

EXPLORACIÓN ESPACIAL EN EL S. XXI

Universidad Complutense de Madrid - UCM

Aula Miguel de Guzmán

Facultad de Ciencias Matemáticas - UCM

Lunes 17 de noviembre de 2025

*EXPLORACIÓN ESPACIAL
DESDE LA CARRERA
ESPACIAL AL 'NEW SPACE'*

Héctor Guerrero

Subdirector General de Política y Estrategia Aeroespacial
Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades

hector.guerrero@ciencia.gob.es

1

*EXPLORACIÓN ESPACIAL
DESDE LA CARRERA ESPACIAL AL 'NEW SPACE'***1 – La exploración espacial***LANZADORES*: el acceso al espacio*PLATAFORMAS*: tecnología para explorar el espacio*EXPLORACIÓN* del sistema solar**2 – El espacio en el día a día****3 – El 'New Space' o la comercialización del espacio**

hector.guerrero@ciencia.gob.es

2



3



4

EXPLORAR el ESPACIO

QUÉ
POR QUÉ
CÓMO

hector.guerrero@ciencia.gob.es

5

¿QUÉ explorar en el espacio?

hector.guerrero@ciencia.gob.es

6

Un SISTEMA SOLAR por explorar

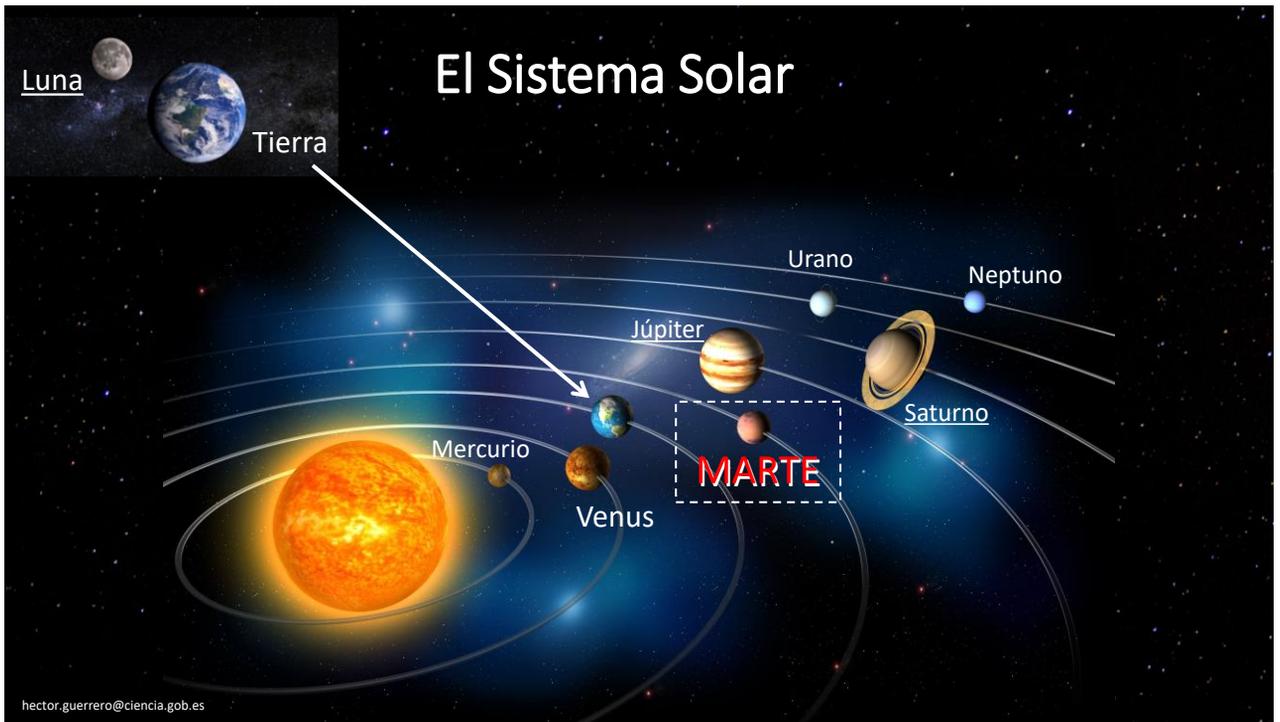


UNA estrella
OCHO planetas
algunos planetas enanos
> 170 lunas
millones de asteroides
billones de cometas

*Multitud de destinos
para explorar*

hector.guerrero@ciencia.gob.es

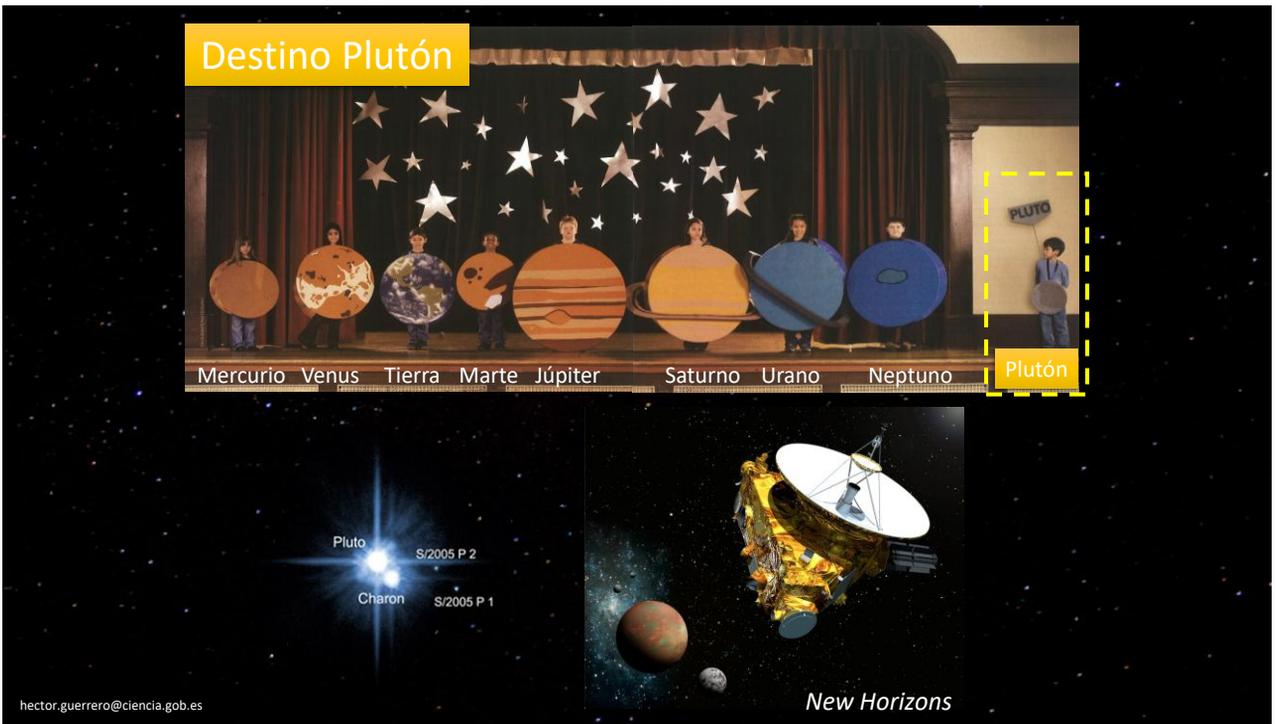
7



8



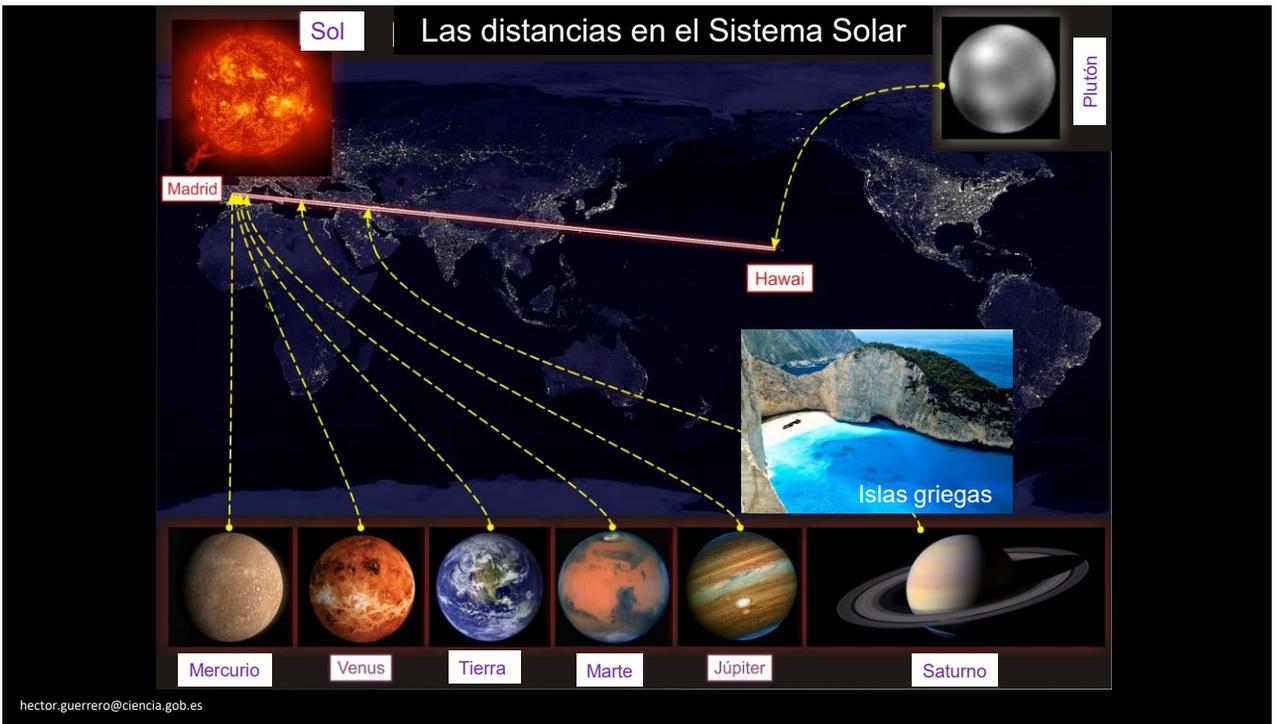
9



10



11



12



13

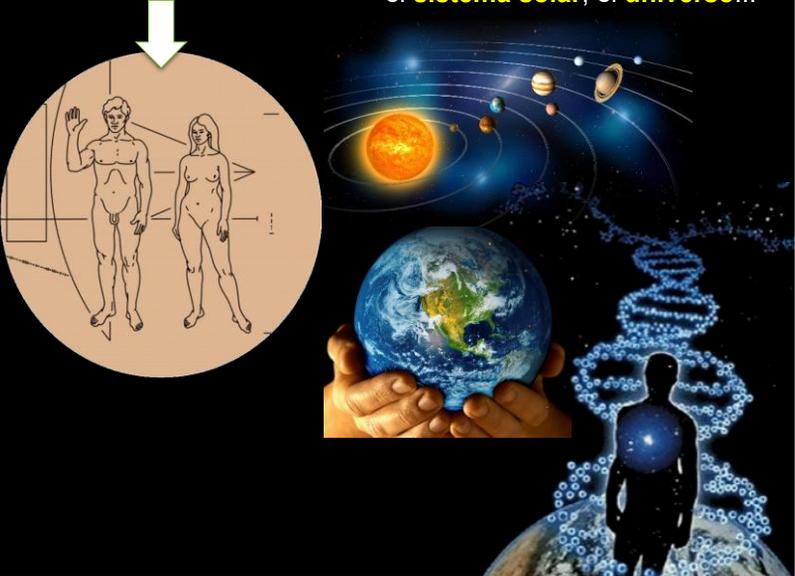


14

¿Por qué exploramos?

Satisfacer la **CURIOSIDAD** humana

Necesitamos dar respuesta a **cuestiones fundamentales** sobre la **vida**, el **sistema solar**, el **universo**...



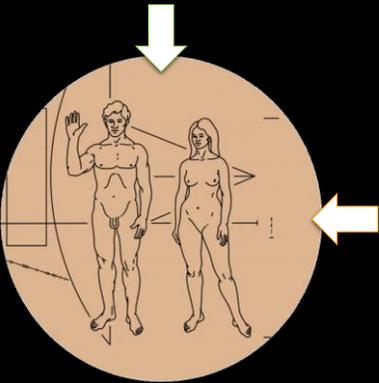
hector.guerrero@ciencia.gob.es

15

¿Por qué exploramos?

