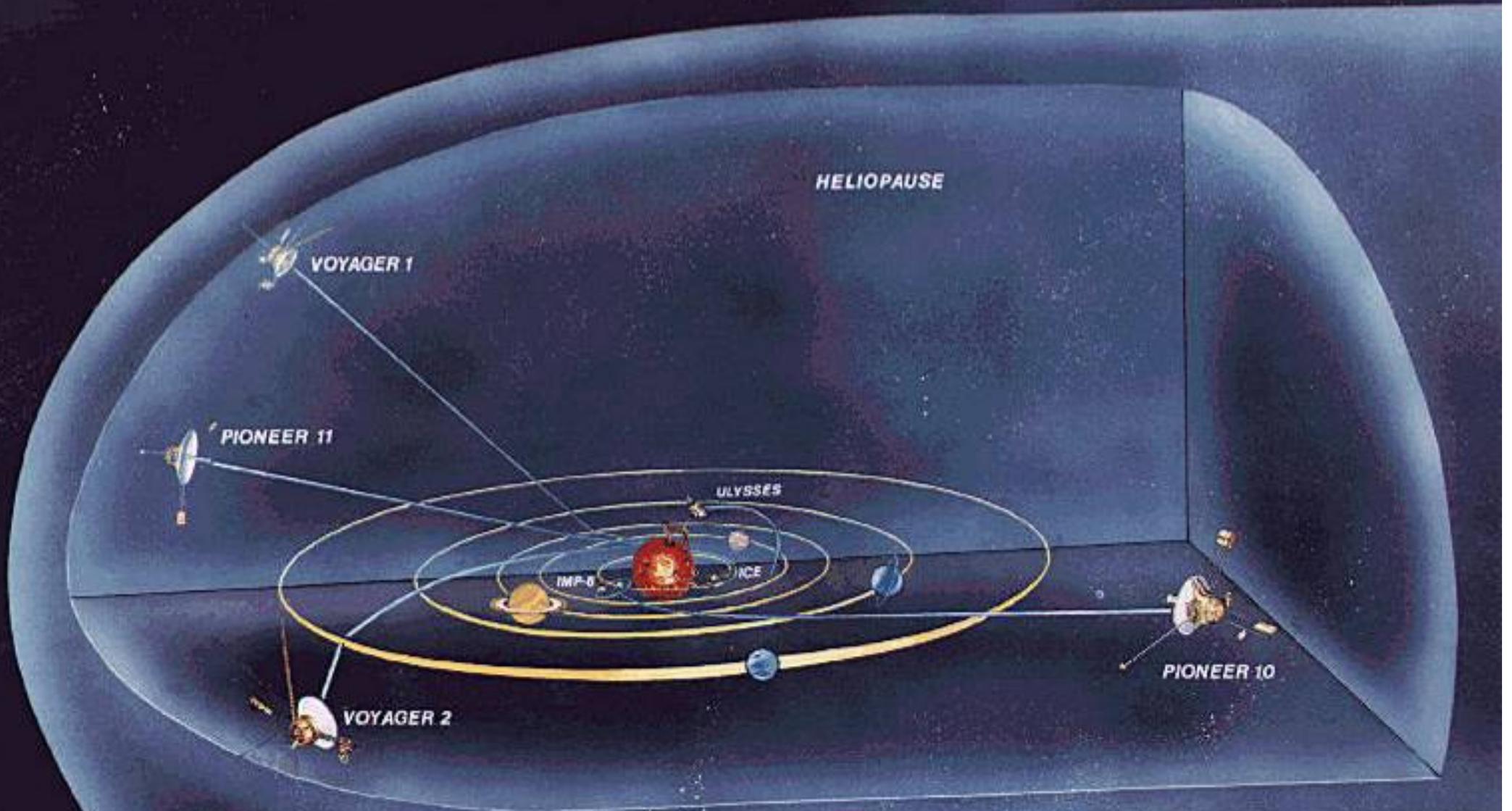
# Rebasando los confines del Sistema Solar



Voyager 1 y 2 **1977**



Pioneer 10 **1973** y Pioneer 11 **1973**



Voyager 1 ~ 120 unidades astronómicas / 16,5 horas-luz

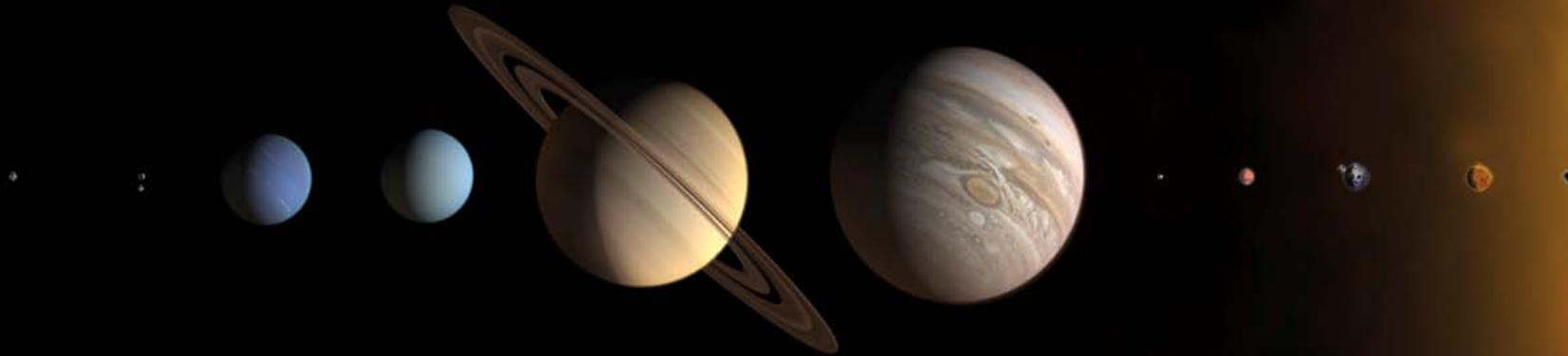
Voyager 2 ~ 98 unidades astronómicas / 13,5 horas-luz

Imagen de la Tierra tomada por la nave Voyager 1 cuando alcanzó el borde exterior del Sistema Solar



*¡Aquí estamos nosotros!  
En un punto azul pálido suspendido en el espacio*

# 6 – *La conquista* del planeta Marte



*Marte antes de la ‘era espacial’*

*Marte a través de las misiones robóticas*

*¿Cuándo veremos los atardeceres azules de Marte?*

## Marte vs. la Tierra (aprox.)

Radio ~1/2

Masa ~10 %

Densidad ~3/4

Gravedad ~1/3

Velocidad de escape ~1/2

Distancia al Sol ~3/2

'Año' ~2 años terrestres / *Estaciones* – Inclinação T=24° / M=30°

'Día' ~1 día terrestre = *sol*

Satélites 2, Fobos y Deimos (descubiertas en 1877)

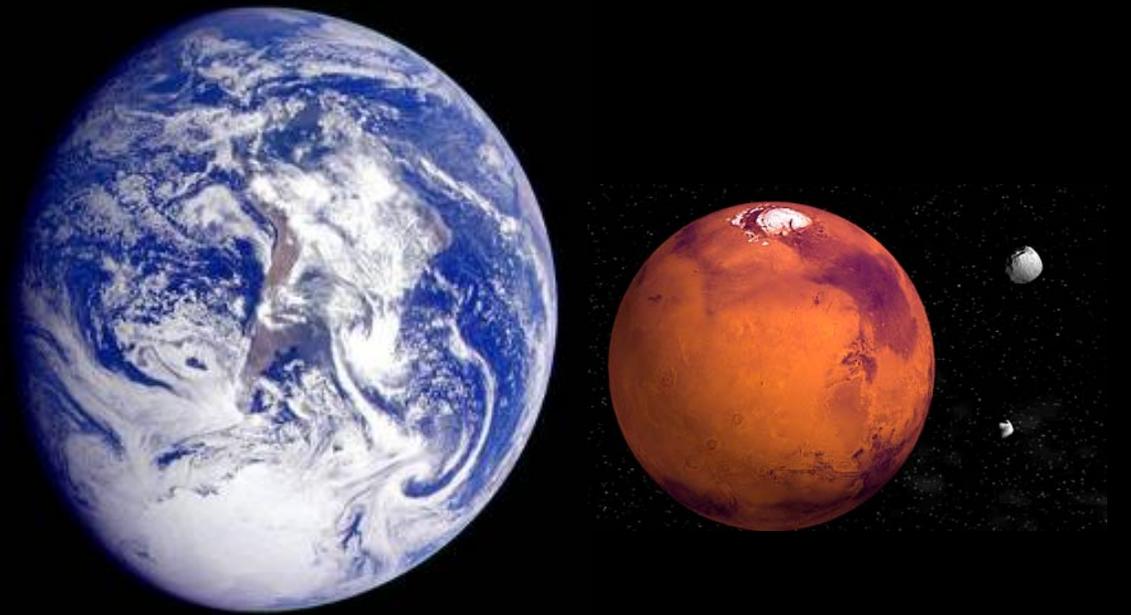
Campo magnético global: No

Presión atmosférica ~ 0,4 a 0,9 %

CO<sub>2</sub> (95,3 %) N<sub>2</sub> (2,7 %) Ar (1,6 %) O<sub>2</sub> (0,13 %)

Temperatura media: - 63°C (Tierra = 15 °C)

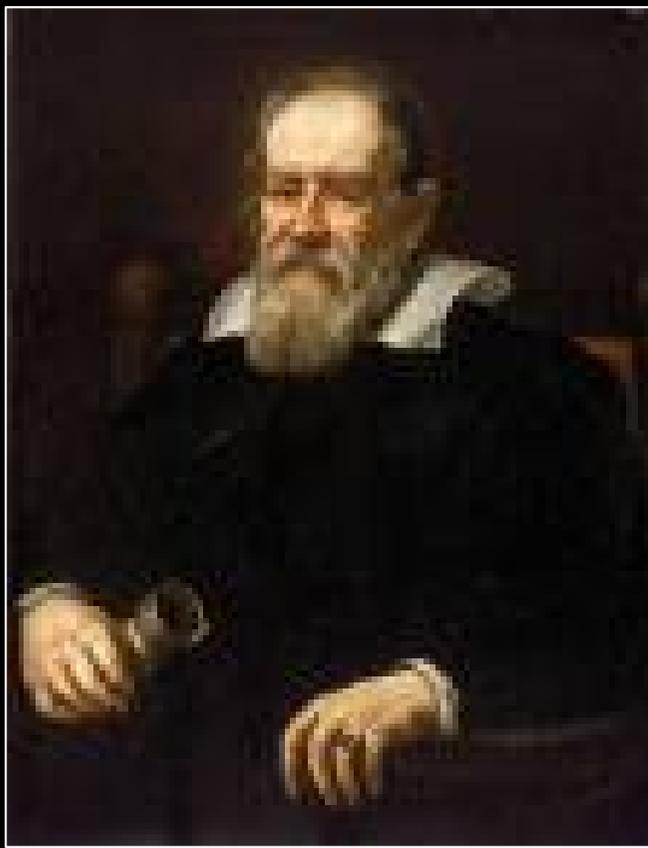
Hemisferios: Norte (llanuras); Sur (...cráteres)



# Marte antes la era espacial

## Galileo Galilei (~1609) Inicia la observación de Marte con telescopio

Le siguen  
Huygens,  
Herschel...



Galileo Galilei 1609 First turned his telescope on Mars

Astronomer **Johannes Kepler** describes elliptical orbit of Mars.



**Christiaan Huygens's** sketch of Syrtis Major records the first recognizable feature on Mars.



**William Herschel** observes seasonal change at the poles.



**Giovanni Virginio Schiaparelli** detects a network of canali, or channel-like lines.



**Percival Lowell** uses his map of the "canal" system as proof of irrigation ditches on Mars.

Tarzan creator **Edgar Rice Burroughs** publishes a series of books set on Mars.

**W. W. Coblentz** calculates that in some places Mars experiences above-freezing temperatures.

### NAMING THE RED PLANET

Its red color and loopy, seemingly erratic path through the night sky led ancients to link Mars with war and chaos. Babylonians named it Nergal for the god of death. Greeks called it Ares for their war god, which for the Romans became Mars.

1666 / 72 CASSINI / MARALDI confirmed a ~ 24 h / day

1600 1700

1800

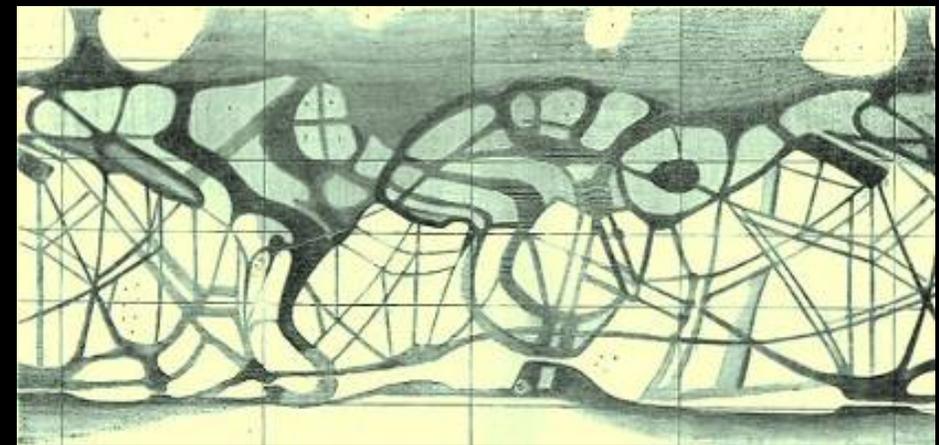
1900

1925

1930

1935

Copyright © 2001 National Geographic Society, Washington, D.C.



Giovanni Schiaparelli  
 En la gran oposición  
 de 1877 establece la  
 Teoría sobre la red de  
 canales de Marte

Timeline of Mars exploration:

- 1609**: Astronomer **Johannes Kepler** describes elliptical orbit of Mars.
- 1666 / 72**: **CASSINI / MARALDI** confirmed a ~ 24 h / day.
- 1700**: **Christiaan Huygens's** sketch of Syrtis Major records the first recognizable feature on Mars.
- 1800**: **William Herschel** observes seasonal change at the poles.
- 1835-1910**: **Giovanni Virginio Schiaparelli** detects a network of *canali*, or channel-like lines.
- 1877**: **Percival Lowell** uses his map of the "canal" system as proof of irrigation ditches on Mars.
- 1900**: **Tarzan creator Edgar Rice Burroughs** publishes a series of books set on Mars.
- 1930**: **W. W. Coblentz** calculates that in some places Mars experiences above-freezing temperatures.