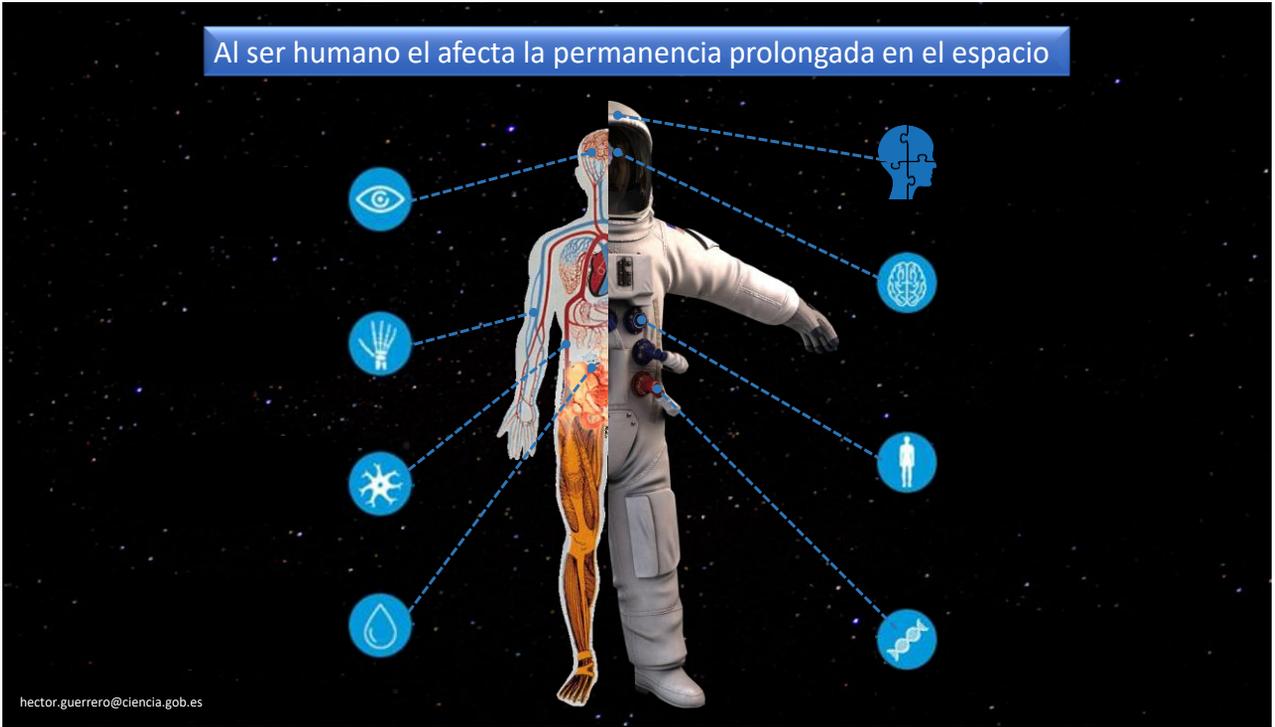
Satisfacer la **CURIOSIDAD** humana

Prepararnos para **HABITAR** otros mundos



hector.guerrero@ciencia.gob.es

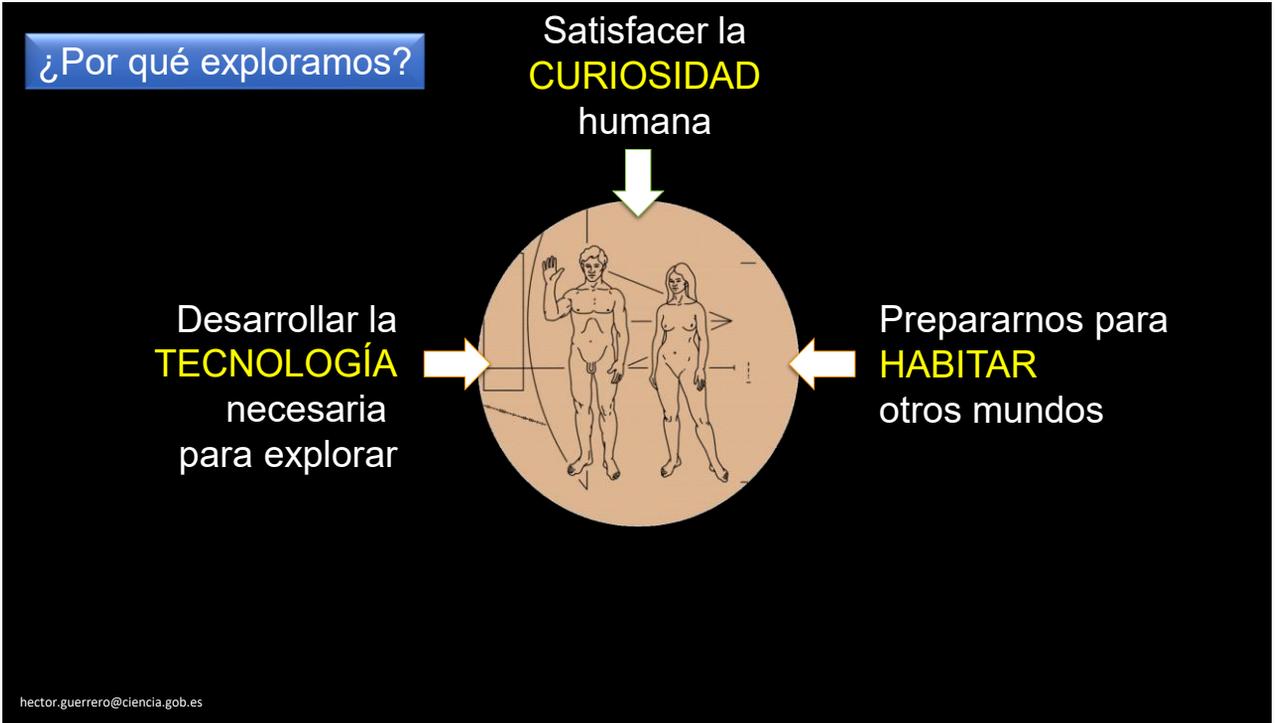
16



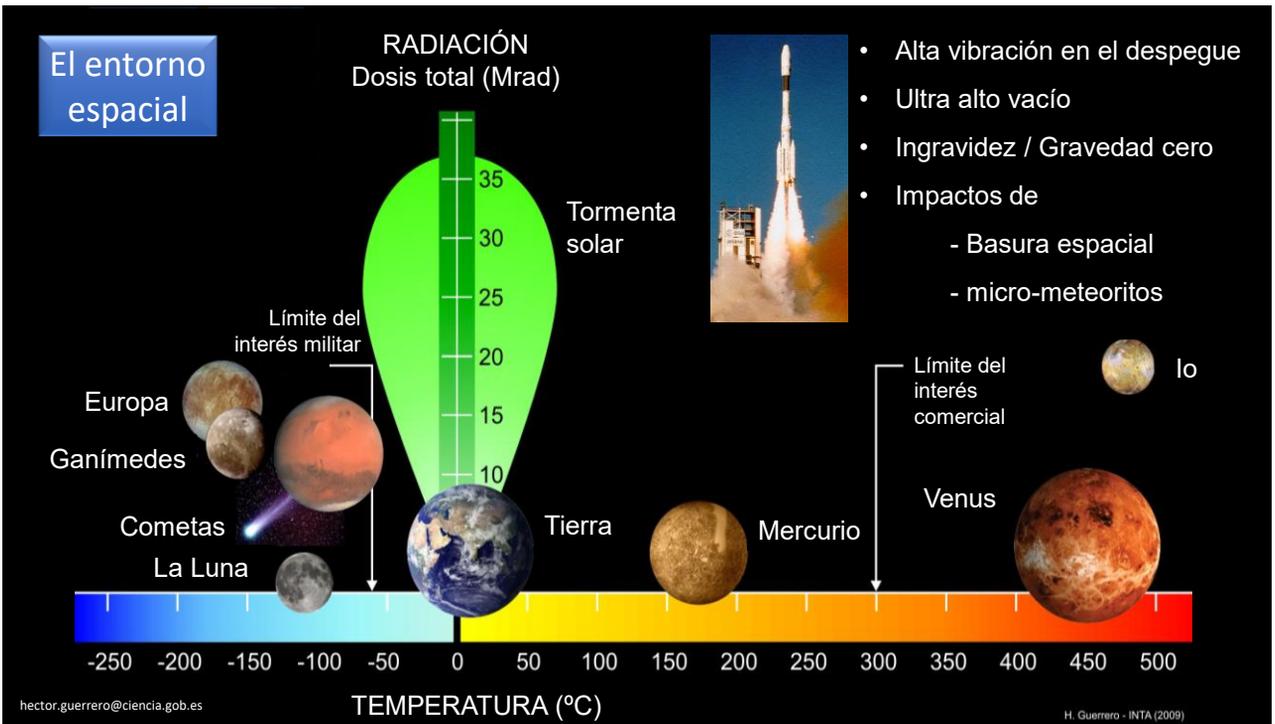
17



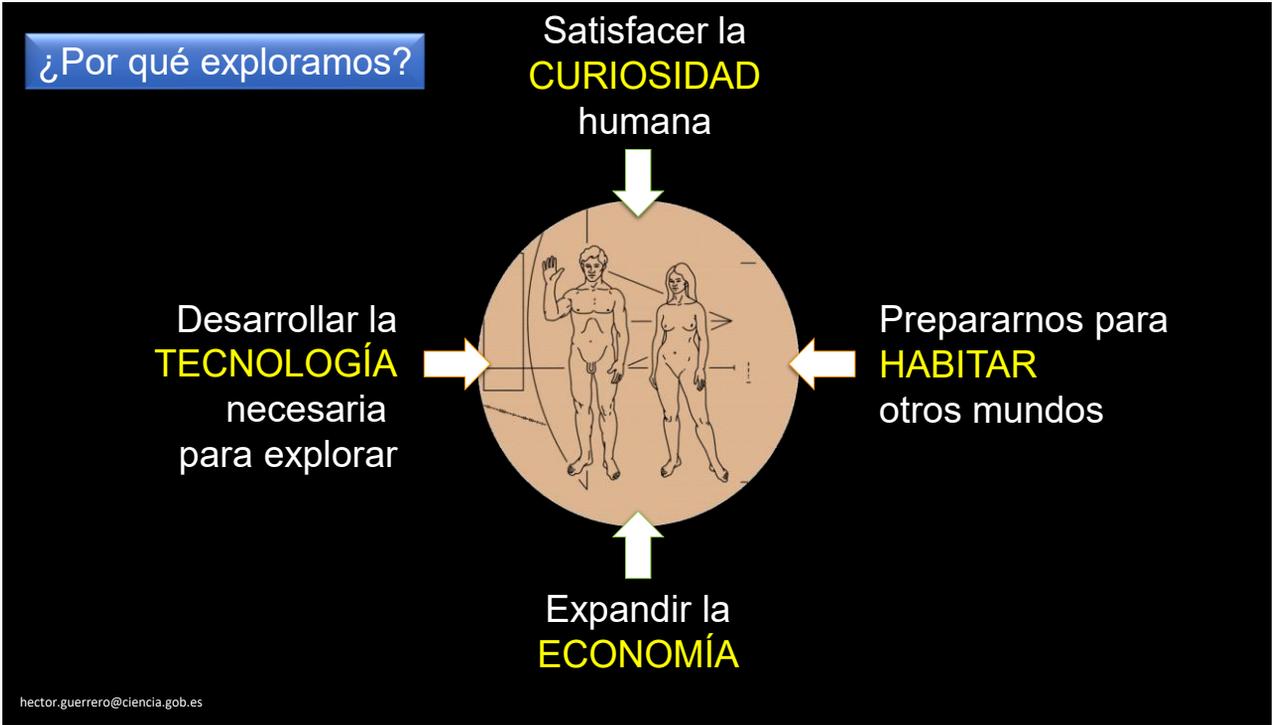
18



19



20



21

La minería de asteroides

¿La futura fiebre del oro?

MINING THE SKY

22

¿CÓMO explorar el espacio?

hector.guerrero@ciencia.gob.es

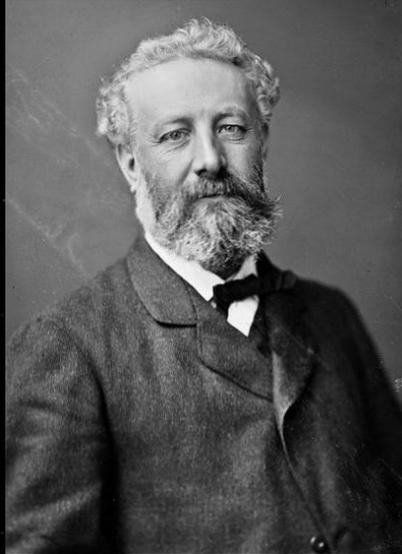
23



hector.guerrero@ciencia.gob.es

24

Julio Verne (1828-1905) nos hizo viajar
por tierra, mar, aire y... ¡hasta la luna!



hector.guerrero@ciencia.gob.es

25



hector.guerrero@ciencia.gob.es

26



27



28

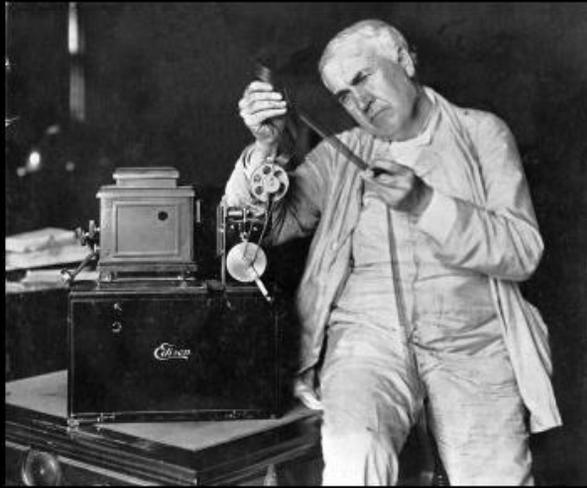
Los soñadores y la ciencia ficción

Julio Verne
(1828-1905)



hector.guerrero@ciencia.gob.es

Thomas A. Edison
(1847-1931)



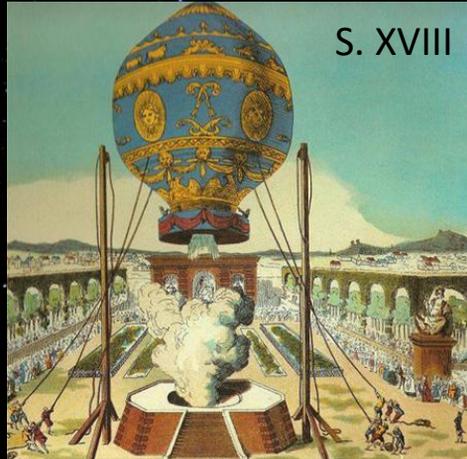
29



hector.guerrero@ciencia.gob.es

30

Ascendiendo por la atmósfera terrestre



hector.guerrero@ciencia.gob.es

31

El salto de Félix Baumgartner (14 de octubre de 2012)



Caída desde 39,1 km

Velocidad máxima: 1.343 km/h

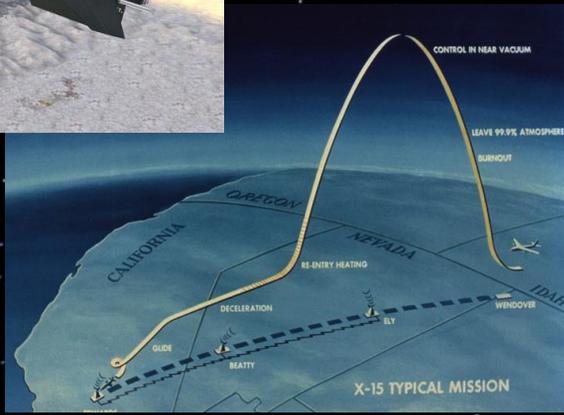
hector.guerrero@ciencia.gob.es

32

El avión cohete X-15



Altura 107 km (1963)
Velocidad máxima 2 km/s



X-15 TYPICAL MISSION

hector.guerrero@ciencia.gob.es

33

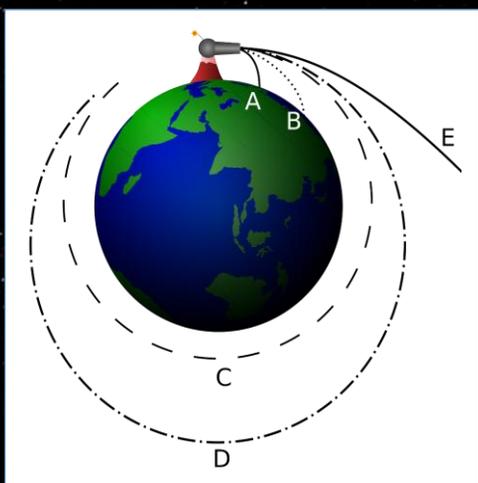
¿Cómo entrar en órbita?



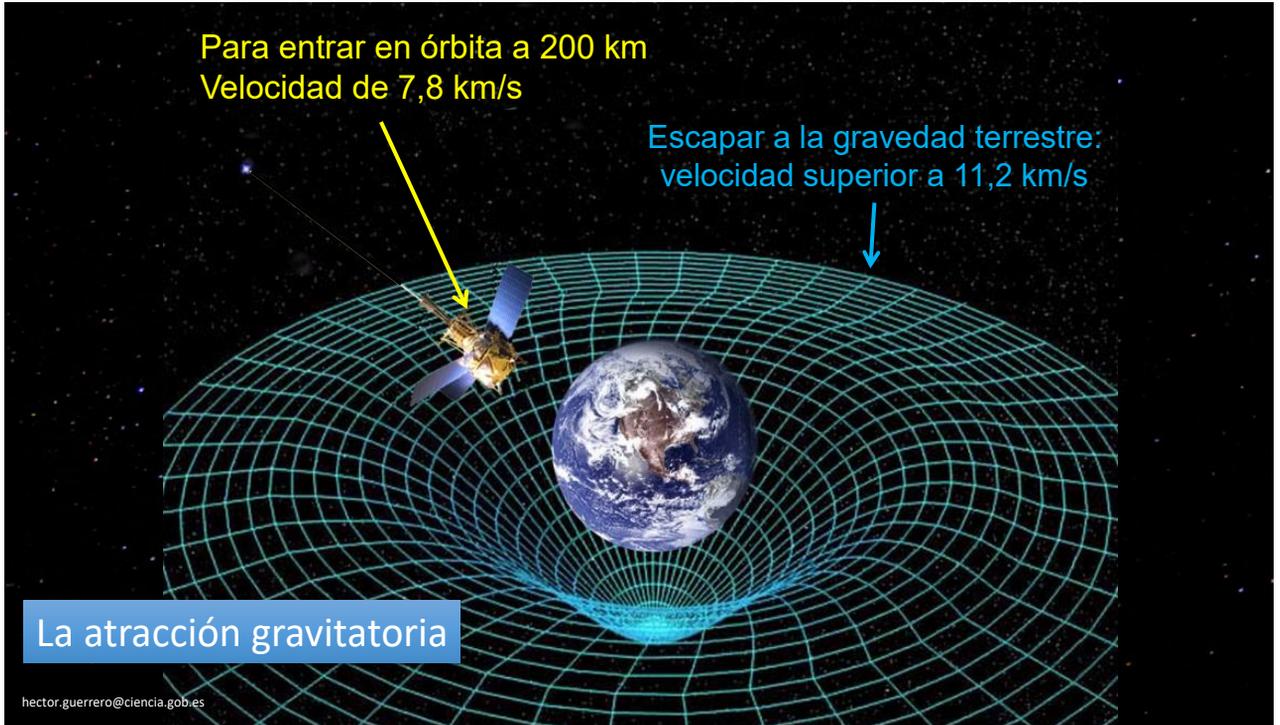
Sir Isaac Newton (1643-1727)

hector.guerrero@ciencia.gob.es

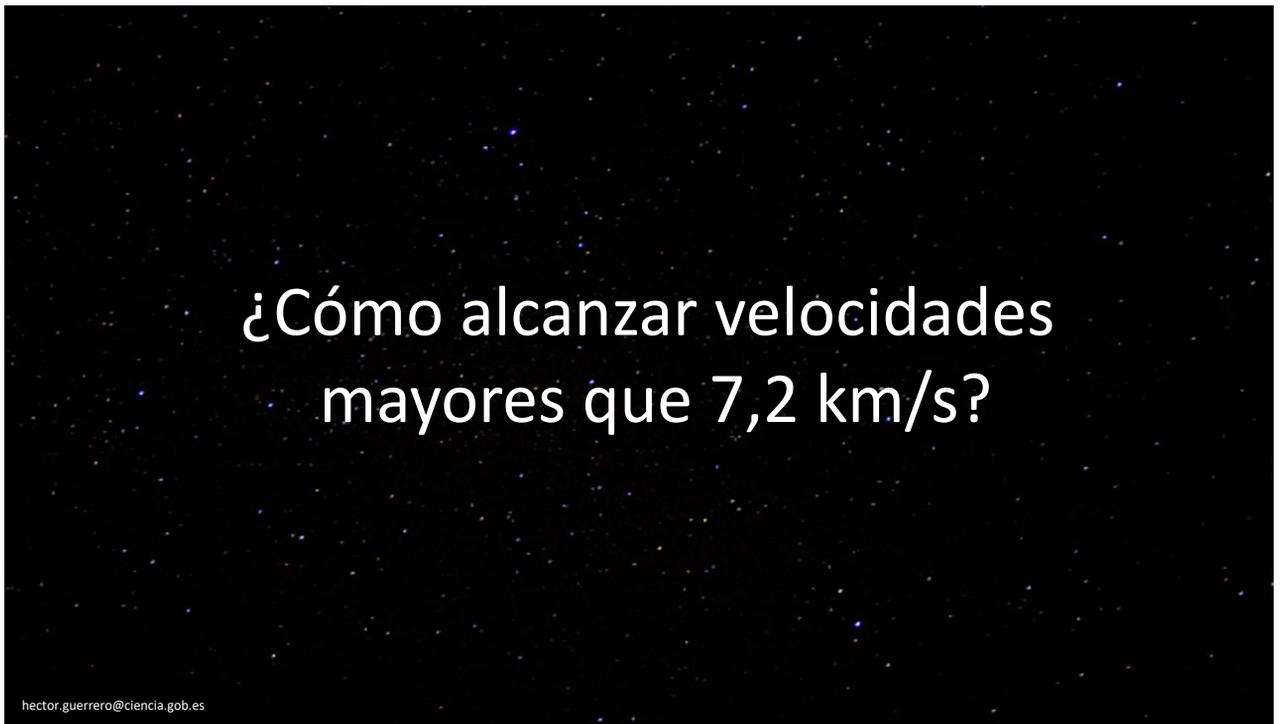
El cañón de Newton



34



35



36

EXPLORACIÓN ESPACIAL DESDE LA CARRERA ESPACIAL AL 'NEW SPACE'

1 – La exploración espacial

LANZADORES: el acceso al espacio

PLATAFORMAS: tecnología para explorar el espacio

EXPLORACIÓN del sistema solar

2 – El espacio en el día a día

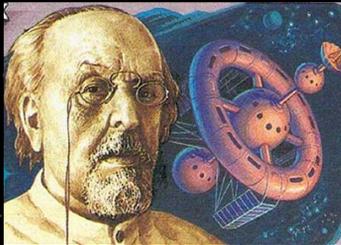
3 – El 'New Space' o la comercialización del espacio

hector.guerrero@ciencia.gob.es

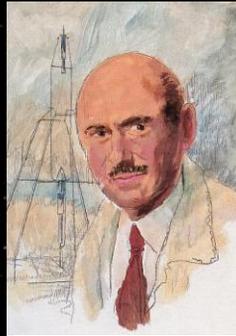
37

Los PIONEROS ESPACIALES

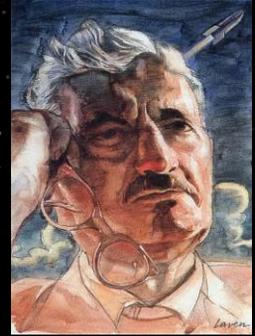
Konstantin
TSIOLKOVSKY
1857 – 1935



Robert
GODDARD
1882 – 1945



Hermann
OBERTH
1894 – 1989



Serguéi
Koroliov
1907 – 1966



Wernher
von BRAUN
1912 – 1977



hector.guerrero@ciencia.gob.es

38



hector.guerrero@ciencia.gob.es

39

Los inicios del acceso al espacio

hector.guerrero@ciencia.gob.es

40

Los inicios no fueron fáciles...



hector.guerrero@ciencia.gob.es

41

Estados Unidos en el comienzo de la Guerra Fría (50's)



hector.guerrero@ciencia.gob.es

42



Sputnik
1957



Laika
1957



Yuri Gagarin
1961



hector.guerrero@ciencia.gob.es

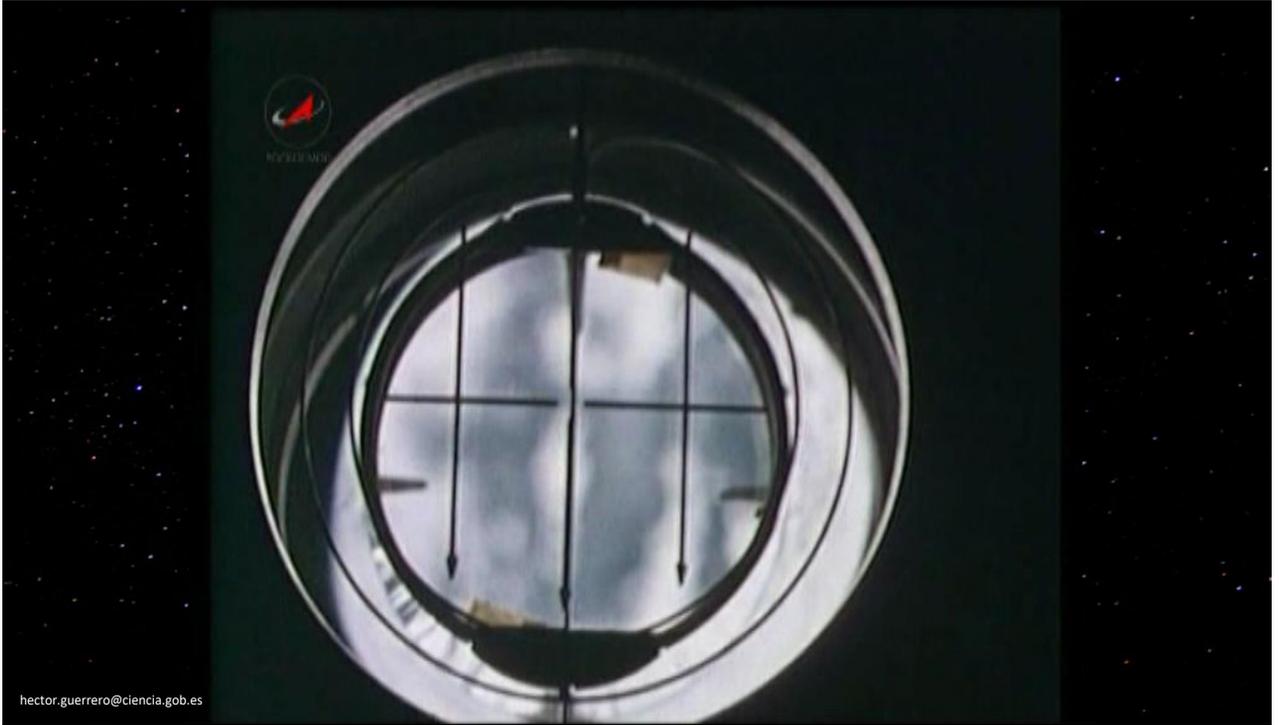
43

12 de abril de 1961 - Yuri Gagarin fue lanzado desde el cosmódromo de Baikonur



hector.guerrero@ciencia.gob.es

44



45

La Unión Soviética avanzaba imparable...