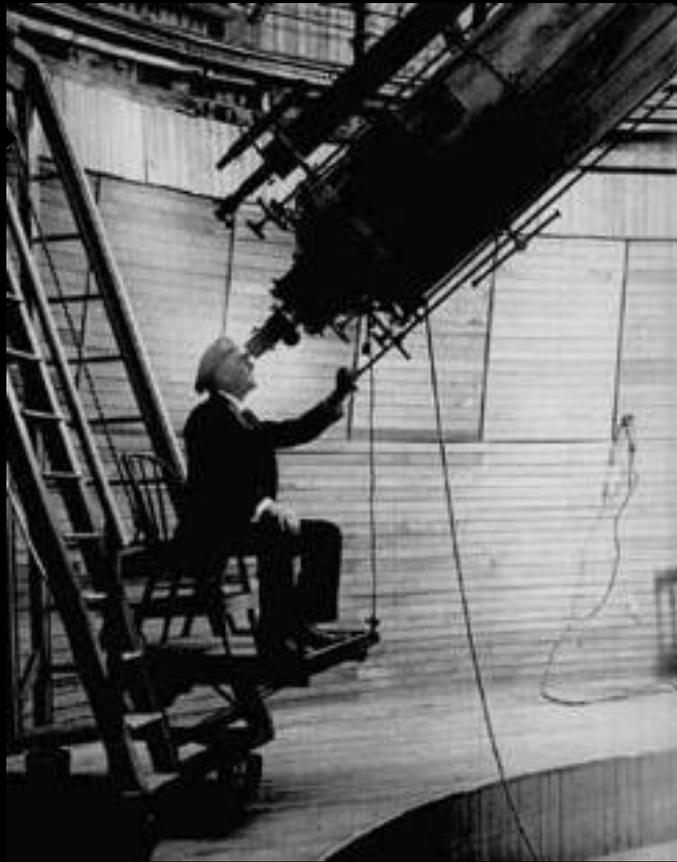
**NAMING THE RED PLANET**  
 Its red color and loopy, seemingly erratic path through the night sky led ancients to link Mars with war and chaos. Babylonians named it Nergal for the god of death. Greeks called it Ares for their war god, which for the Romans became Mars.

Copyright © 2001 National Geographic Society, Washington, D.C.



Percival Lowell

~1900



# Percival Lowell

## Canales de irrigación, ciudades, civilización, "marcianos"

Astronomer **Johannes Kepler** describes elliptical orbit of Mars.



**Christiaan Huygens's** sketch of Syrtis Major records the first recognizable feature on Mars.



**William Herschel** observes seasonal change at the poles.



**Giovanni Virginio Schiaparelli** detects a network of *canali*, or channel-like lines.



**Percival Lowell** uses his map of the "canal" system as proof of irrigation ditches on Mars.

Tarzan creator **Edgar Rice Burroughs** publishes a series of books set on Mars.

**W. W. Coblentz** calculates that in some places Mars experiences above-freezing temperatures.

### NAMING THE RED PLANET

Its red color and loopy, seemingly erratic path through the night sky led ancients to link Mars with war and chaos. Babylonians named it Nergal for the god of death. Greeks called it Ares for their war god, which for the Romans became Mars.

1666 / 72 CASSINI / MARALDI confirmed a ~ 24 h / day

1600 1700

1800

1900

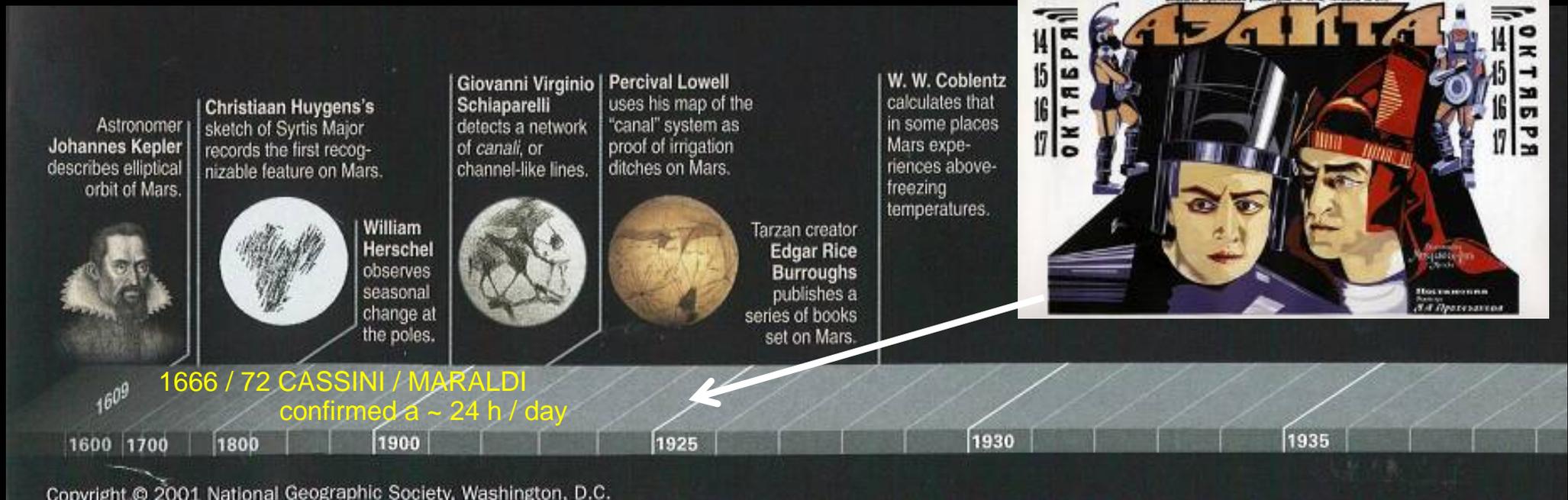
1925

1930

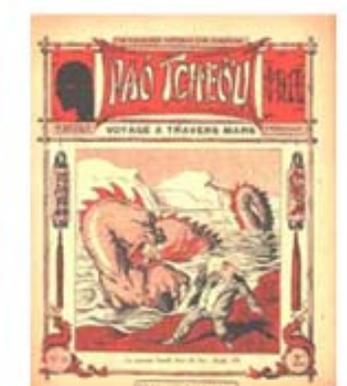
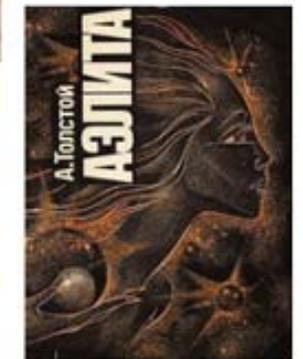
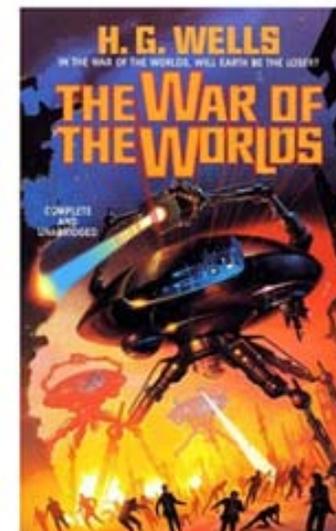
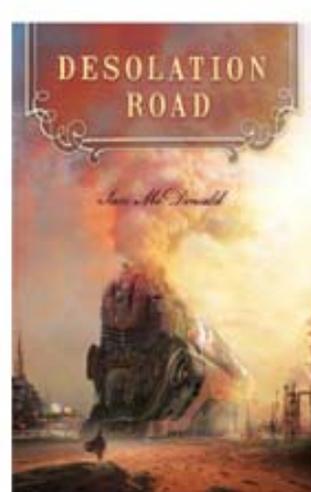
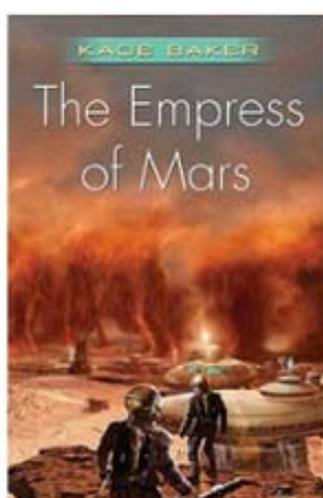
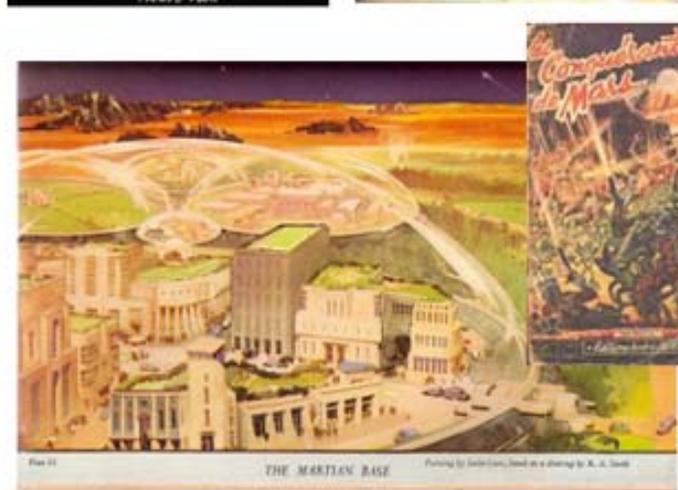
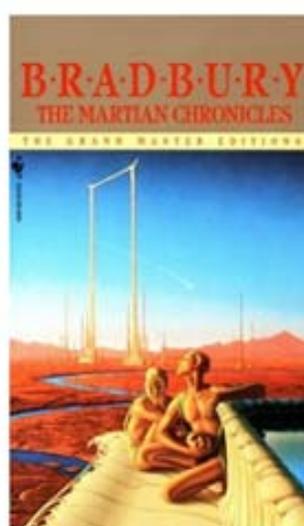
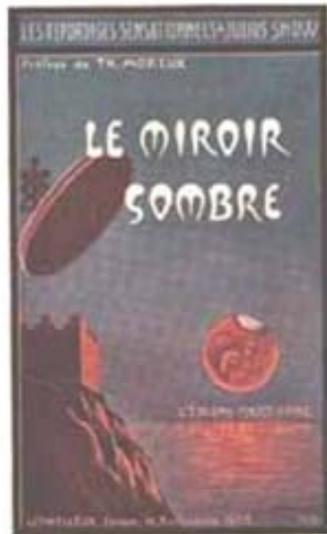
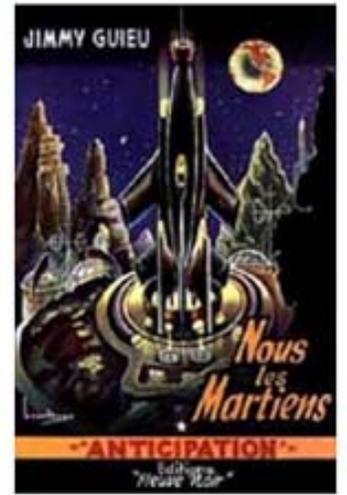
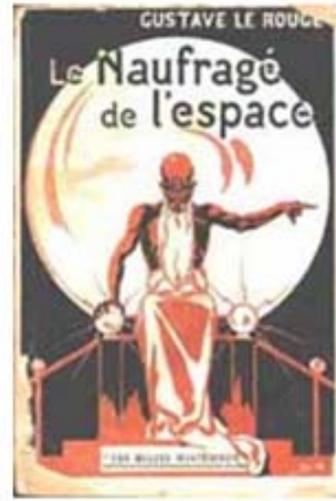
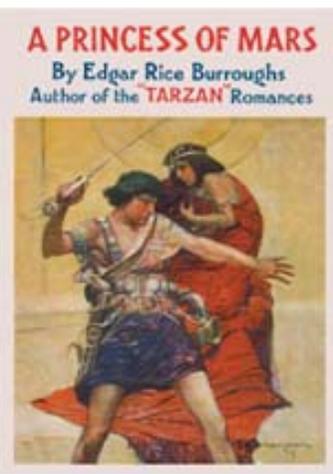
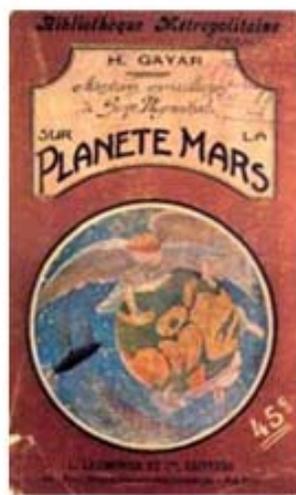
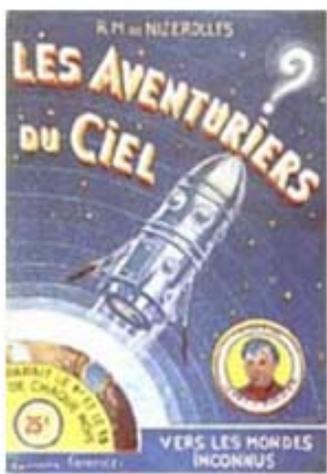
1935

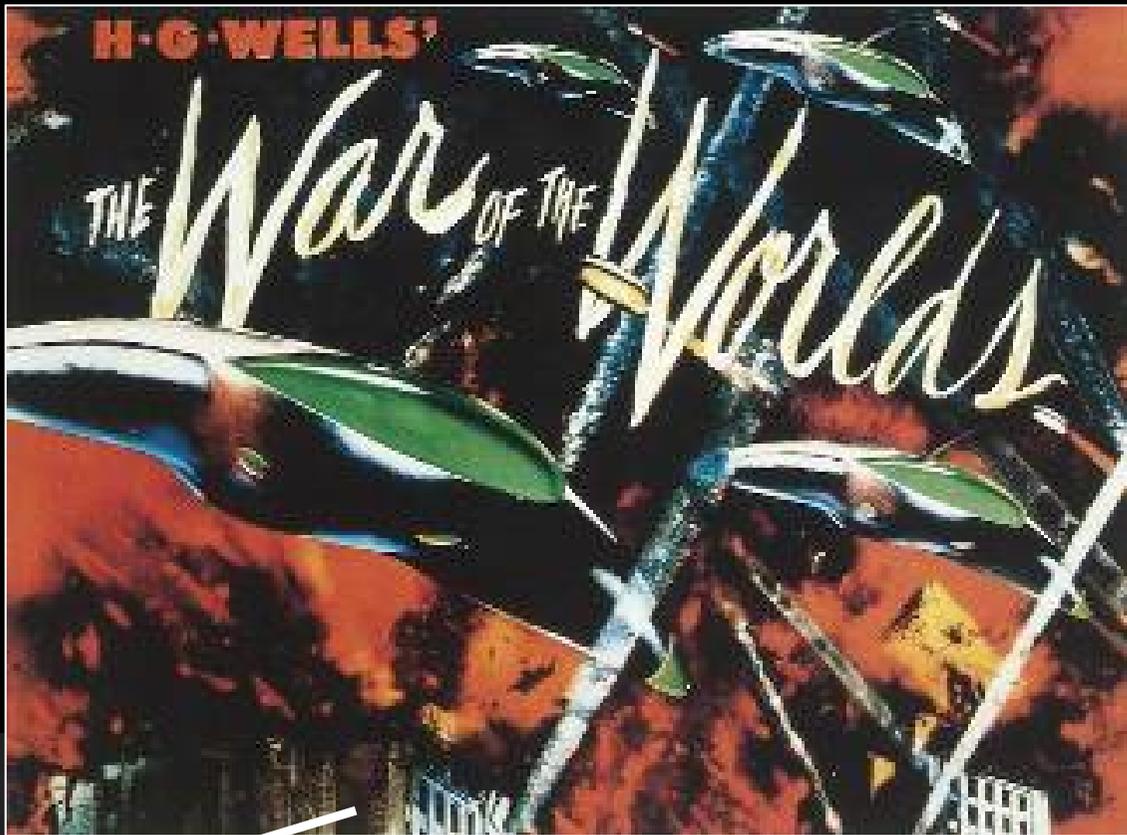
# 1924 – La primera película de ciencia ficción sobre Marte:

***Aelita: Queen of Mars** (1924) película de cine mudo del director soviético Yakov Protazanov. Está basada en la novela del mismo nombre de Alexei Tolstoy*



Copyright © 2001 National Geographic Society, Washington, D.C.





**1938** – Retransmisión  
 Radiofónica de Orson Wells  
 de “La Guerra de los mundos”  
 de H.G. Wells

Orson Welles's  
 radio broadcast of  
*War of the Worlds*  
 panics listeners,  
 who fear a Mar-  
 tian invasion.



Carbon dioxide  
 identified by Gerard  
 Peter Kuiper as  
 component in  
 Mars's atmosphere.

Ray Bradbury's *Martian  
 Chronicles* describes the  
 first attempt of Earthlings  
 to conquer and colonize  
 Mars.



Cold War Hollywood turns  
 Martians into scary mon-  
 sters and femmes fatales.



1940

1945

1950

1955

# España / 1956

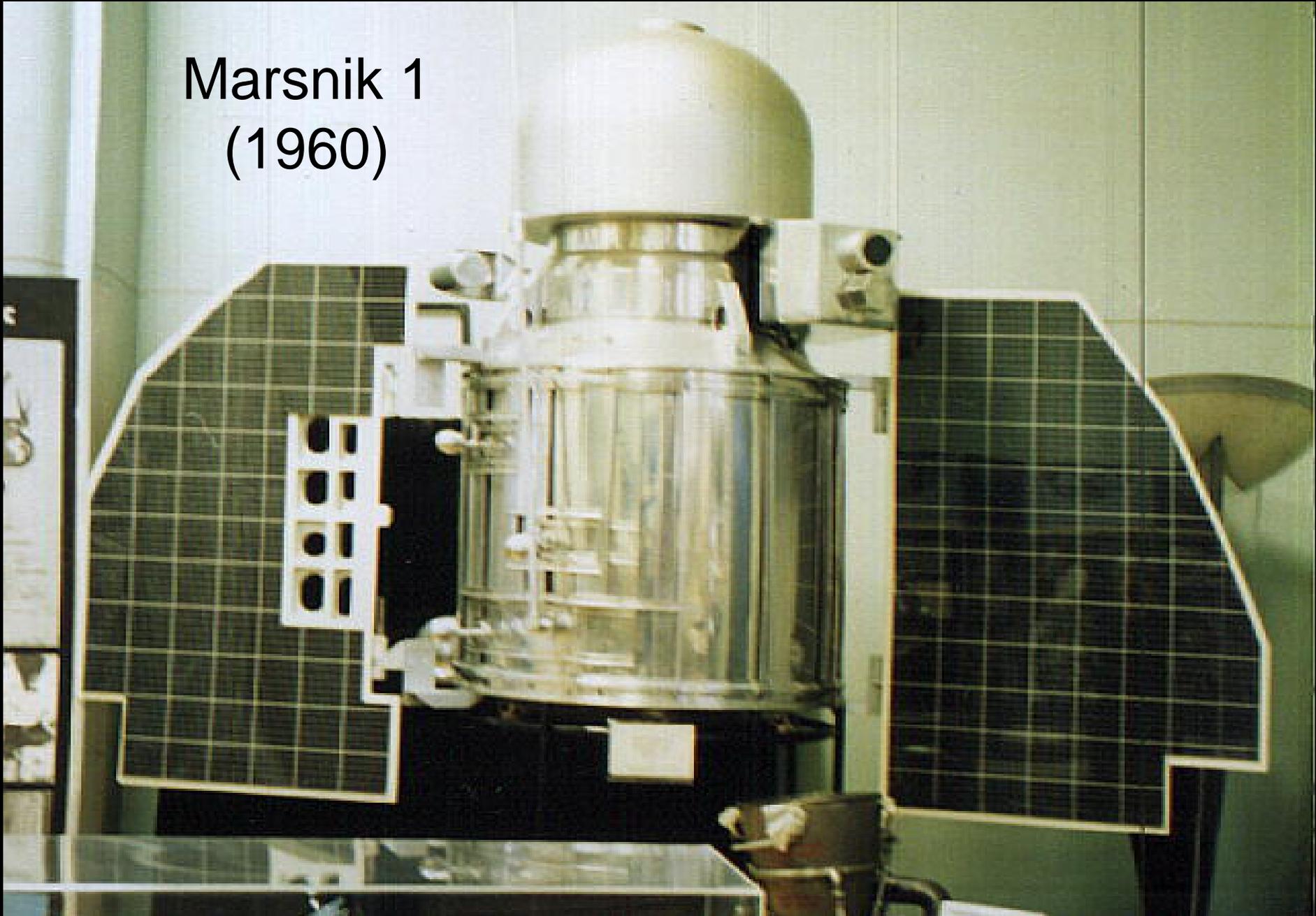


El Planeta Marte

Nº 715A Año XIV

# *Marte a través de las misiones robóticas*

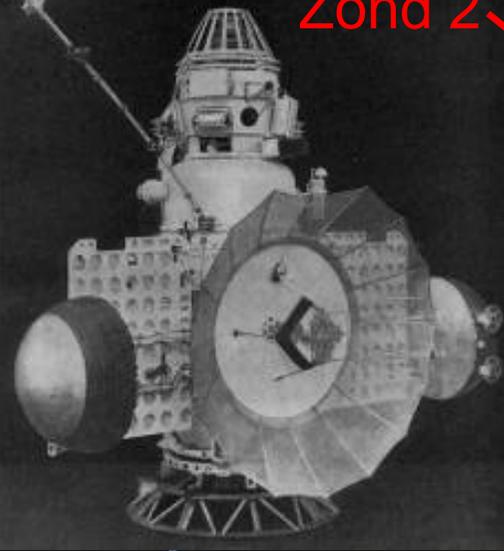
Marsnik 1  
(1960)



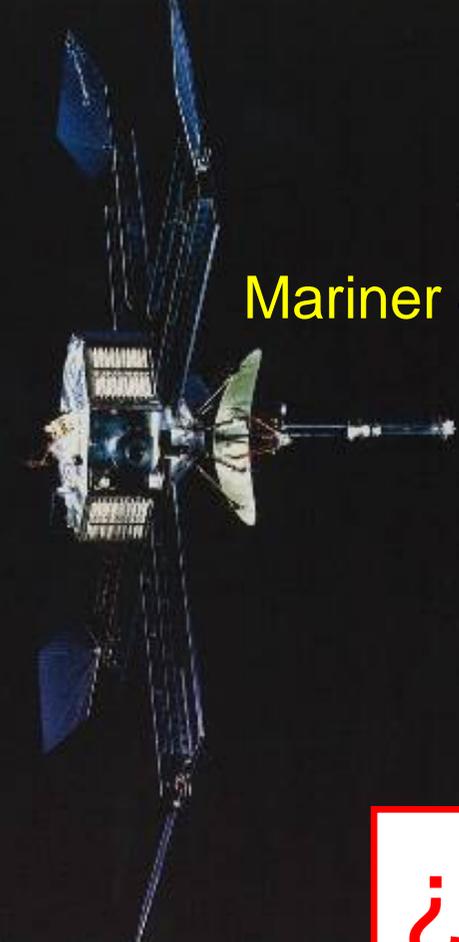


SOURCES: CORNELL UNIVERSITY, EUROPEAN SPACE AGENCY, NASA, RUSSIANSPACEWEB.COM

Zond 2



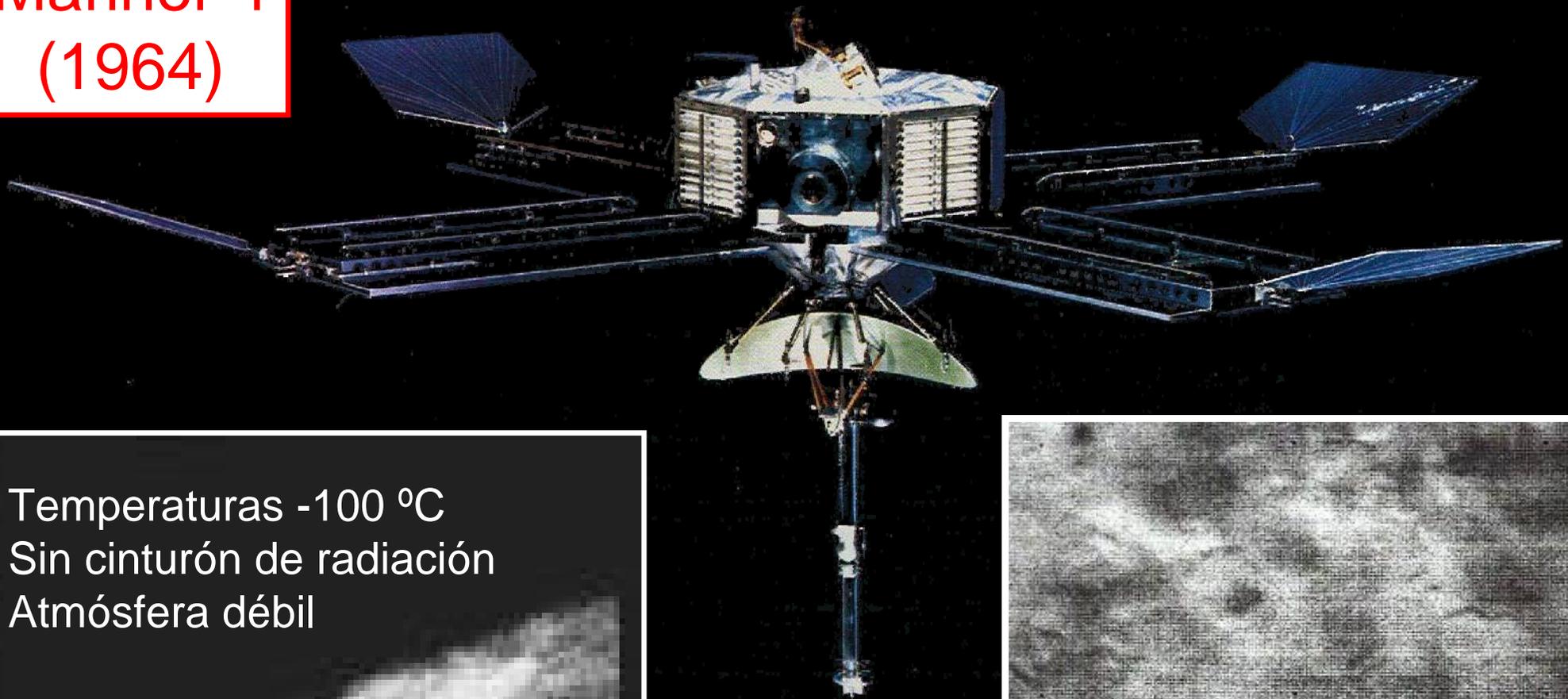
Mariner 4



MARINER 4  
Success. Returned 21 images. First successful flyby.



# Mariner 4 (1964)



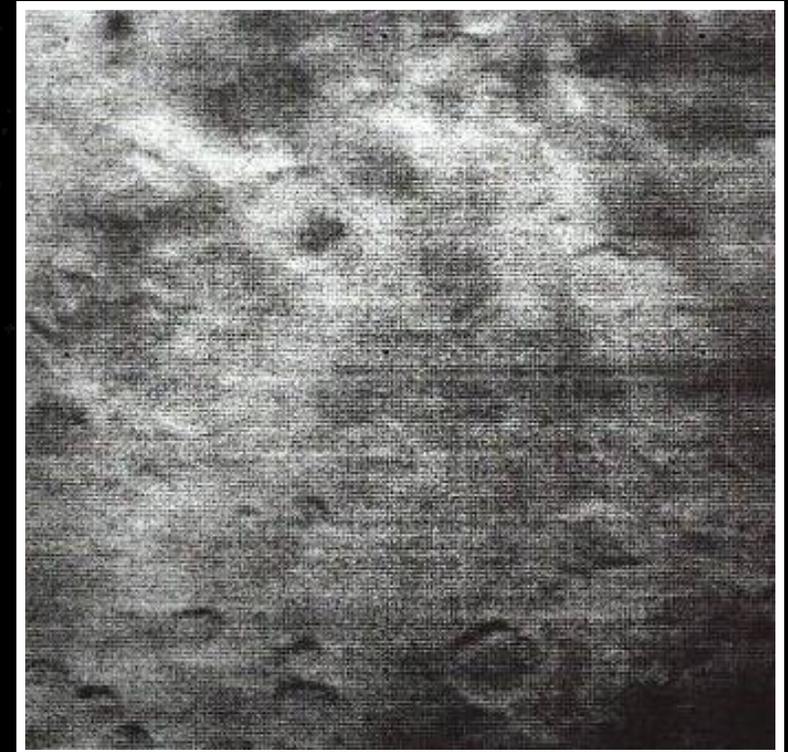
Temperaturas -100 °C  
Sin cinturón de radiación  
Atmósfera débil

15-7-65

Pasó a 8.000 km

40 minutos de  
observación

21 fotografías



Las primeras imágenes  
recibidas desde Marte  
fueron "frustrantes"...