46

La carrera hacia la LUNA

hector.guerrero@ciencia.gob.es

47

La reacción de los Estados Unidos



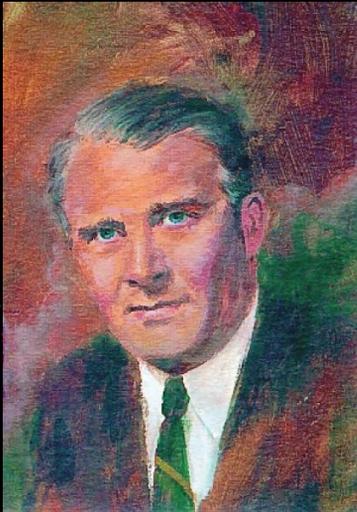
John F. Kennedy
12 de septiembre de 1962

"...iremos a la Luna antes de que termine esta década"

hector.guerrero@ciencia.gob.es

48

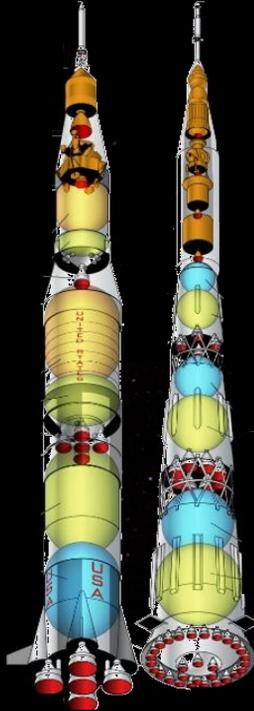
The LEADERS



Werner von Braun
(1912 – 1977)



SATURNO V



Serguéi Koroliov
(1907 – 1966)



N1

hector.guerrero@ciencia.gob.es

49



Y se llegó a la Luna (1969)

hector.guerrero@ciencia.gob.es

50



hector.guerrero@ciencia.gob.es

51

Las misiones Apolo 11, 12, 14, 15, 16 y 17

6 alunizajes entre 1969 y 1972

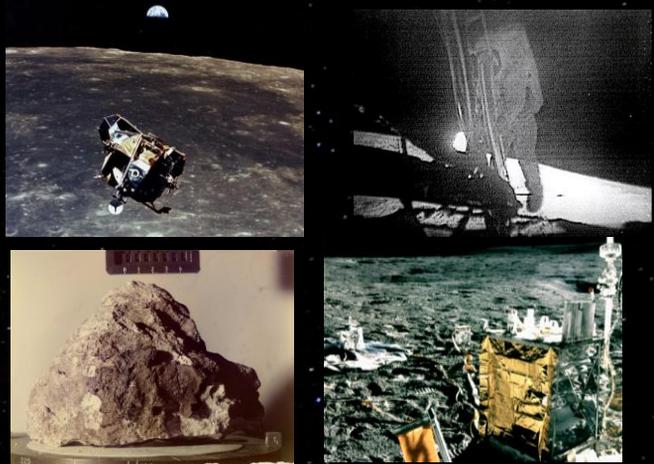
12 astronautas pisaron la Luna

Trajeron 380 kg de material lunar

Llevaron instrumentos científicos

Recorrieron 90,6 km (tres rover)

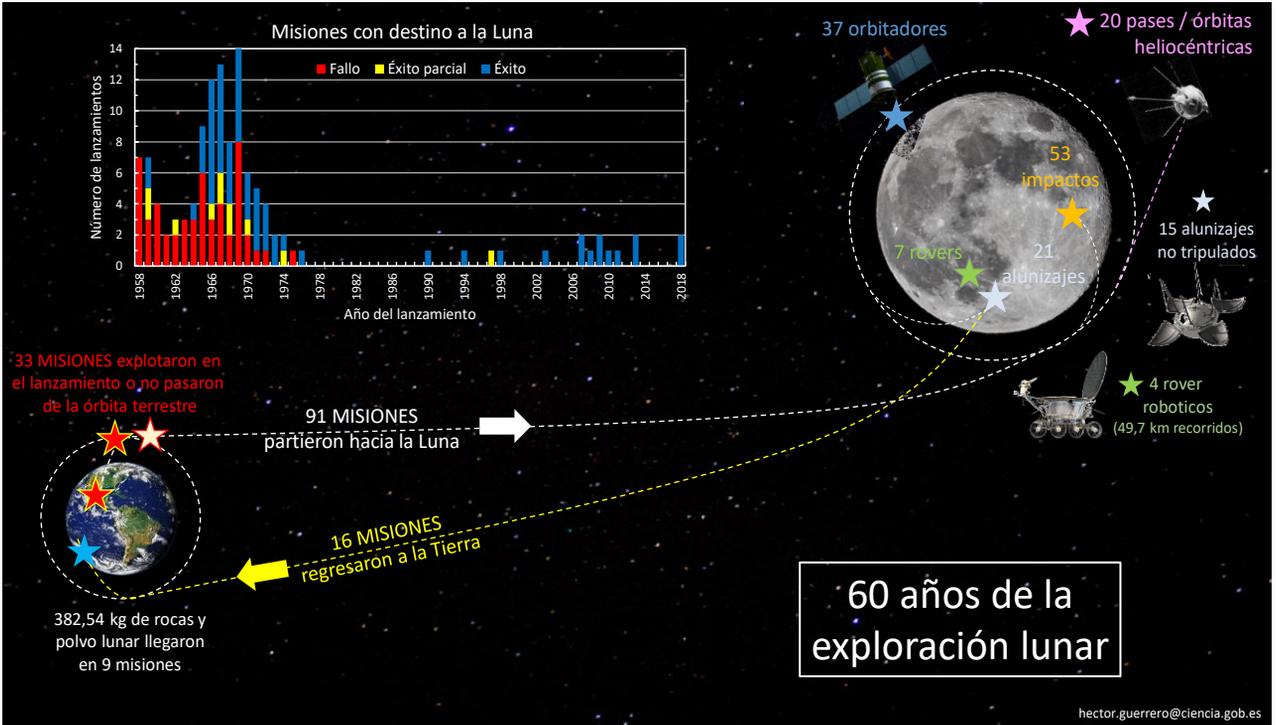
En total estuvieron 12,5 días en la Luna