# Mariner 6 y Mariner 7

5-8-1969

3.430 km

Eran 'comandables' desde Tierra

Fotografiaron el 20% de Marte

Polo Sur y Phobos

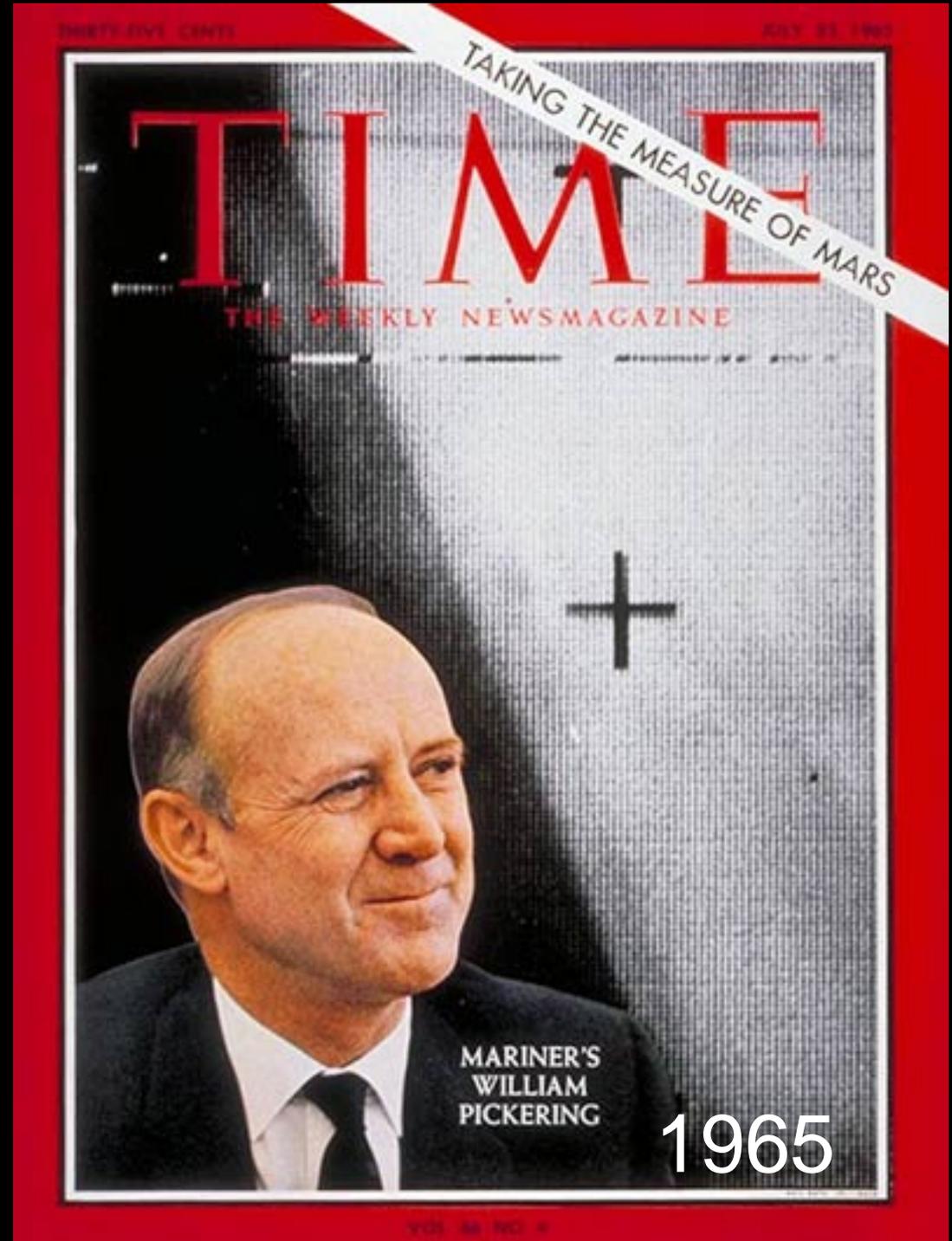
75 (6) + 126 (7) fotografías

-73 °C Ecuador

-125 °C Polo Sur / hielo de CO<sub>2</sub>

Atmósfera: 98 % CO<sub>2</sub>

*Marte siempre  
ha estado de  
actualidad*



# Mariner 9 (1971)

Desde Nov 1971

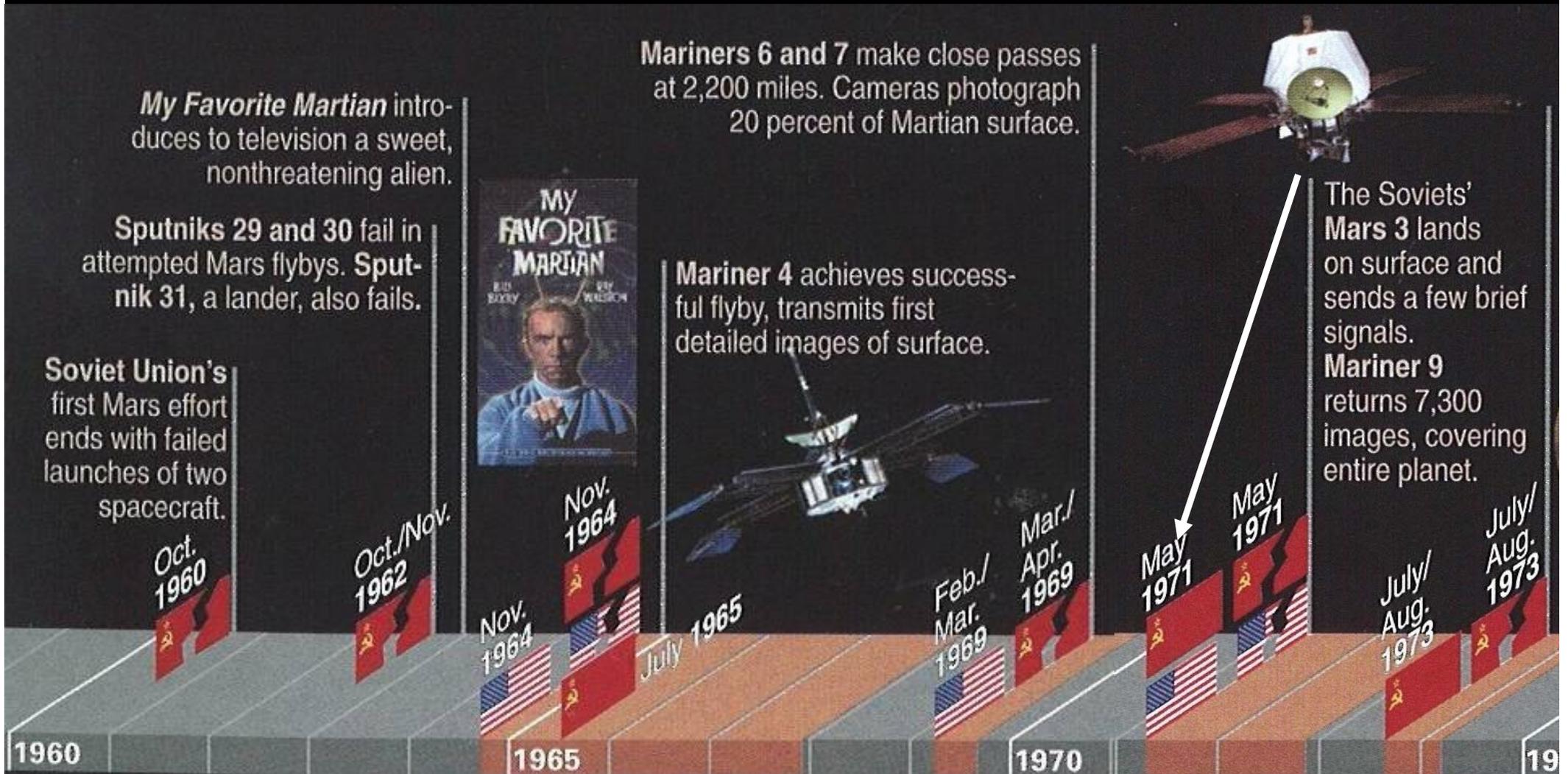
Órbita: 1.318 km x 17.916 km 64,3°  
Fotografió el 85 % (1-2 km resolución)

7.329 fotografías

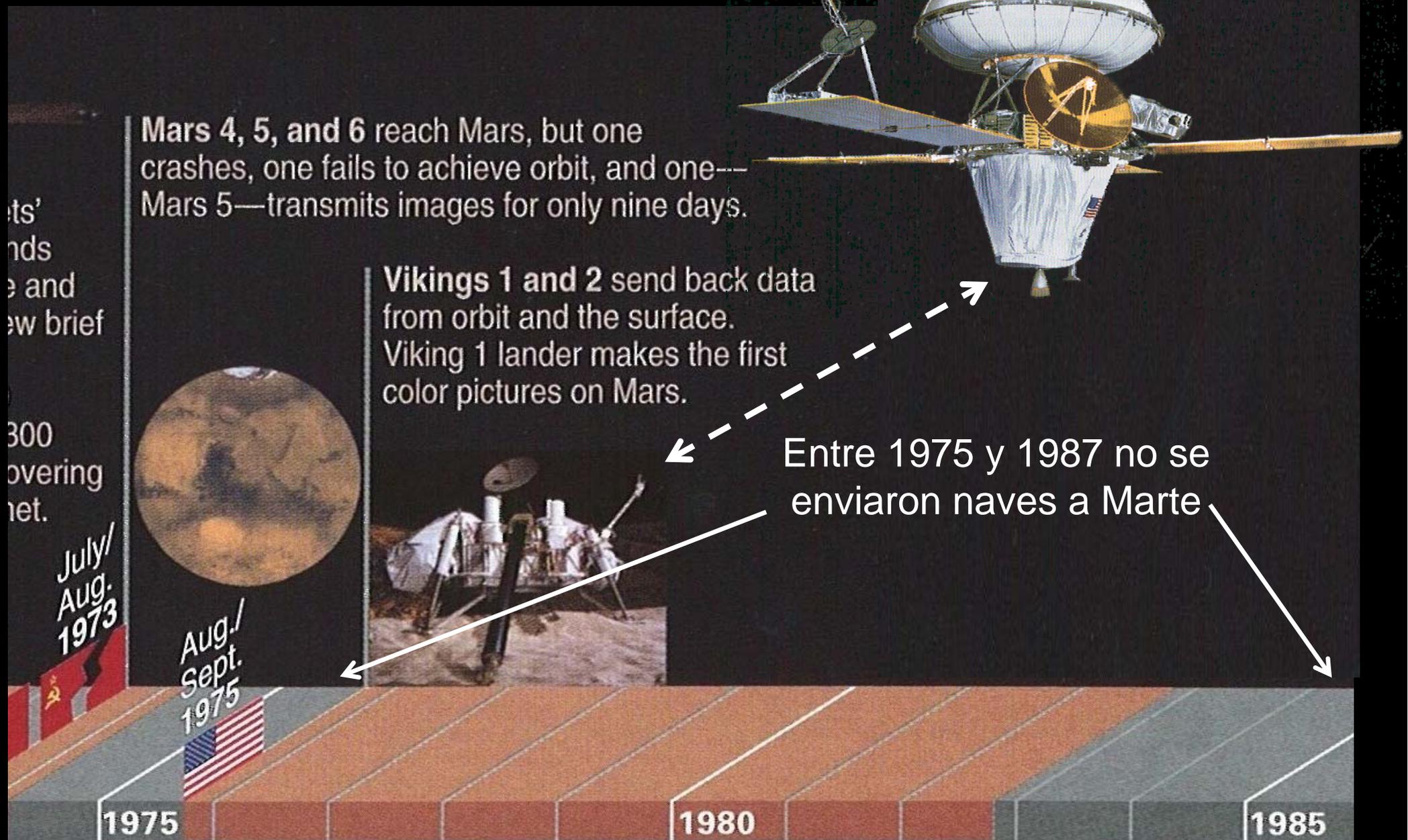
Descubrimiento del relieve

Especulaciones sobre el agua superficial

Inactividad geológica



# Vikings 1 & 2 (Orbiter+Lander) / 1976



# Vikings 1 & 2 (1976)

20-7-76 a 01-2-83

03-9-76 a 12-4-80

Órbita 1.500 x 50.300 km

Diariamente: -86 °C a -33°C

Test biológicos negativos

Presencia: C, N, H, O, P

Sin actividad sísmica

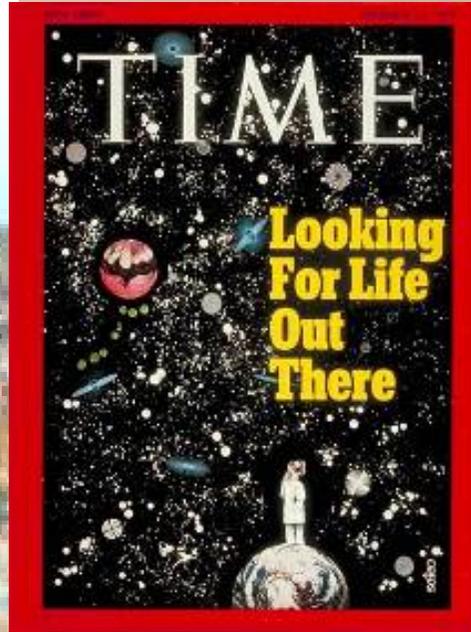
Lechos de ríos y torrentes

Landers: 4.500 fotos

Orbiters: 51.539 fotos

300 m de resolución

97 % de la superficie



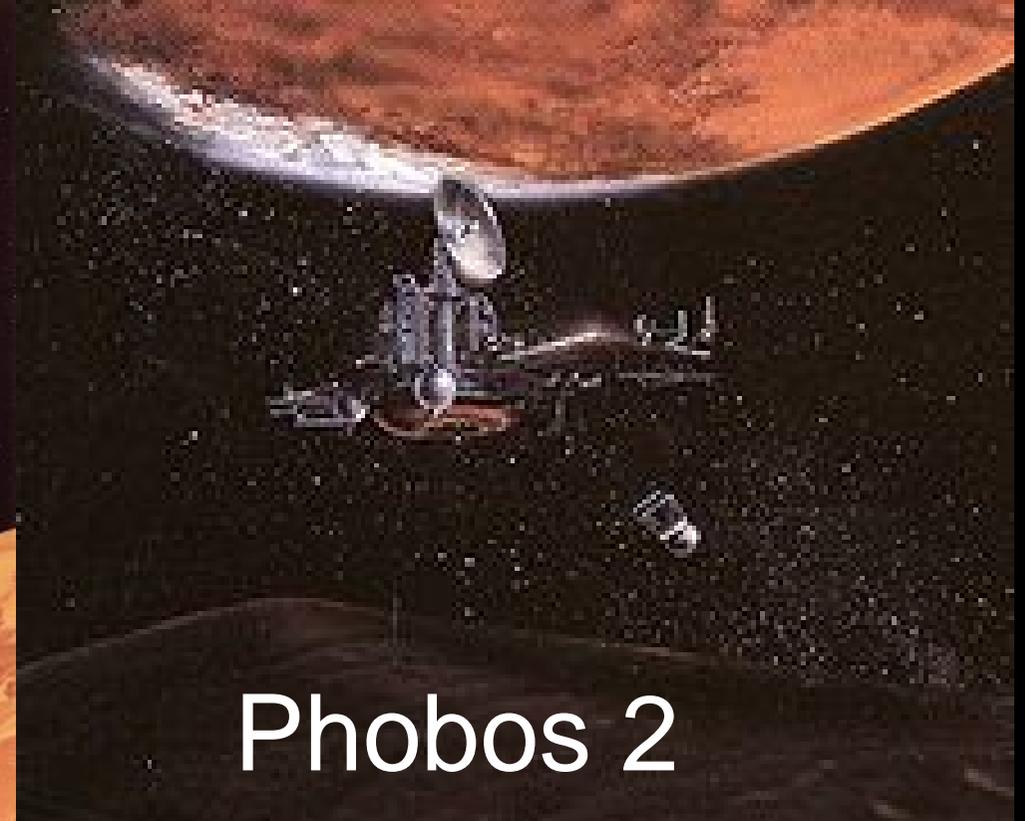
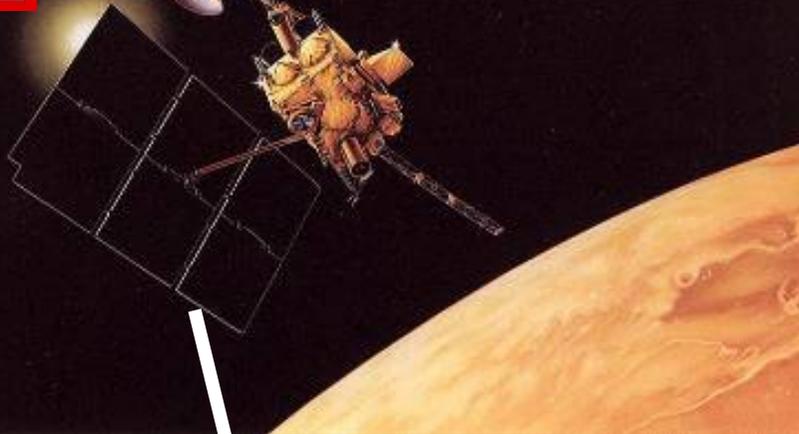
1971



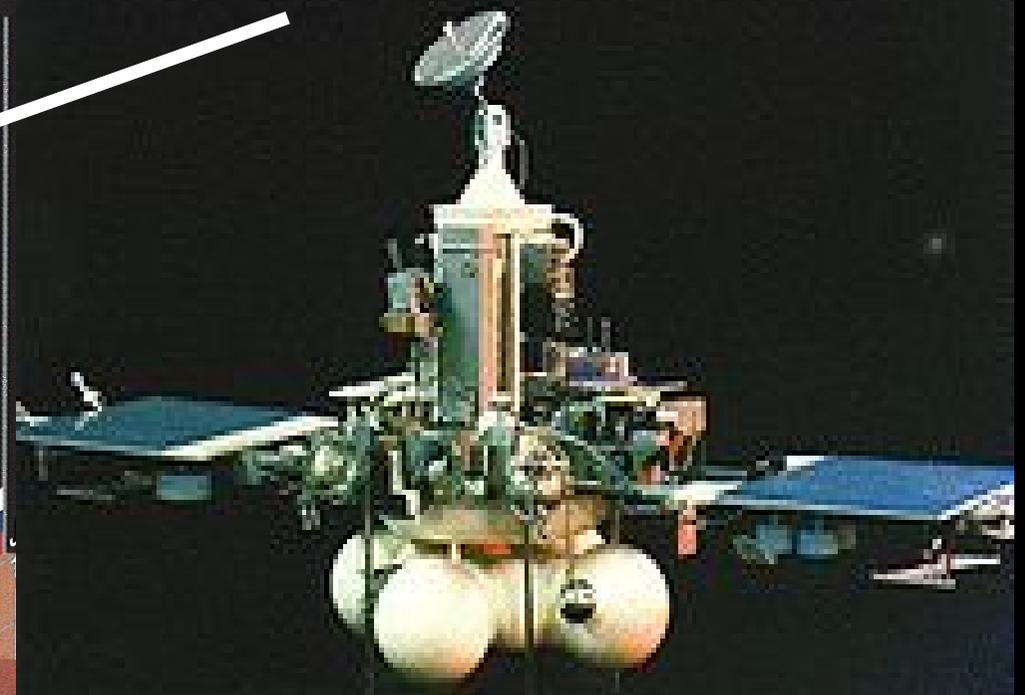
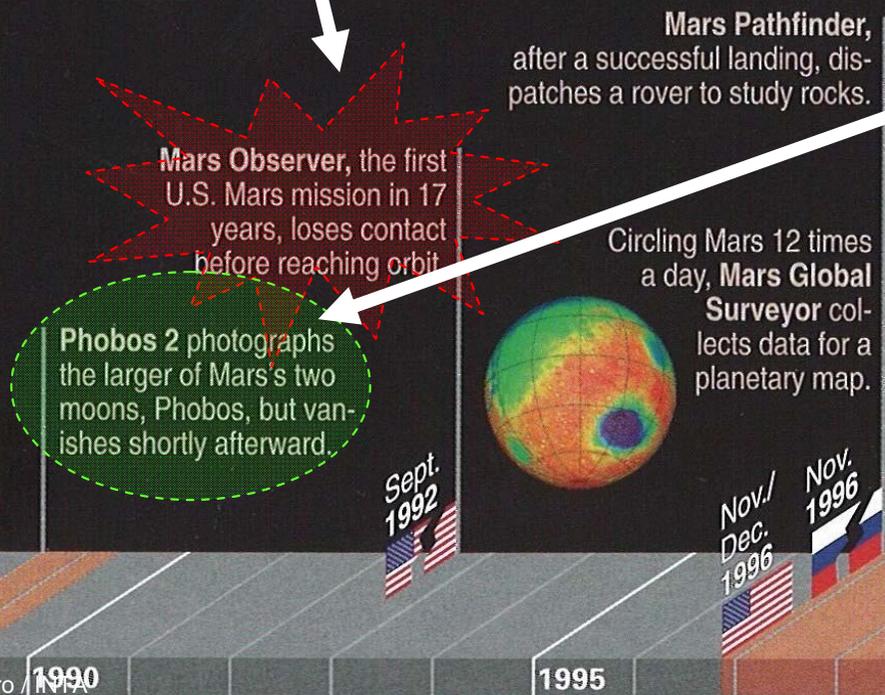


# Mars Observer

1988



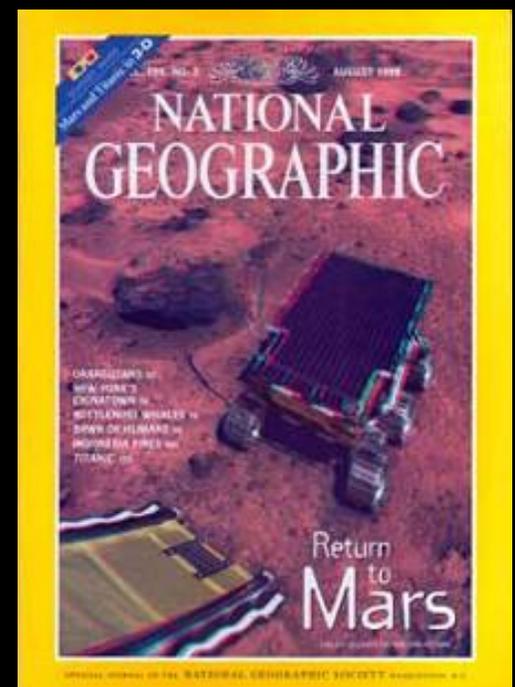
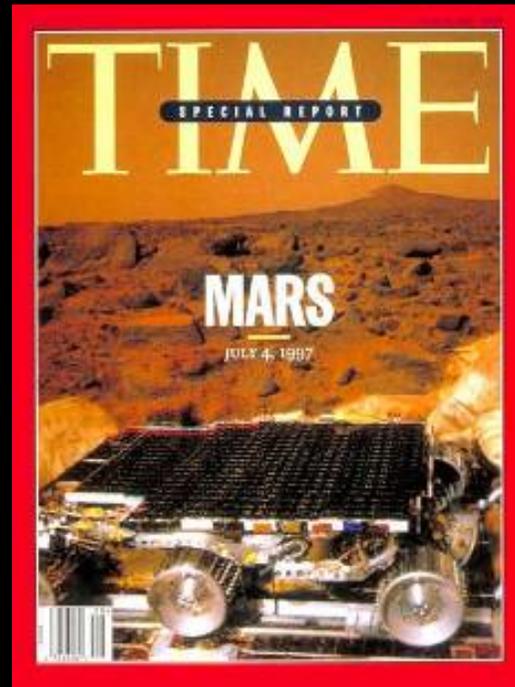
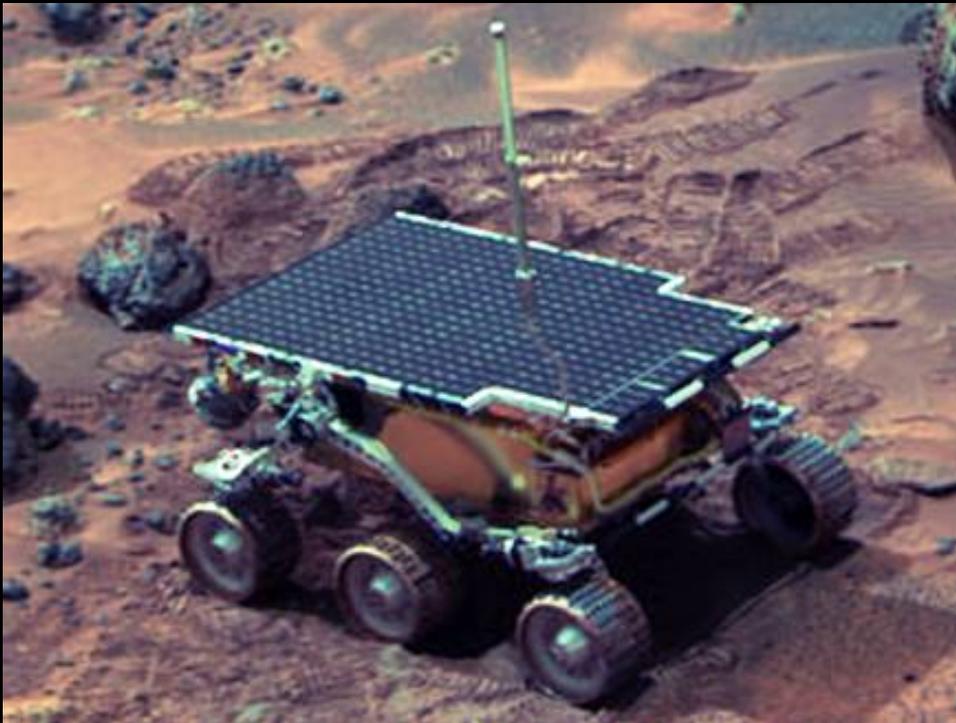
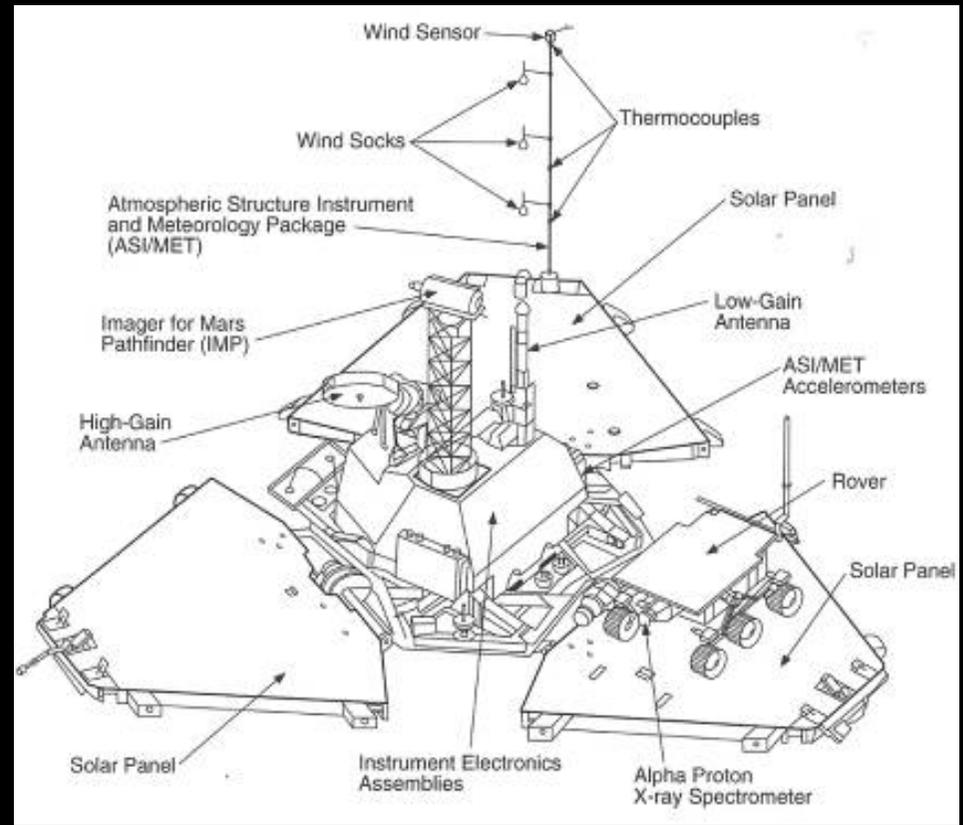
# Phobos 2



# Mars Pathfinder / Sojourner (1997)

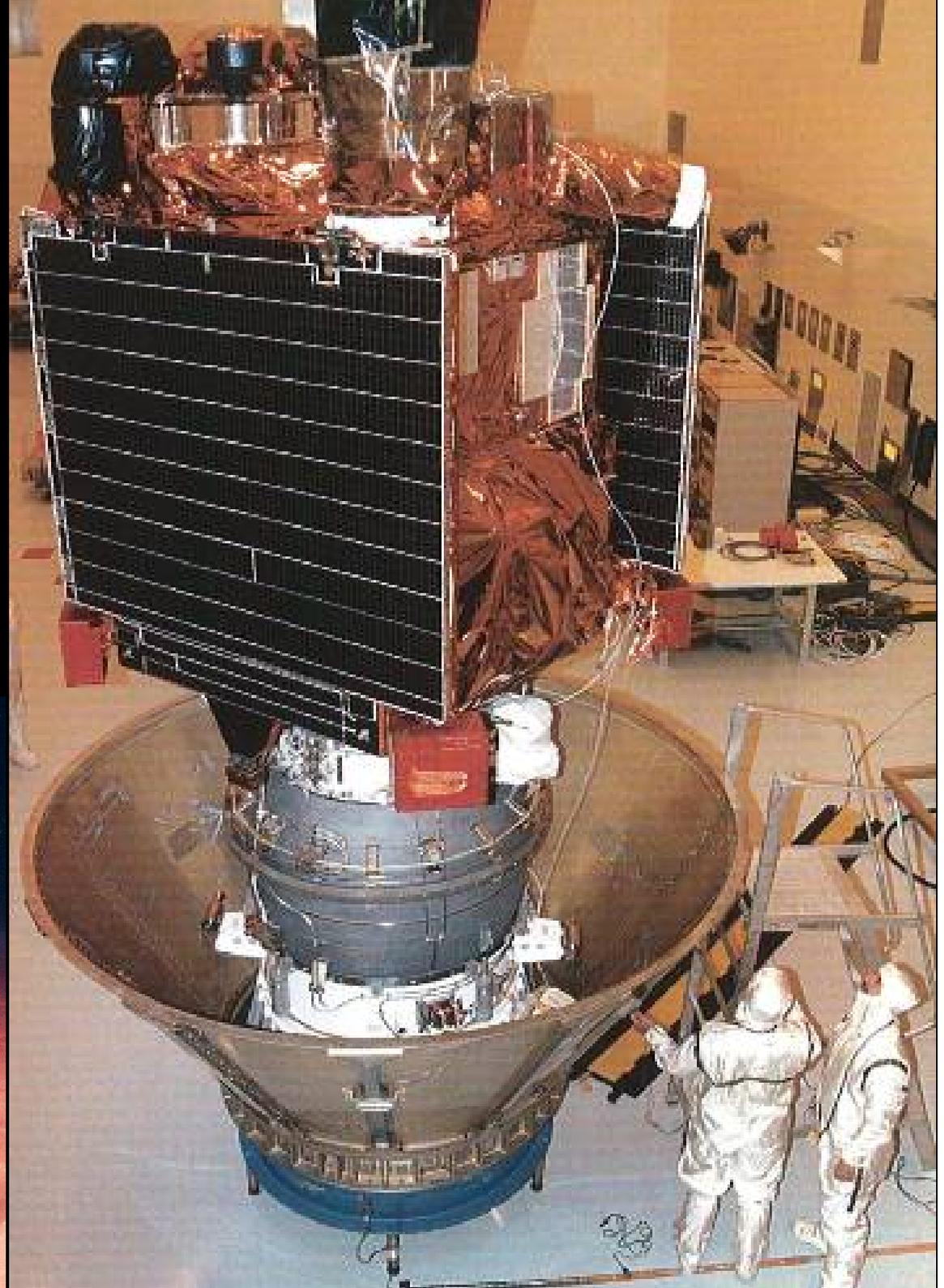
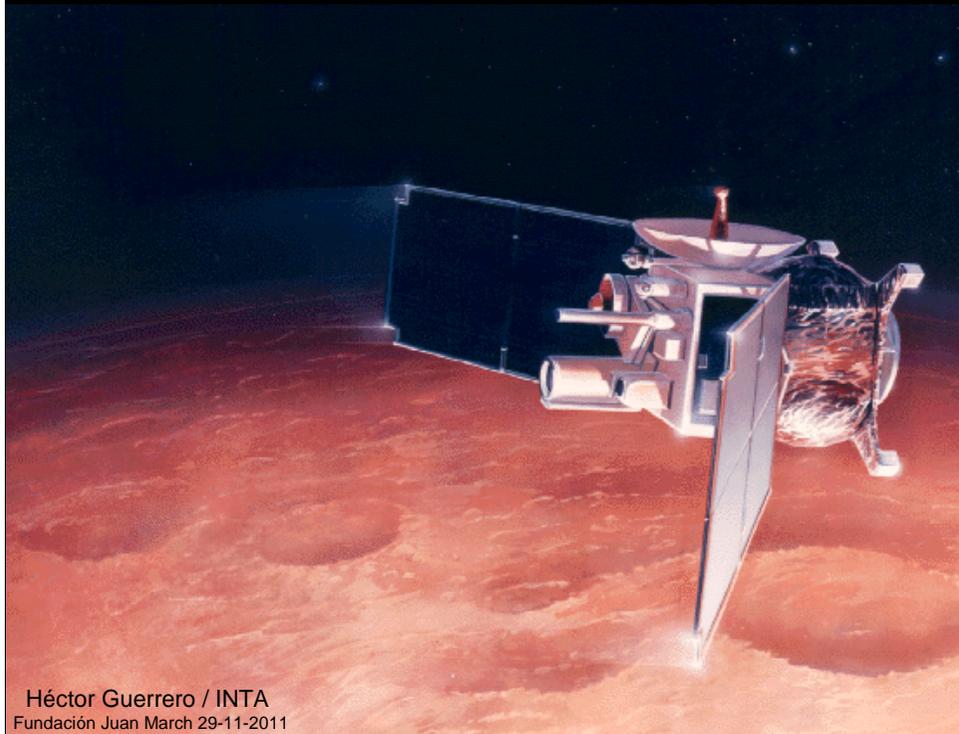
4-7-1997 a 27-9-1997