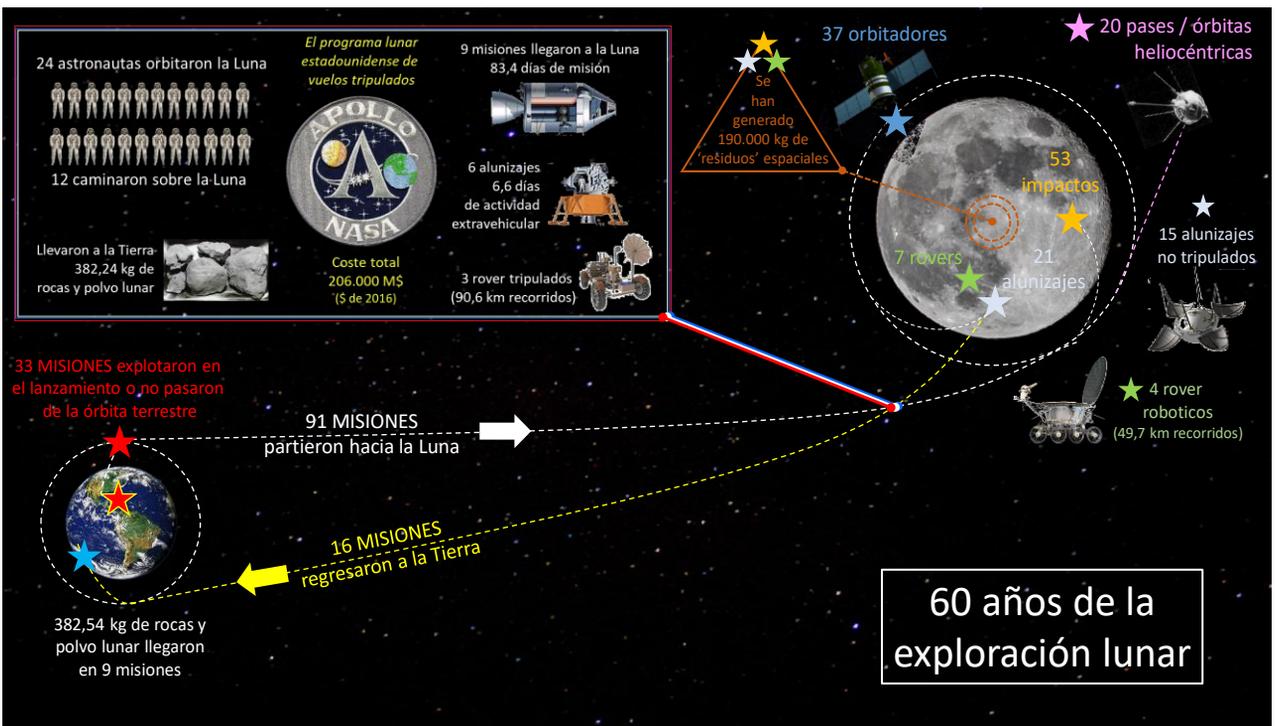
hector.guerrero@ciencia.gob.es



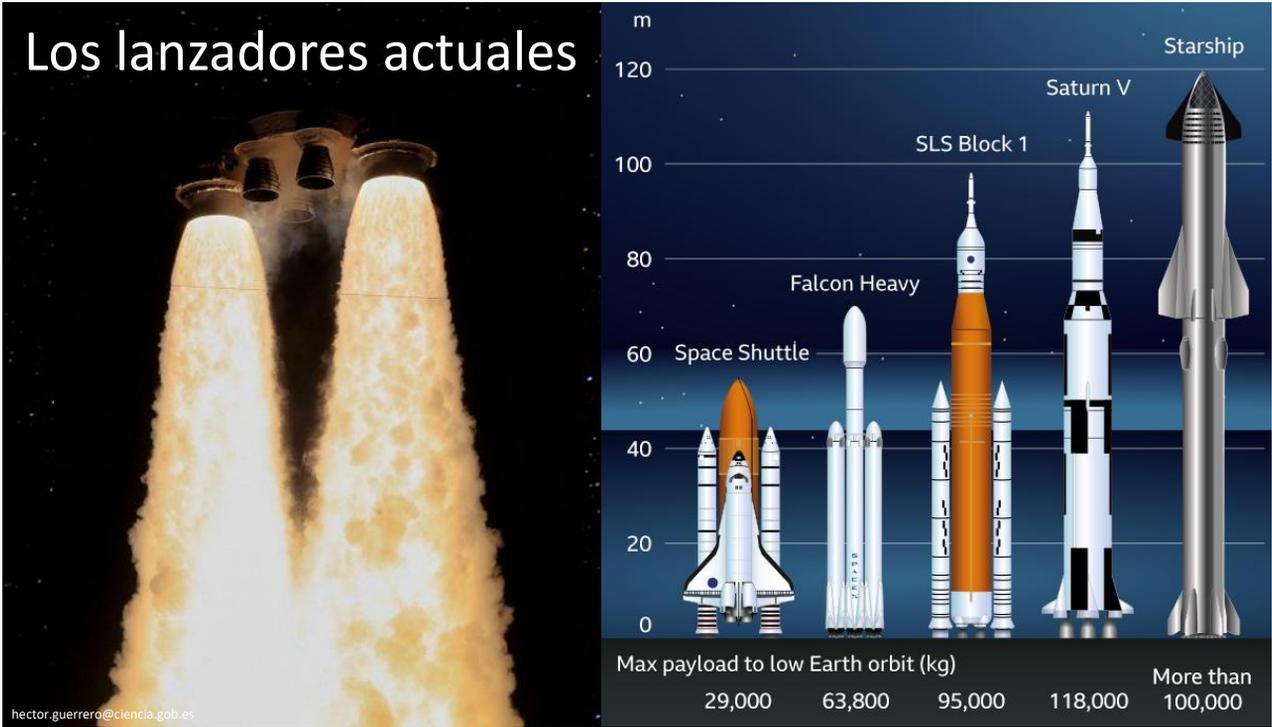
52



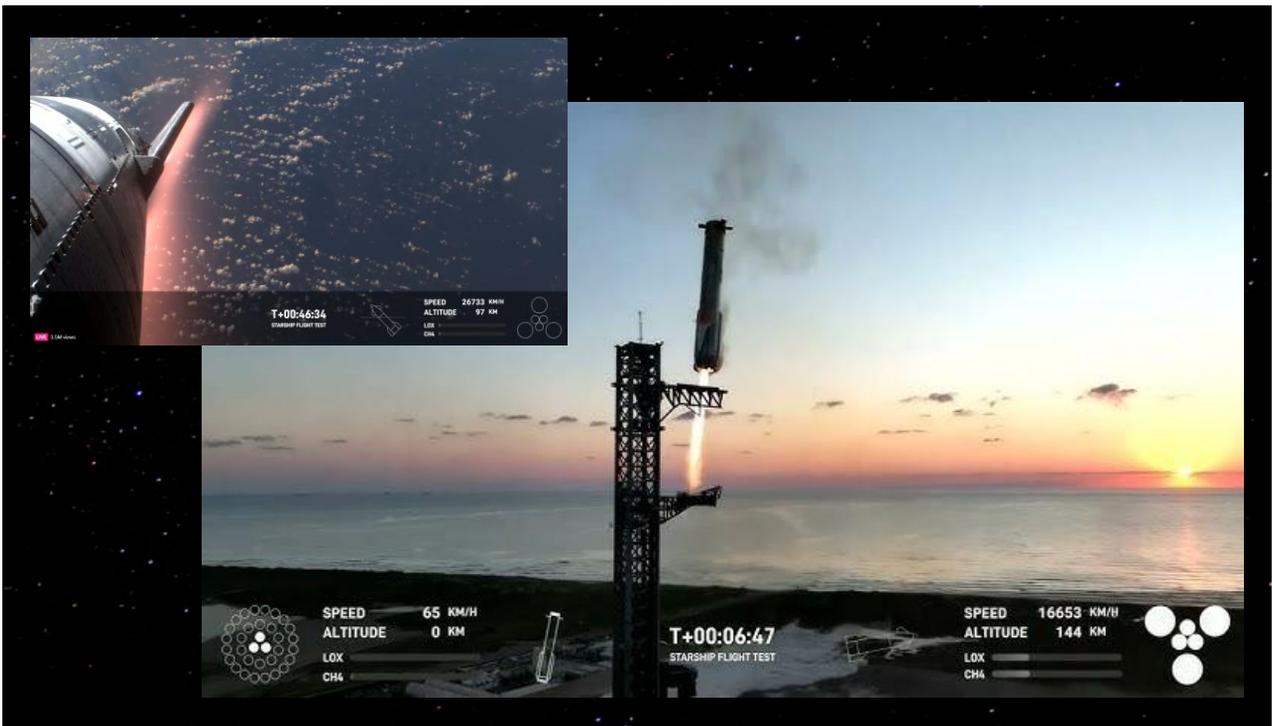
53



54

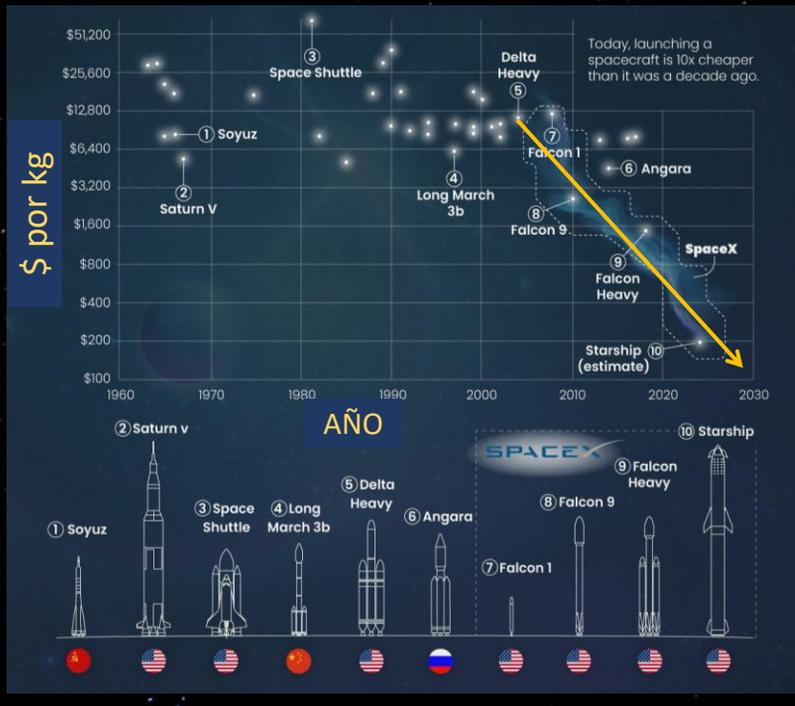


55



56

El coste de los vuelos espaciales



hector.guerrero@ciencia.gob.es

57



ARIANE 5

THE HEAVY LAUNCHER

Último vuelo julio de 2024

780 t

TYPICAL LIFTOFF MASS

ARIANE 6

THE NEXT GENERATION LAUNCHER

LAUNCHER

862 t

TYPICAL LIFTOFF MASS



Vuelo inaugural Julio de 2024



VEGA

THE LIGHT LAUNCHER

137 t

TYPICAL LIFTOFF MASS



VEGA C

THE NEW LIGHTWEIGHT LAUNCHER

210 t

TYPICAL LIFTOFF MASS



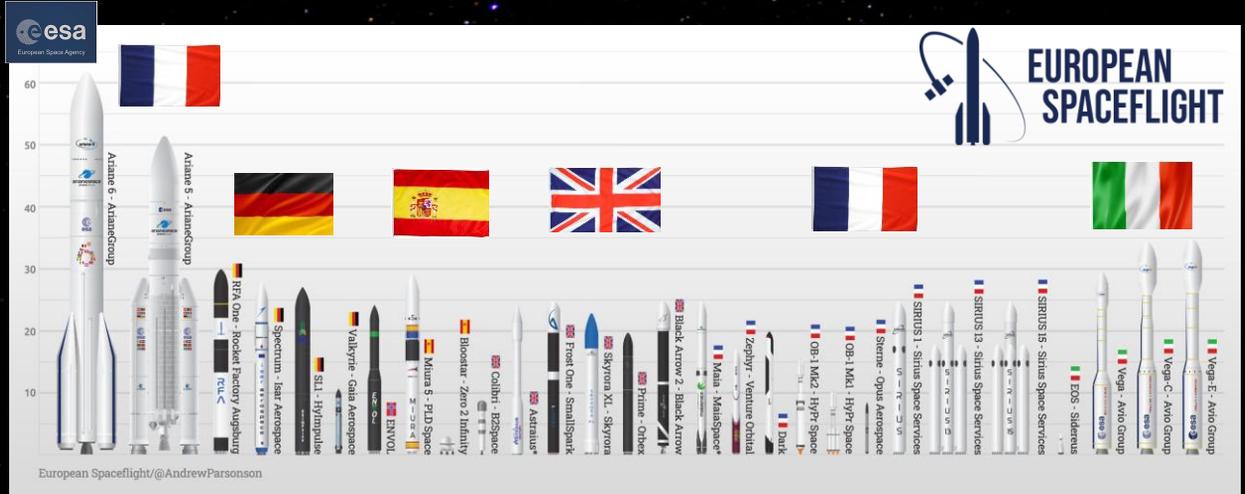
Vuelo inaugural Julio de 2022



Evolución de los lanzadores europeos

58

Principales lanzadores europeos (recientes/actuales/en desarrollo)



<https://europeanspaceflight.com/european-rocket-index/>

hector.guerrero@ciencia.gob.es

59

MIURA 1
Lanzamiento suborbital
31 de mayo de 2023

MIURA 1 vs MIURA 5
Lanzamiento orbital
2026

FLDSPACE



hector.guerrero@ciencia.gob.es

60

EXPLORACIÓN ESPACIAL DESDE LA CARRERA ESPACIAL AL 'NEW SPACE'

1 – La exploración espacial

LANZADORES: el acceso al espacio

PLATAFORMAS: tecnología para explorar el espacio

EXPLORACIÓN del sistema solar

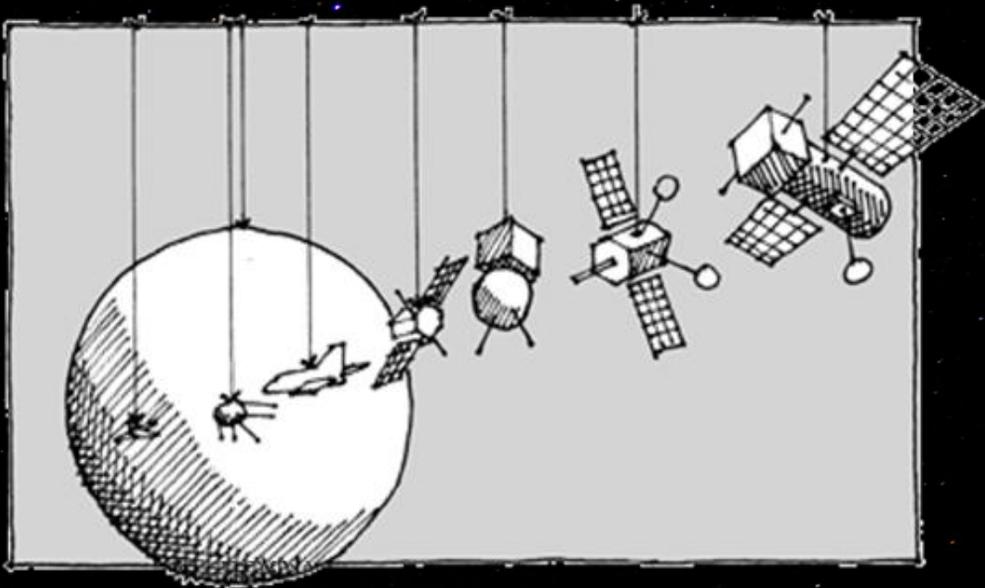
2 – El espacio en el día a día

3 – El 'New Space' o la comercialización del espacio

hector.guerrero@ciencia.gob.es

61

Las plataformas espaciales

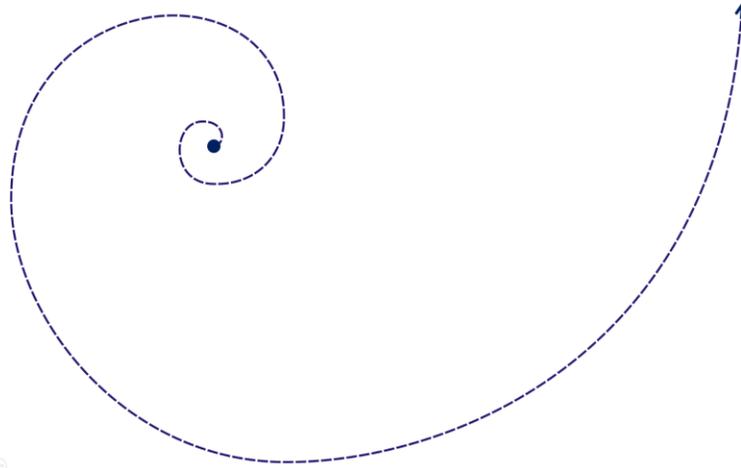


hector.guerrero@ciencia.gob.es

62

TECNOLOGÍA e INVESTIGACIÓN ESPACIAL

Tecnología está implicada en las plataformas espaciales y su utilización



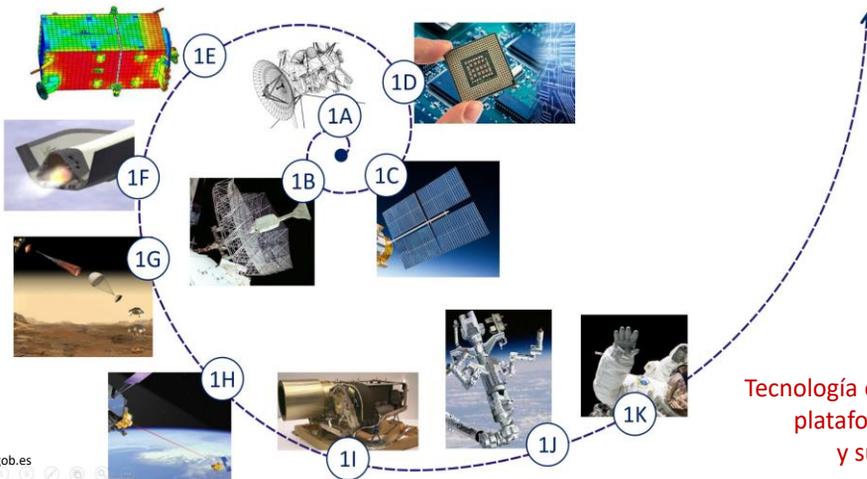
hector.guerrero@ciencia.gob.es



TECNOLOGÍA e INVESTIGACIÓN ESPACIAL

- 1-A System Design & Verification
- 1-B Structures, Materials & Mechanisms
- 1-C Power
- 1-D Avionics (OBDH, S/W, components)
- 1-E Thermal
- 1-F Propulsion
- 1-G Guidance, Navigation & Control and Entry, Descent & Landing

- 1-H Communications (RF & Optical)
- 1-I Science Instruments, Observatories & Sensors
- 1-J Automation, Telepresence & Robotics
- 1-K Manned Spaceflight Technologies