Logros Tecnología  
Geología  
Atmósfera  
Recorrió 500 m<sup>2</sup>  
550 + 16.000 fotos



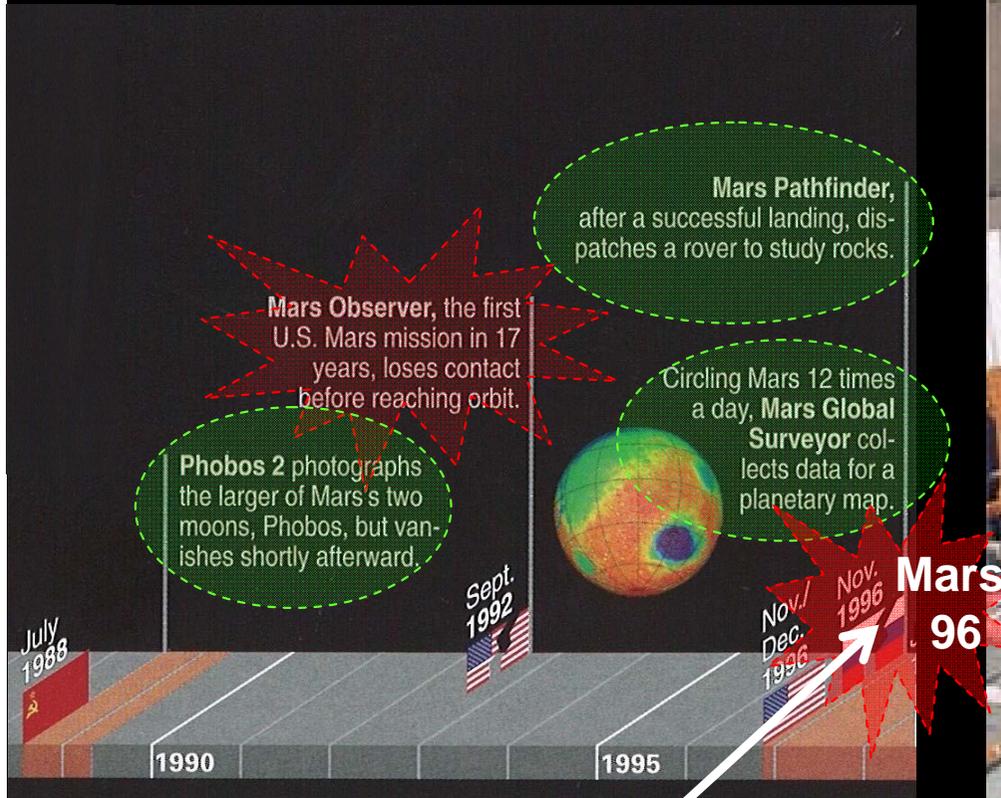
# Mars Global Surveyor 1996

Aerofrenado  
Altímetro / Topografía  
Ionosfera  
Campo magnético  
Campo gravitatorio  
Polvo y clima



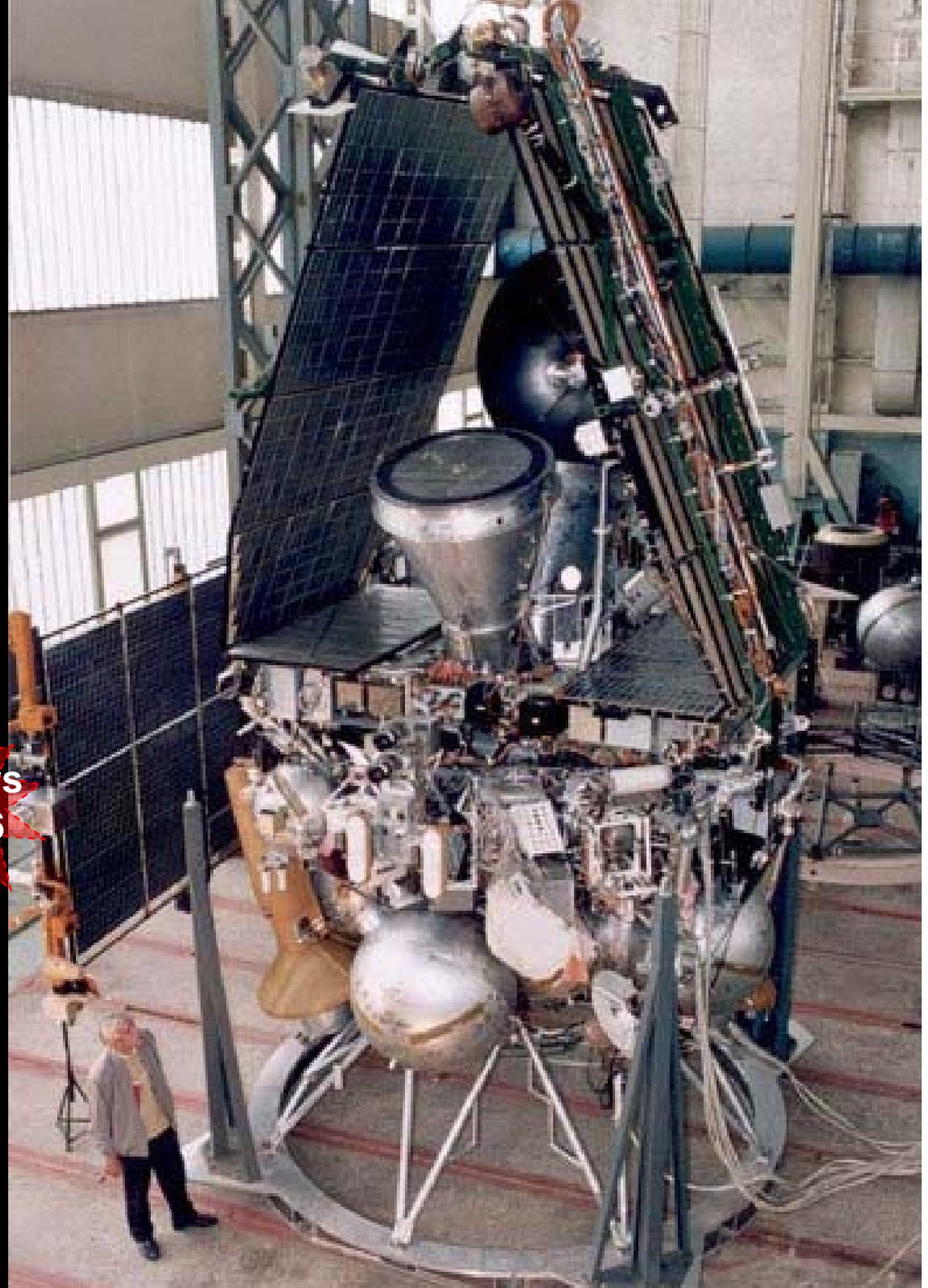
# Mars 96

¡Una gran pérdida!  
para Rusia y el resto de Europa



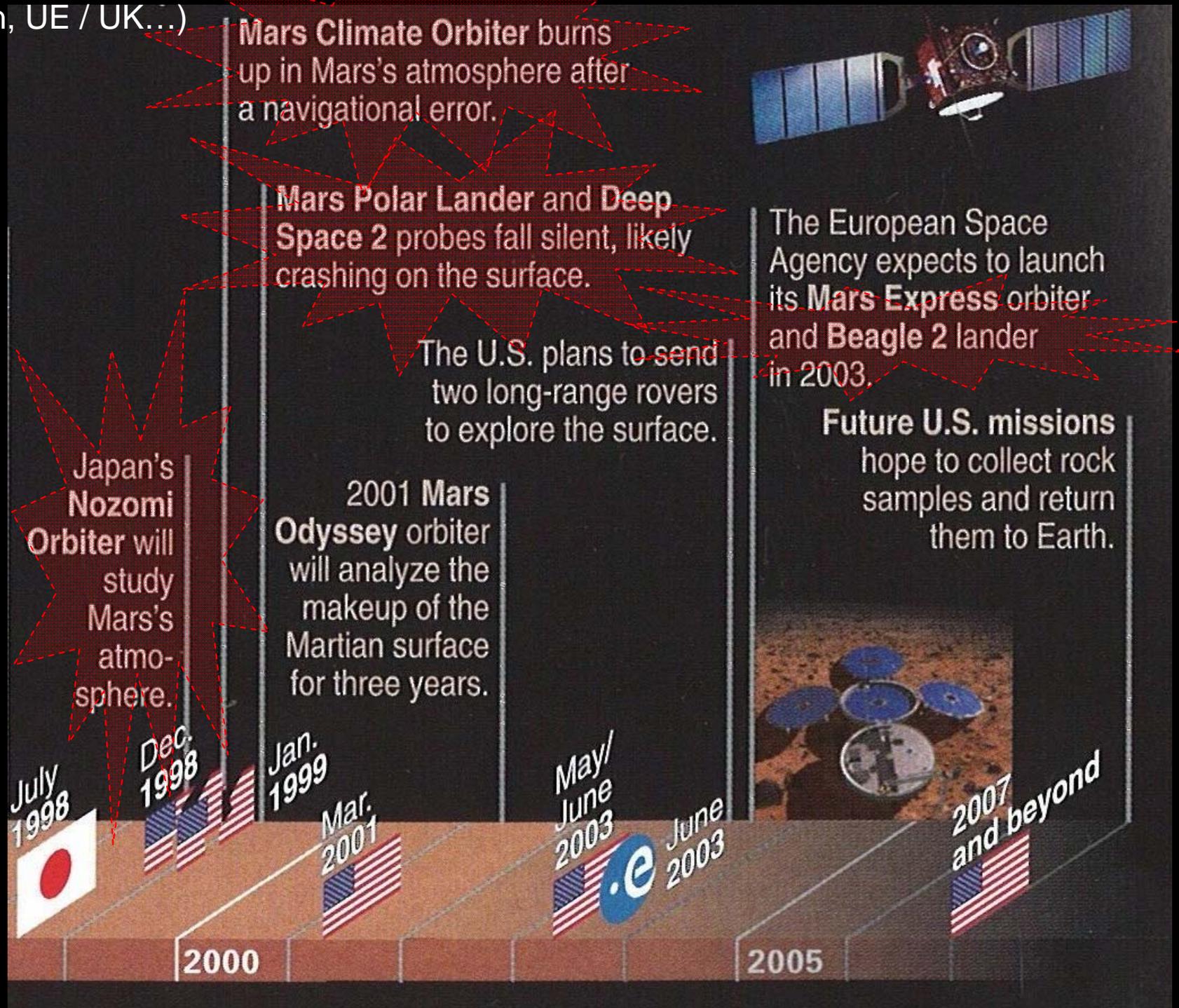
Nov / 1996 - USSR  
3.700 kg (sin combustible)

Orbitador + 2 estaciones + 2 penetradores



# ¡Menudos desastres!

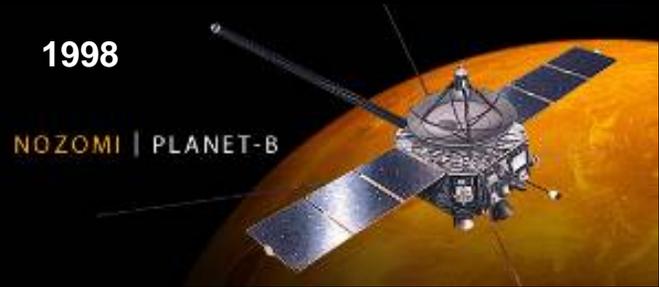
(EE.UU, Japón, UE / UK...)