Tecnología está implicada en las plataformas espaciales y su utilización

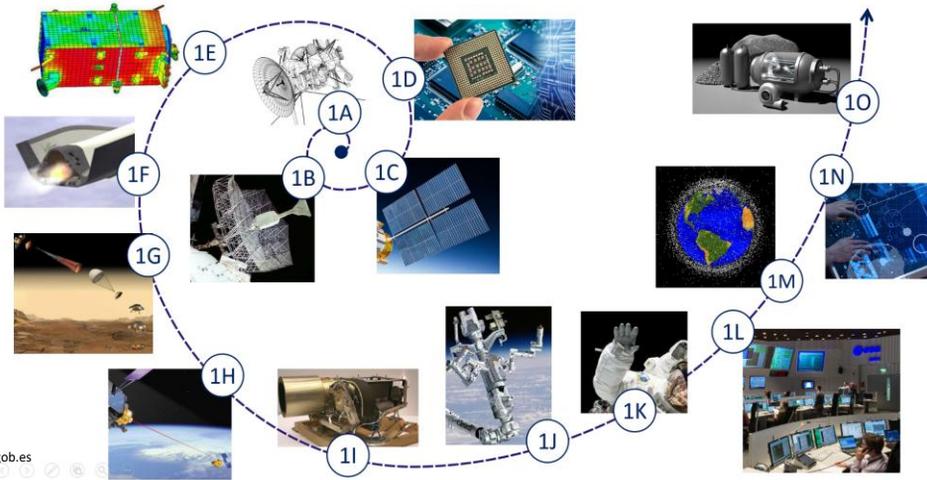
hector.guerrero@ciencia.gob.es



TECNOLOGÍA e INVESTIGACIÓN ESPACIAL

- 1-A System Design & Verification
- 1-B Structures, Materials & Mechanisms
- 1-C Power
- 1-D Avionics (OBDH, S/W, components)
- 1-E Thermal
- 1-F Propulsion
- 1-G Guidance, Navigation & Control and Entry, Descent & Landing

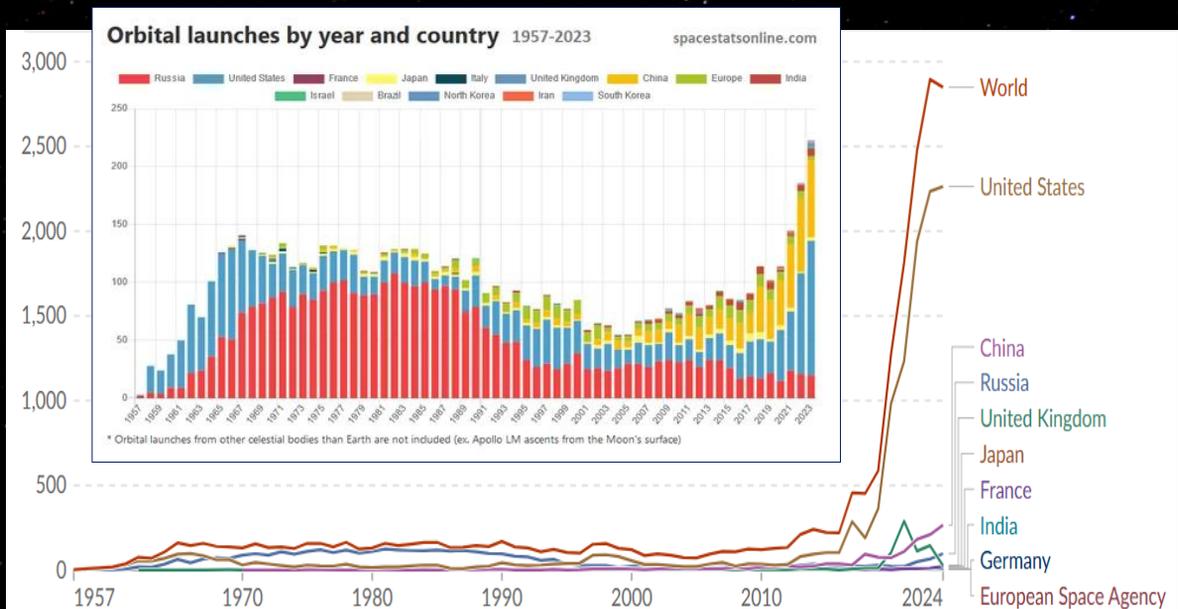
- 1-H Communications (RF & Optical)
- 1-I Science Instruments, Observatories & Sensors
- 1-J Automation, Telepresence & Robotics
- 1-K Manned Spaceflight Technologies
- 1-L Mission Operations & Ground Systems
- 1-M SSA & Clean Space
- 1-N Data Technologies
- 1-O New Space Paradigms



hector.guerrero@ciencia.gob.es

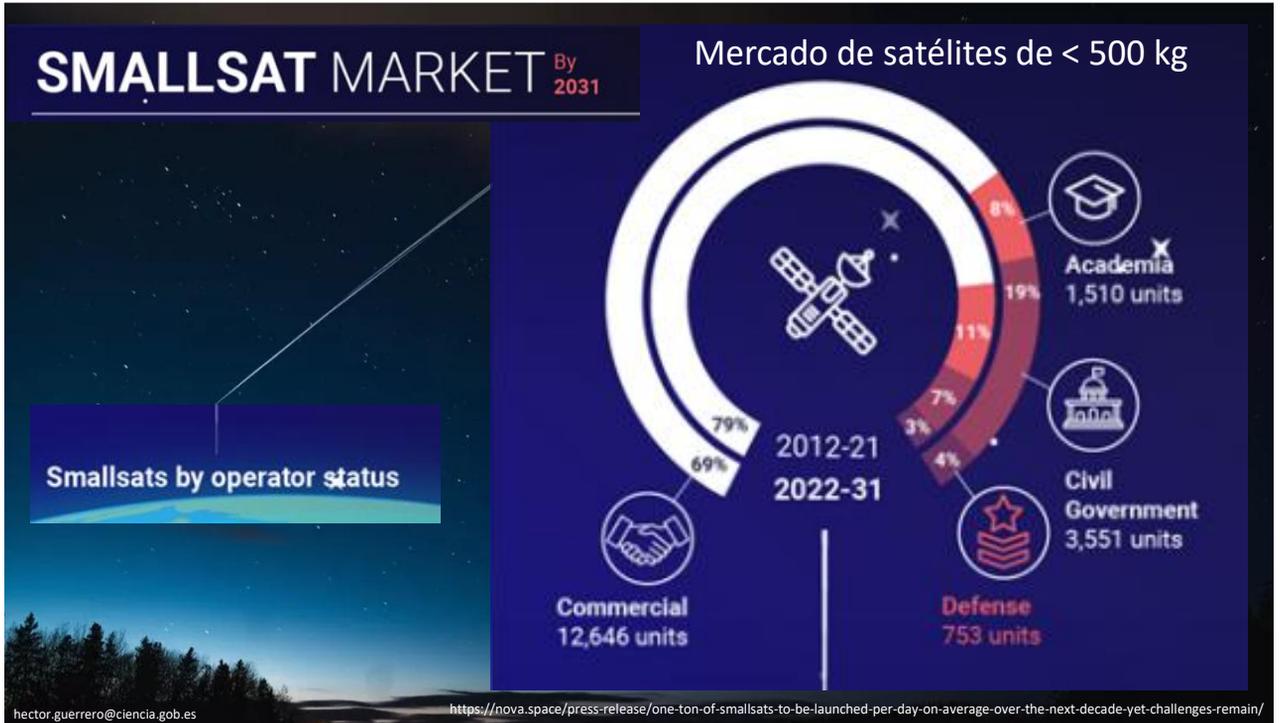
65

Lanzamientos anuales de lanzadores y satélites



https://www.reddit.com/r/space/comments/1cypm26/orbital_launches_each_year_by_countries/
<https://ourworldindata.org/grapher/yearly-number-of-objects-launched-into-outer-space>

66



67

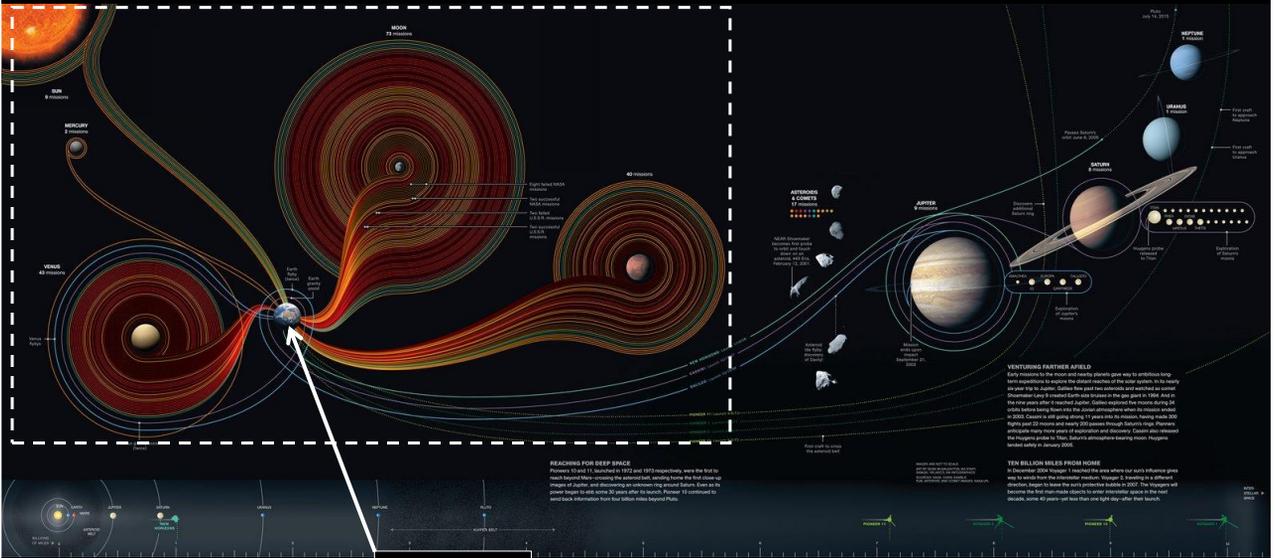
EXPLORACIÓN ESPACIAL DESDE LA CARRERA ESPACIAL AL 'NEW SPACE'

- 1 – La exploración espacial
 - LANZADORES: el acceso al espacio
 - PLATAFORMAS: tecnología para explorar el espacio
 - EXPLORACIÓN del sistema solar
- 2 – El espacio en el día a día
- 3 – El 'New Space' o la comercialización del espacio