# Los fracasos más notables



1992 - Mars Observer



1998 NOZOMI | PLANET-B



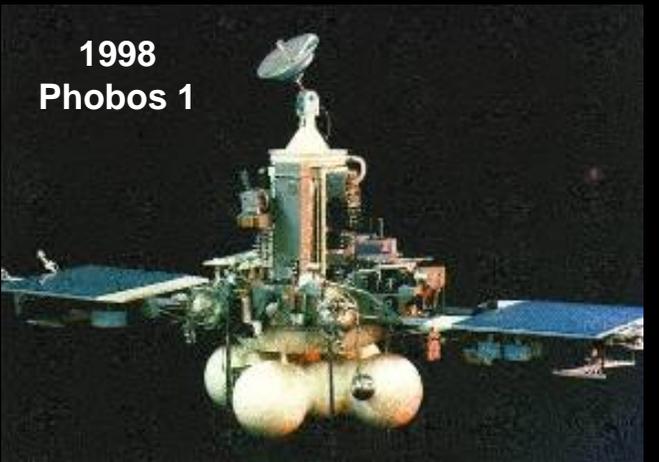
1998 - Mars Climate Orbiter



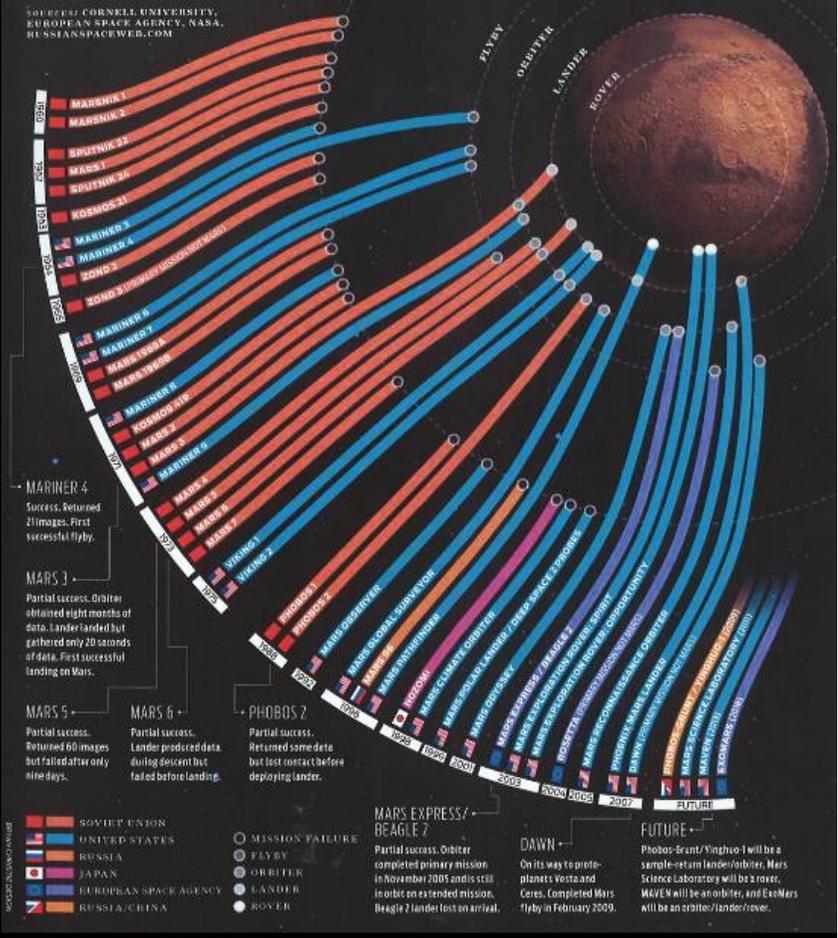
1999 - Mars Polar Lander



2003 - Beagle



1998 Phobos 1

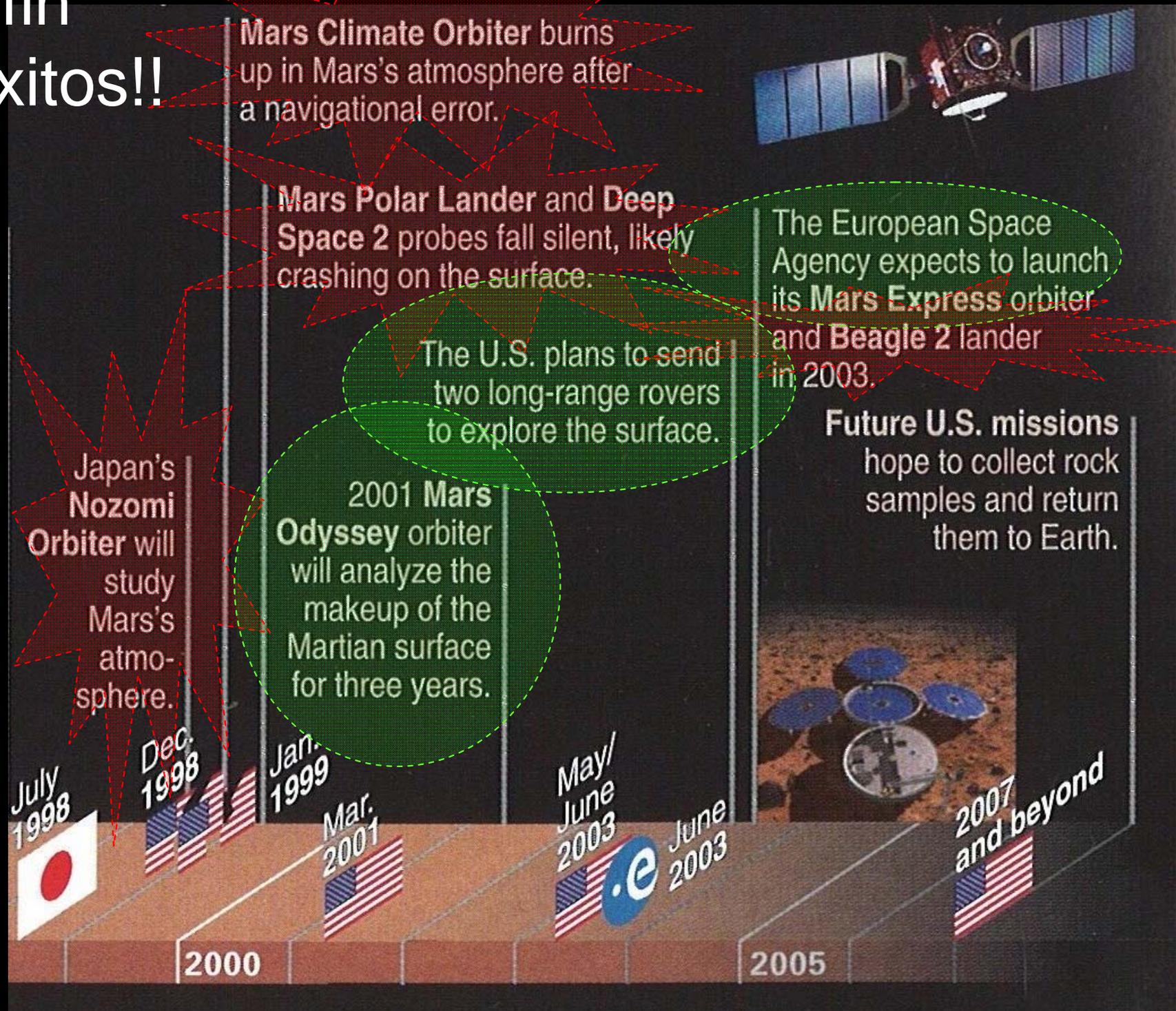


Mars 96

## Antes de las Vikings (15):

- Mariner (2) 3 & 8
- Marsnik (2) 1 & 2
- Sputnik (2) 22 & 21
- Zond (2) 2 & 3
- Kosmos (2) 21, 419
- Mars (5) 1, 2, 7, 96a, b

# ¡¡Por fin varios éxitos!!



2001  
Mars Odyssey



2003 - Mars Express



## ¿Qué aprendimos de los éxitos?



2005 - Mars  
Reconnaissance  
Orbiter

Topografía y cartografía  
Estudio del campo gravitatorio  
Sin campo magnético global  
Casi sin actividad geológica  
Distribución de elementos  
Distribución de minerales  
Estudio de minerales in situ  
Estudio del clima  
Estudio del polvo atmosférico  
Ciclos del CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y polvo  
Estudio del subsuelo  
Agua, agua y agua  
Hielo en superficie medido in situ  
Metano misterioso  
¿Y de la vida?

2003 – MER / Spirit

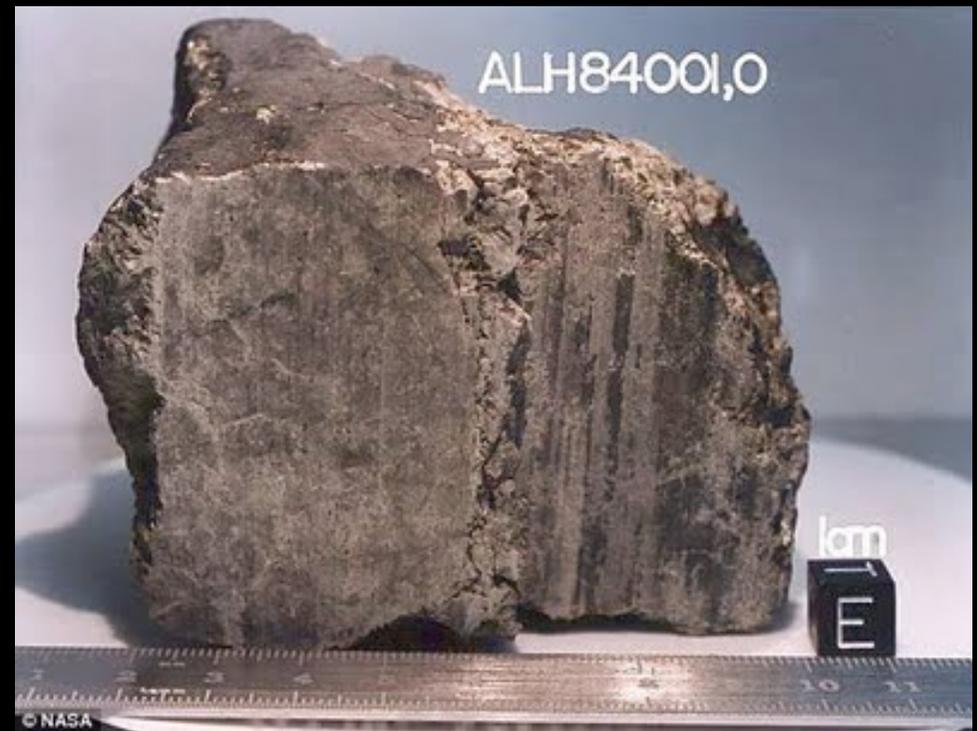


2003 – MER / Opportunity

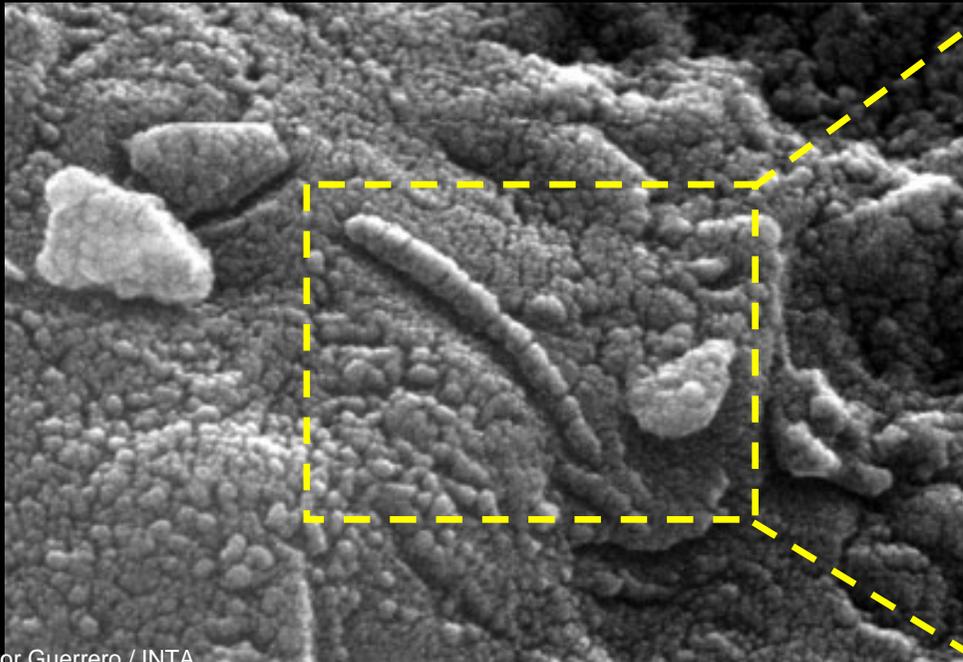


2007 – Phoenix

# ¿Pruebas de vida en Marte? El caso del meteorito ALH84001

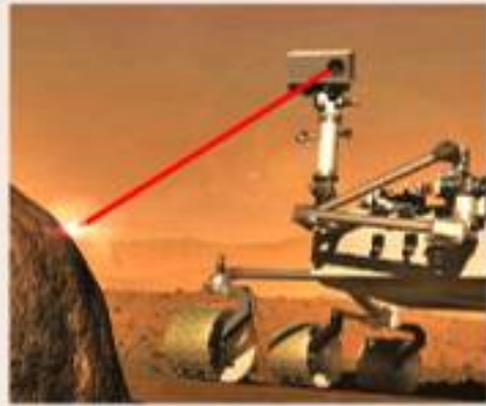


NASA / 7 de agosto de 1996 → Bacteria fósil de hace 3.000 millones de años

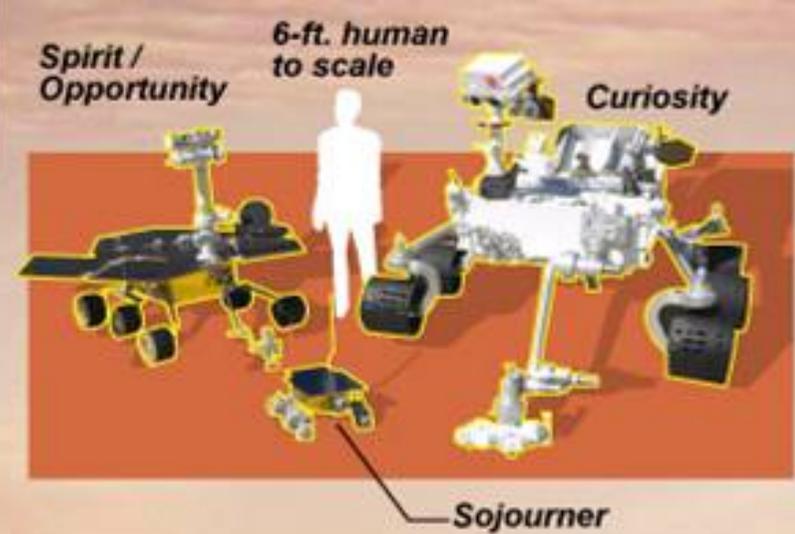


# Curiosity / Mars Science Laboratory

## La próxima gran aventura en Marte



**ChemCam** will fire a laser and analyze the elemental composition of vaporized materials from areas smaller than 1 millimeter on the surface of Martian rocks and soils.



**MMRTG Nuclear Power Source** contains 10 pounds (4.8 kilograms) of plutonium dioxide

**REMS**

**Robotic Arm** puts instruments in contact with the Martian soil. Instruments include the **Alpha Particle X-ray Spectrometer (APXS)** and the **Mars Hand Lens Imager (MAHLI)**, as well as devices associated with sample acquisition and preparation.

**Six wheels**, each with its own individual motor. The two front and two rear wheels also have individual steering motors, which allow the vehicle to turn in place a full 360 degrees.

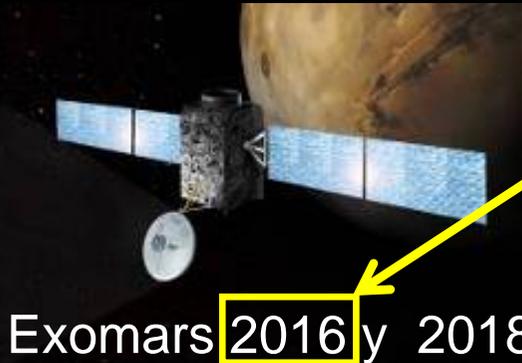
**Antena de alta ganancia (banda X)**

# Los siguientes pasos a Marte

MAVEN 2013



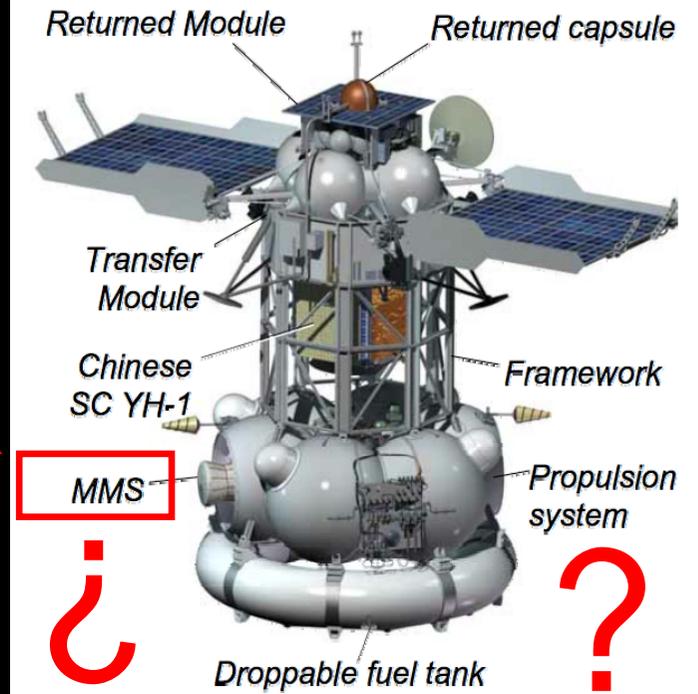
¿China 2016?