hector.guerrero@ciencia.gob.es

68

Misiones de exploración del Sistema Solar interior



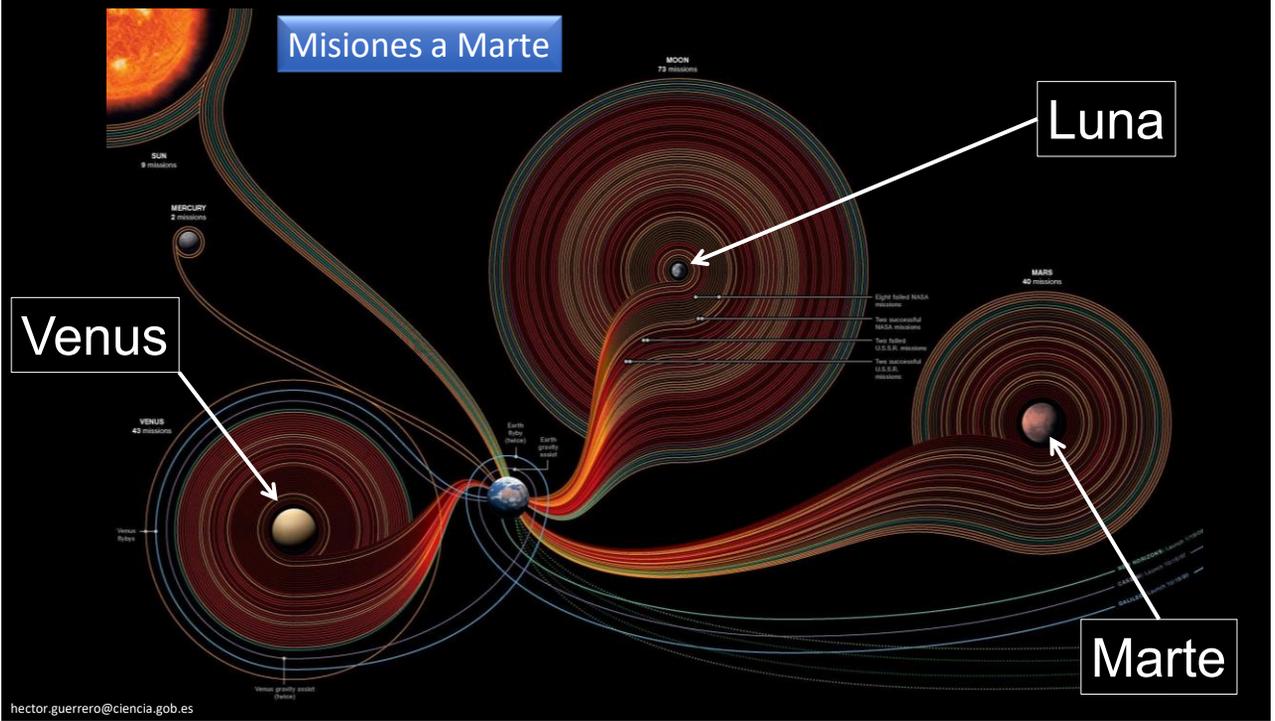
Tierra

hector.guerrero@ciencia.gob.es

Infografía del National Geographic

69

Misiones a Marte



Venus

Luna

Marte

hector.guerrero@ciencia.gob.es

70

España en la exploración espacial

Acuerdo de 1960

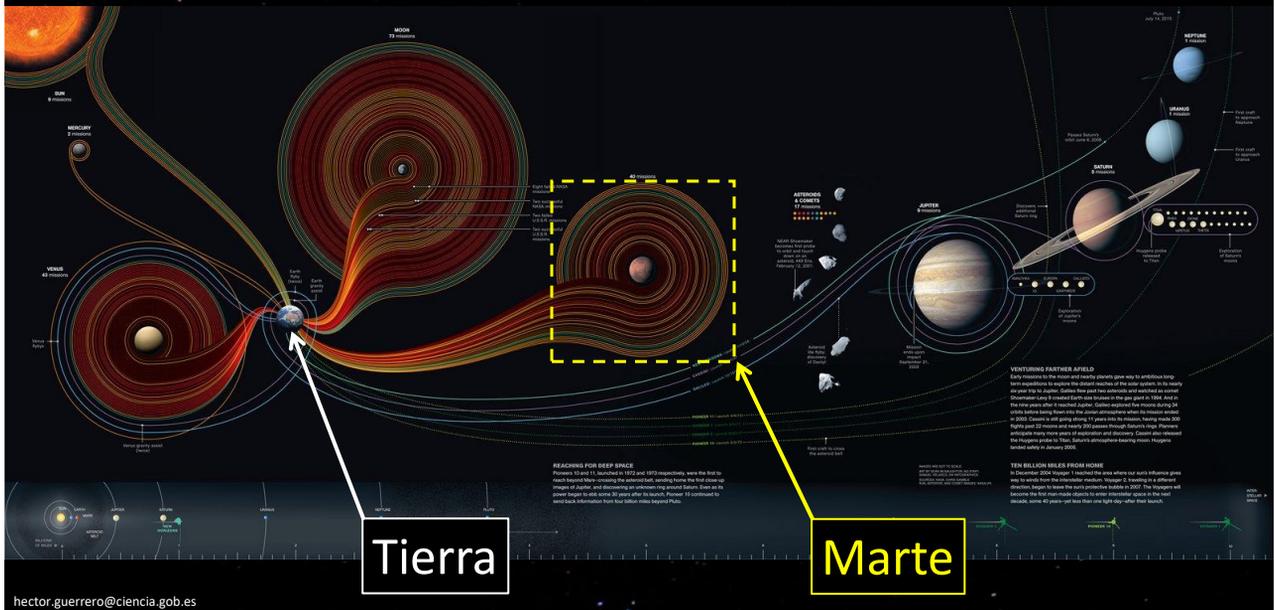


> 1986 esfuerzo conjunto de las Administraciones Públicas, la Industria espacial y la Academia



hector.guerrero@ciencia.gob.es

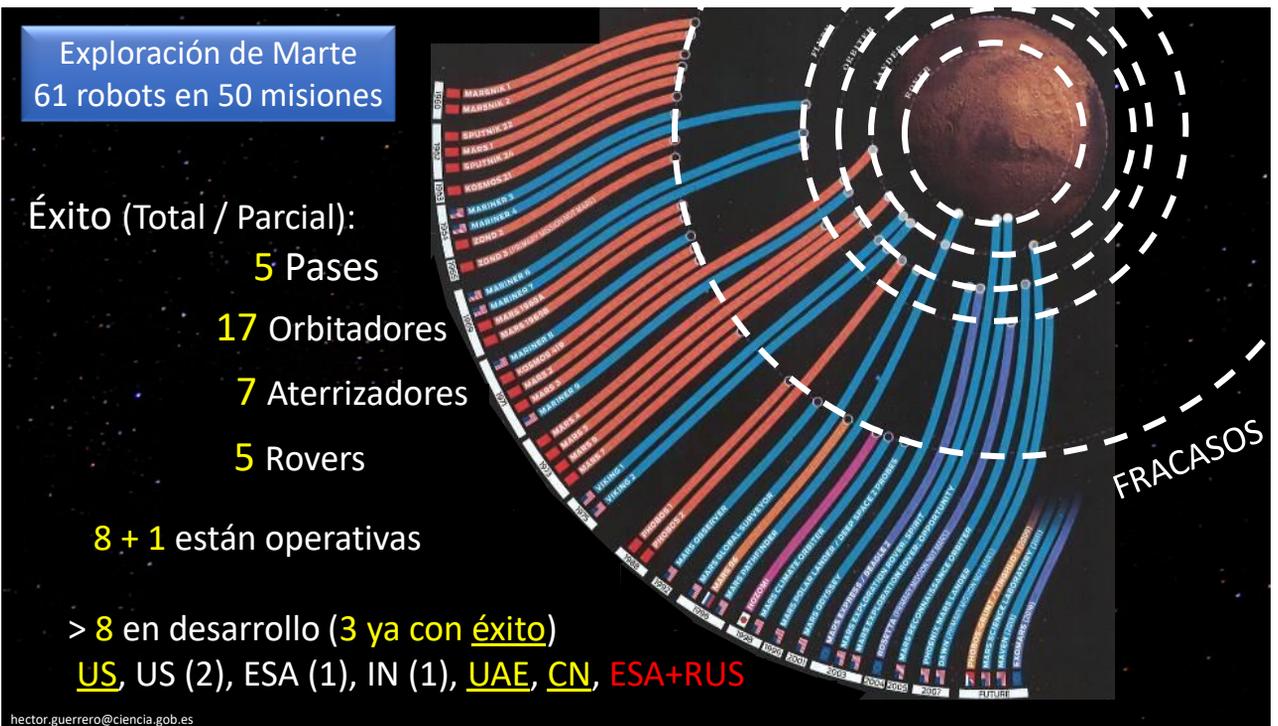
Las misiones a Marte



hector.guerrero@ciencia.gob.es



73



74

El viejo debate ¿exploramos con robots o con humanos?