Exomars 2016 y 2018

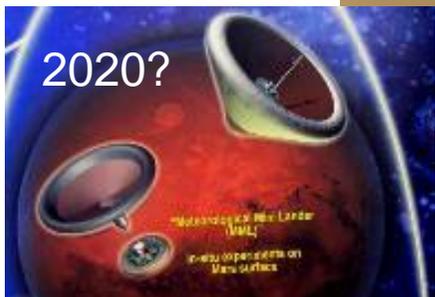


## Phobos Sample Return (2011)



## Aterrizaje distribuido

2020?



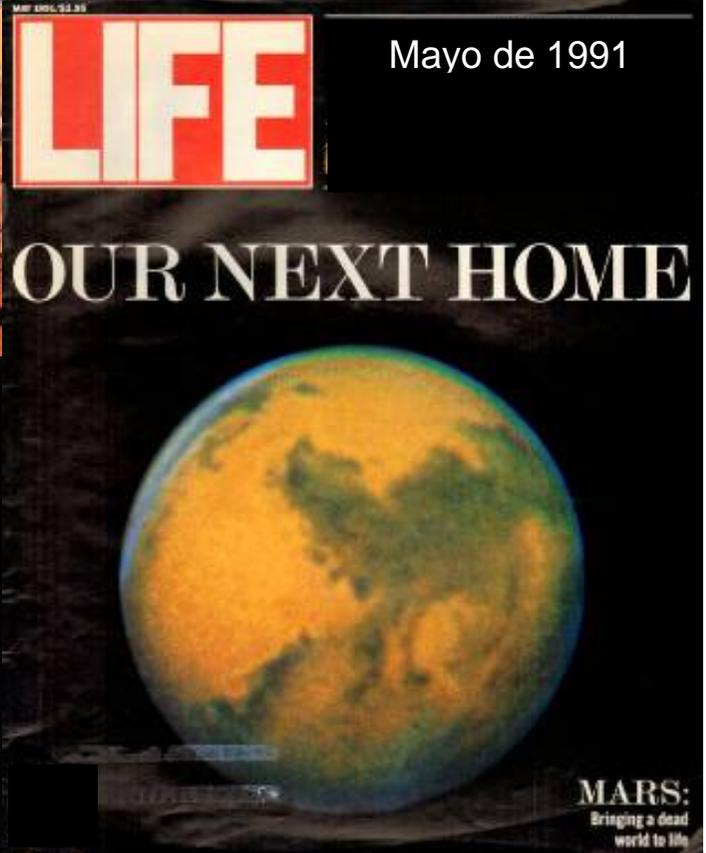
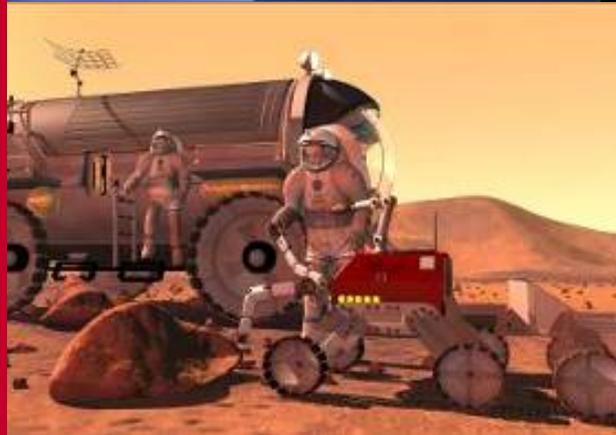
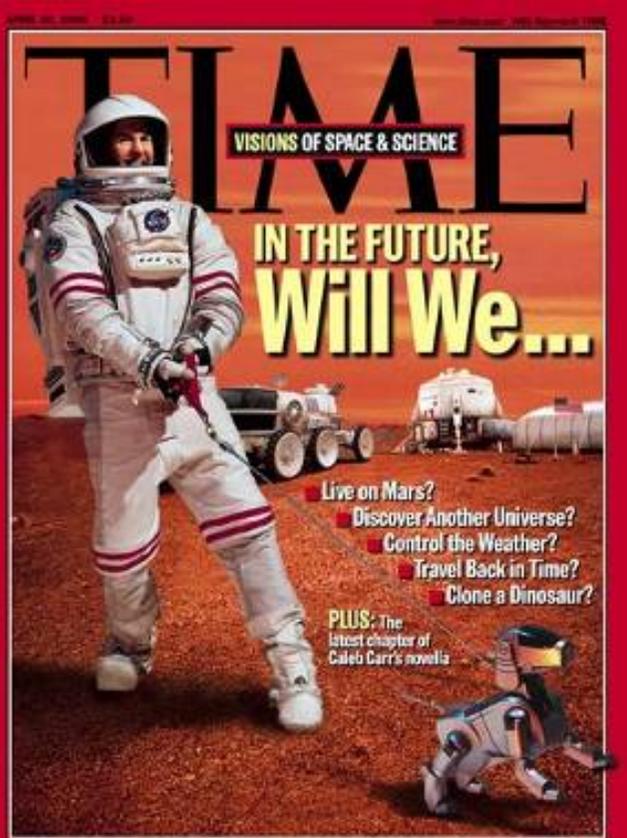
## Sample Return

(2020-25?)



Fly-by tripulado (2030?)

# ¿Cuándo llegaremos a Marte?



# Los viajes tripulados a Marte

Con **propulsión química** → ¡Posible, pero poco práctico!

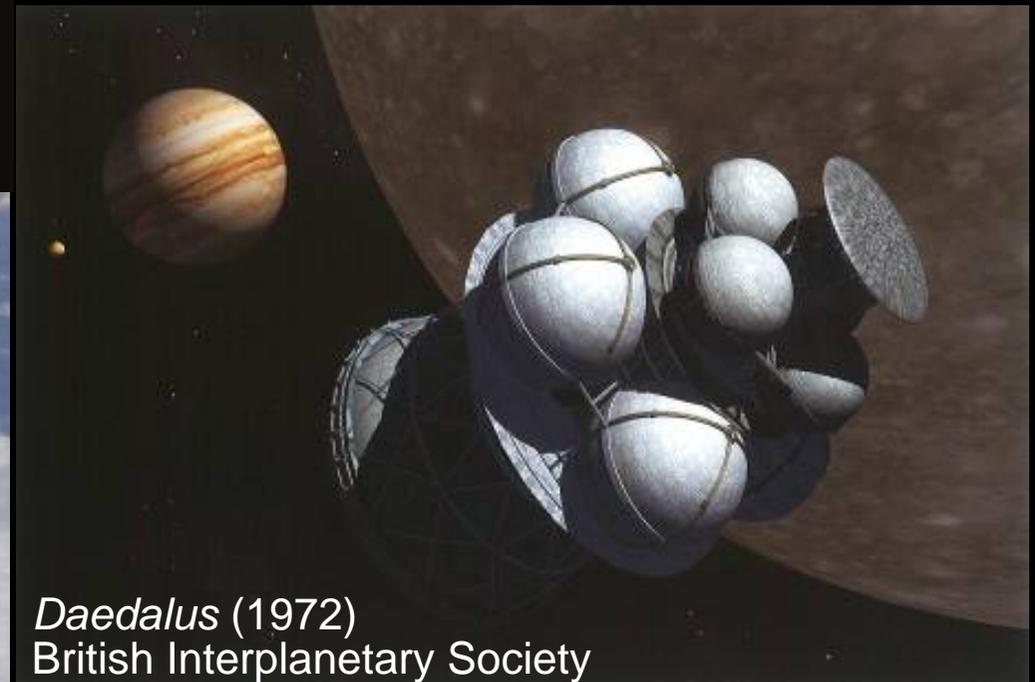
Con **propulsión nuclear** → Sería mucho más factible

NASA (2010) → ~ 2035 primer vuelo experimental con tecnología nuclear

*La reacciones nucleares de baja energía (LENR) una posible solución*



Nº octubre de 2011



*Daedalus* (1972)  
British Interplanetary Society

# La exploración de Marte a largo plazo

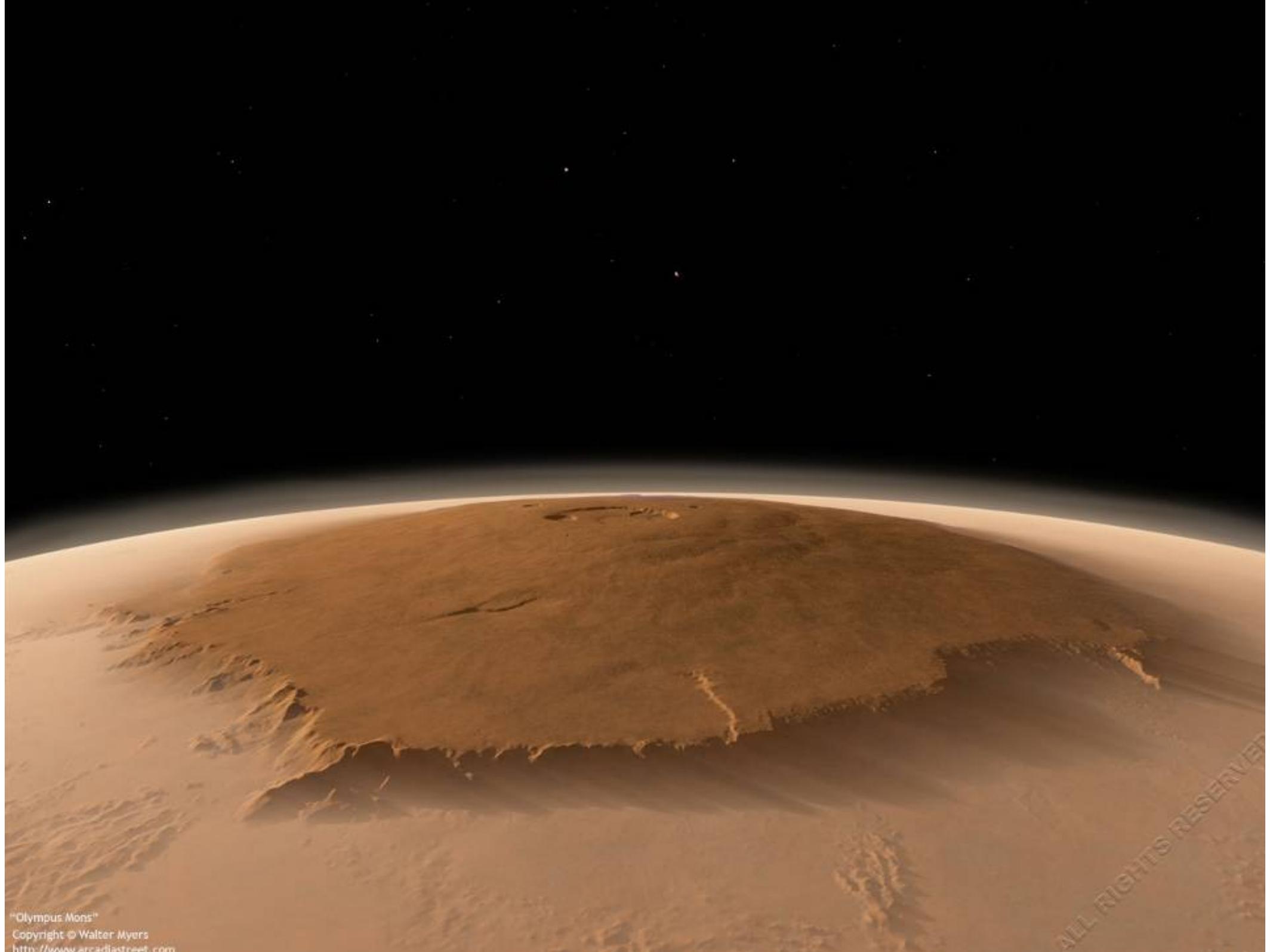
# ¿Cuándo veremos los *atardeceres azules* de Marte?





"Valles Marineris looking east"  
Copyright © Walter Myers  
<http://www.arcadiastreet.com>

ALL RIGHTS RESERVED



"Olympus Mons"  
Copyright © Walter Myers  
<http://www.arcadiastreet.com>

ALL RIGHTS RESERVED



"View from the flank of Olympus Mons"

Copyright © Walter Myers

<http://www.arcadiastreet.com>

ALL RIGHTS RESERVED

A día de hoy Marte, como cualquier otro destino del Sistema Solar, es inhabitable para los seres humanos

¿Podremos terra-transformar Marte algún día?

# Cuatro pilares para transformar Marte



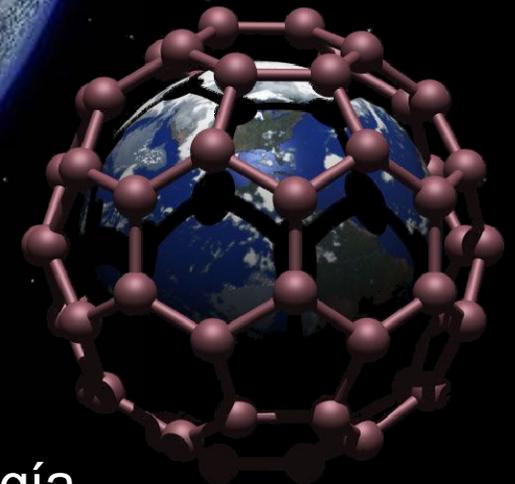
La revolución cognitiva



Humanidad digital

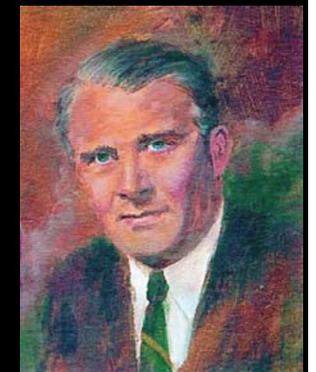
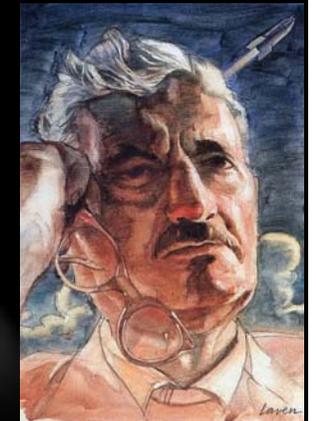
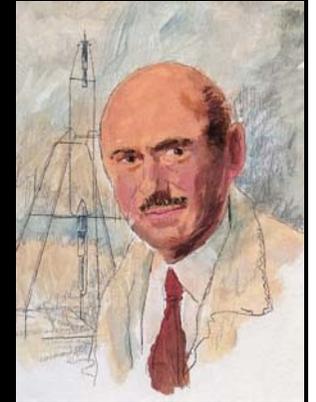
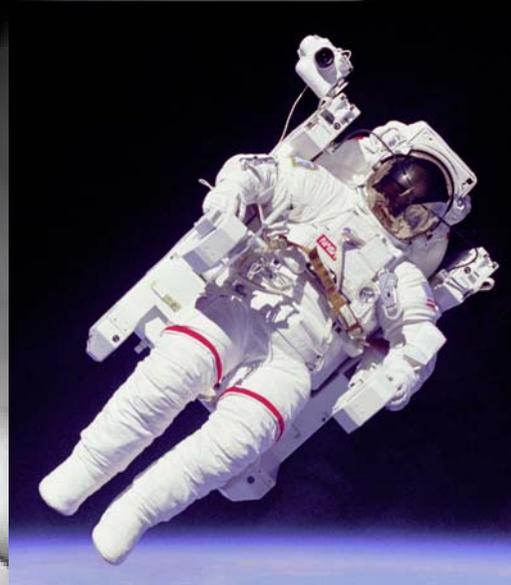


Biotecnología



Nanotecnología

# Mientras tanto seguiremos explorando mundos desde la mejor de nuestras naves



## La Tierra *la cuna* de los exploradores