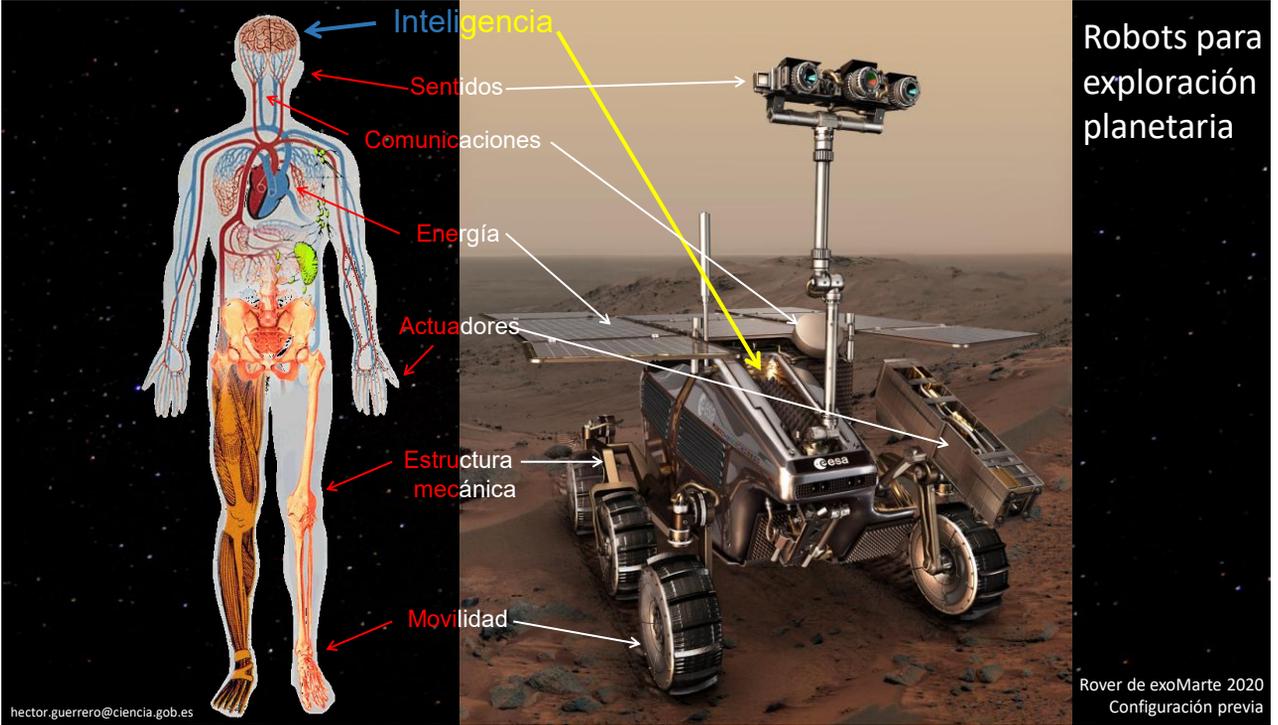
hector.guerrero@ciencia.gob.es

75

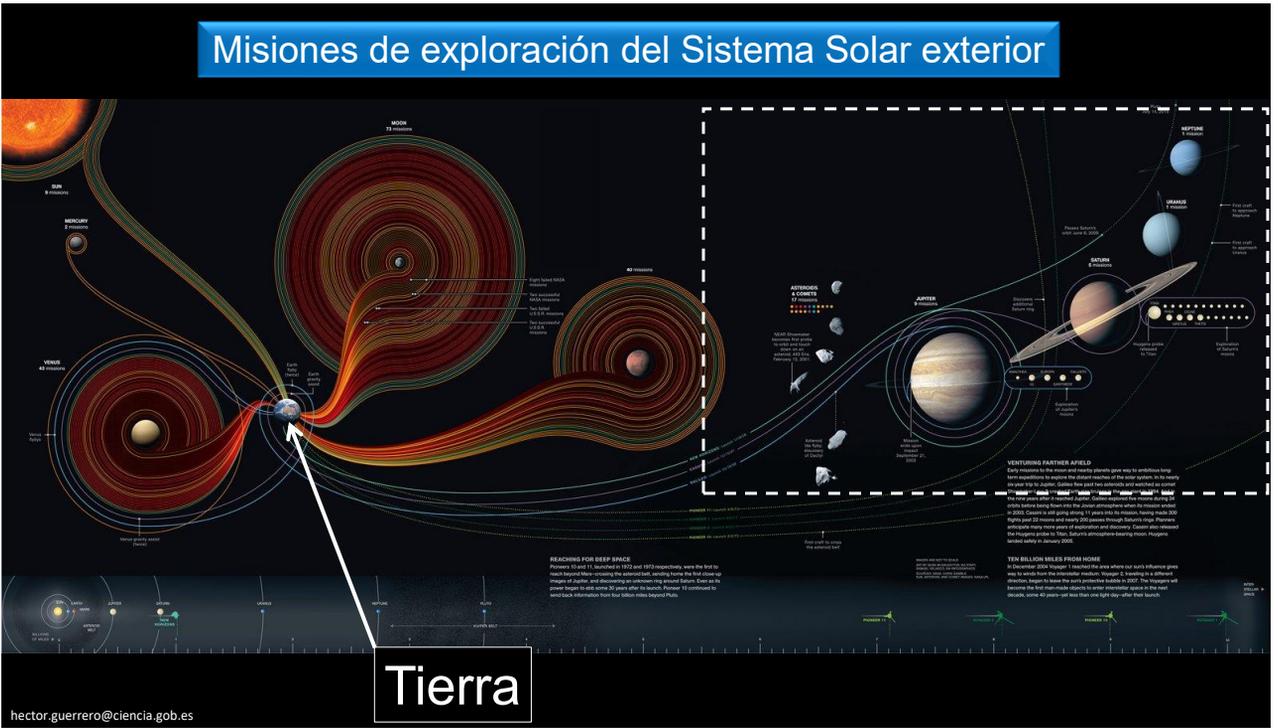


hector.guerrero@ciencia.gob.es

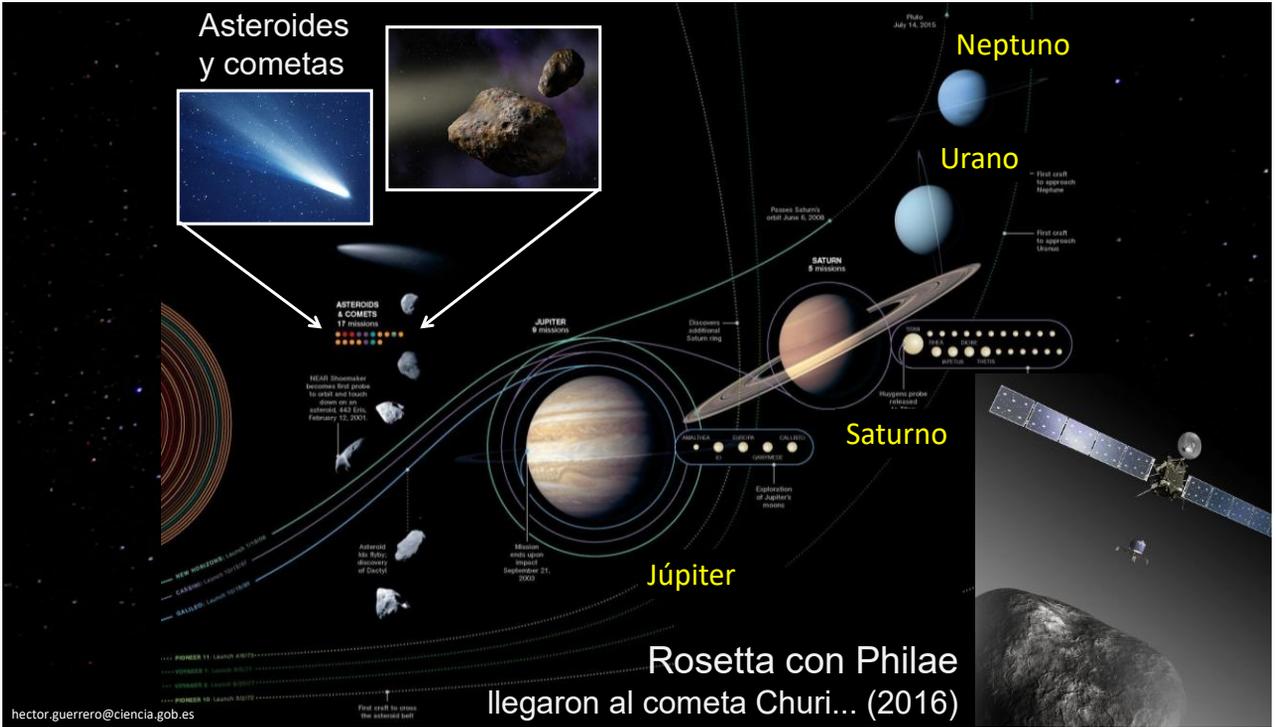
76



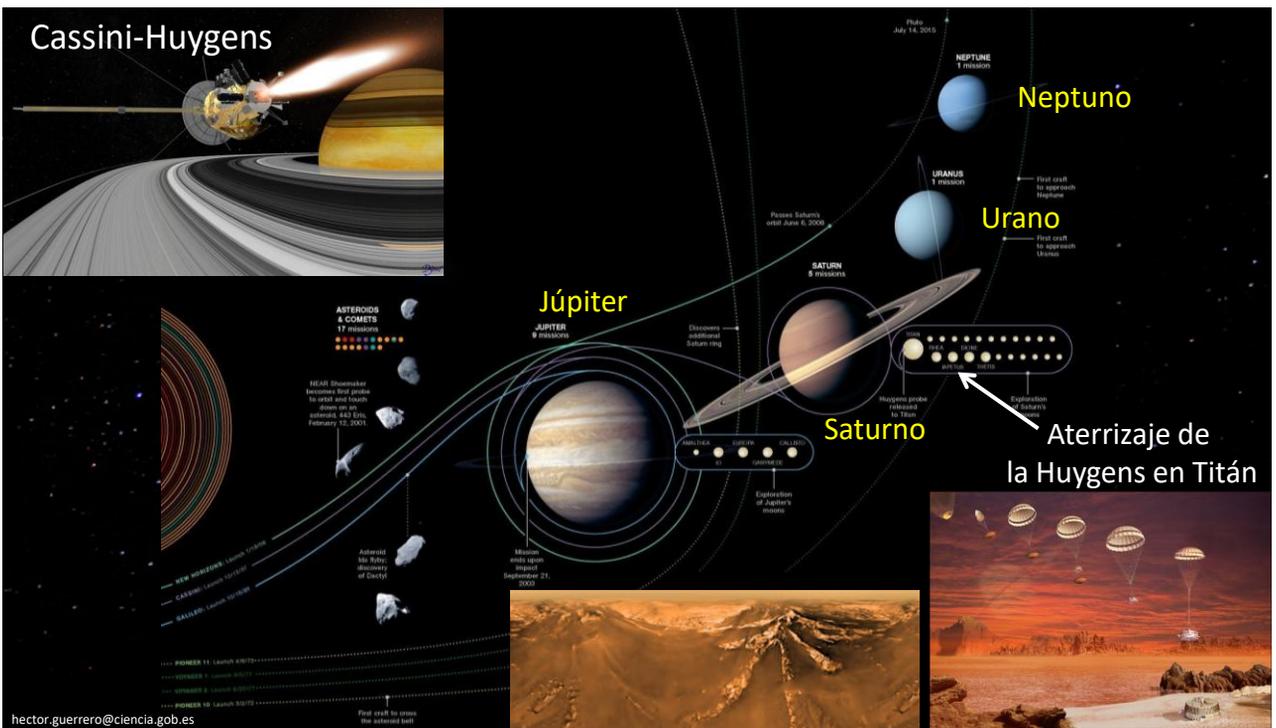
77



78



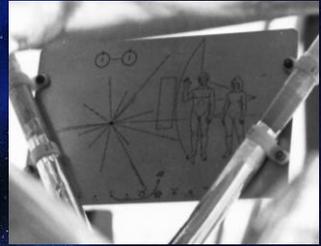
79



80

Las naves más alejadas de la Tierra (lanzadas en los 70): *Pioneers* y *Voyagers*

La *Voyager 1* tomó esta imagen de la Tierra
"Un punto azul pálido en el firmamento"



La placa de la *Pioneer*

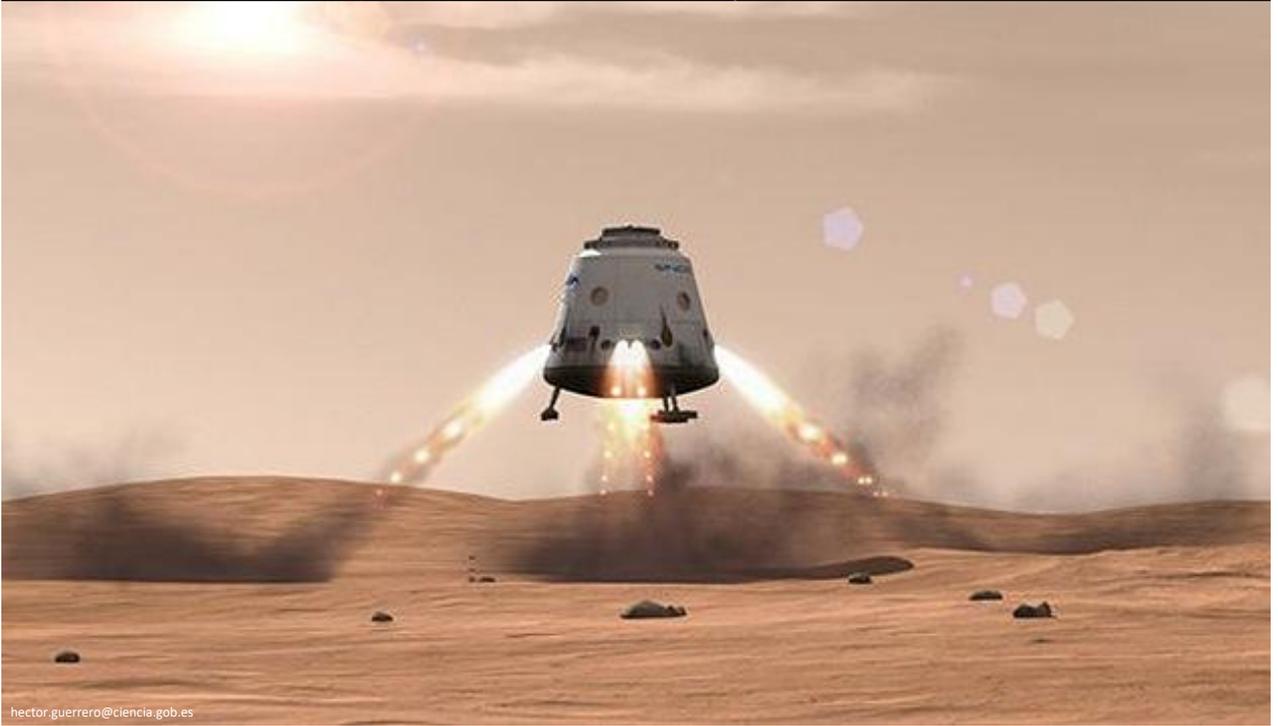


El disco de la *Voyager*

hector.guerrero@ciencia.gob.es

¿El futuro?

hector.guerrero@ciencia.gob.es



83



84



85

EXPLORACIÓN ESPACIAL DESDE LA CARRERA ESPACIAL AL 'NEW SPACE'

1 – La exploración espacial

LANZADORES: el acceso al espacio

PLATAFORMAS: tecnología para explorar el espacio

EXPLORACIÓN del sistema solar

2 – El espacio en el día a día

3 – El 'New Space' o la comercialización del espacio

hector.guerrero@ciencia.gob.es

86

La sostenibilidad de la actividad espacial



La CURIOSIDAD humana



hector.guerrero@ciencia.gob.es

87



hector.guerrero@ciencia.gob.es

88



89

¿Qué **VENTAJAS** supone tener satélites en el espacio?

Clases de **ÓRBITAS**

Altura

GEOESTACIONARIA

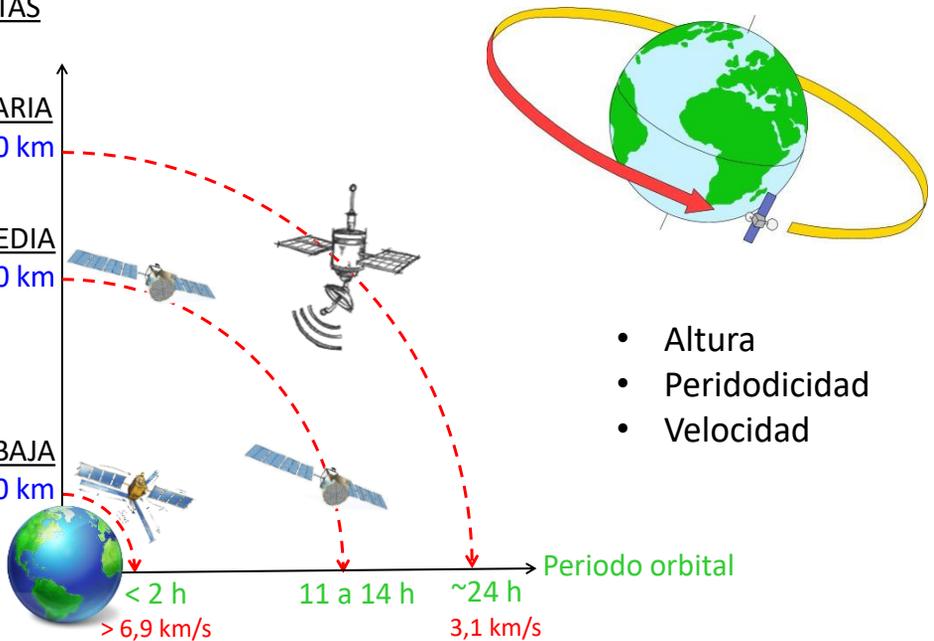
~ 35.800 km

MEDIA

~ 21.000 km

BAJA

200 a 2.000 km



hector.guerrero@ciencia.gob.es

90

Estar en el espacio



COMUNICAR

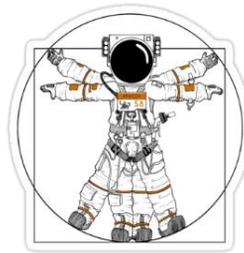


OBSERVAR



POSICIONAR

EXPLORAR e
INVESTIGAR



HABITAR

hector.guerrero@ciencia.gob.es

Telecomunicaciones espaciales



hector.guerrero@ciencia.gob.es

Telstar 1 – El primer satélite de telecomunicaciones
10 de julio de 1962

AT&T Bell Telephone Laboratories y NASA



Orbital Test Satellite (OTS-2) – ESA y EUTELSAT – 11 de mayo de 1978



Junio de 1967 - "All you need is love" - Primera retransmisión global por satélite (BBC)



hector.guerrero@ciencia.gob.es

93

TIROS 1 – 1960 (NASA)

EUMETSAT Basic Documents
https://www-cdn.eumetsat.int/files/2020-07/pdf_leg_basic.pdf

Los satélites meteorológicos Europeos Desde 1977...

Satélites geoestacionarios

METEOSAT
2ª generación (2015)

Aemet
Agencia Estatal de Meteorología

Meteosat IR

EUMETSAT

hector.guerrero@ciencia.gob.es

94

Posicionamiento global por satélite GPS, GALILEO, GLONASS, BEIDOU

TRANSIT 1

El primer satélite para navegación por satélite
Septiembre de 1959



U.S. Navy , DARPA, Johns Hopkins
Applied Physics Laboratory

Daba información sobre su posición a los
submarinos con misiles balísticos Polaris



hector.guerrero@ciencia.gob.es

Sistema de identificación
automática de barcos
(AIS)

GPS – GLONASS - GALILEO

Satélite de
búsqueda y rescate

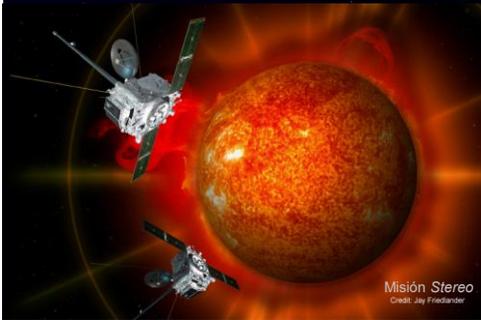


Servicios de seguimiento búsqueda y rescate por satélite

hector.guerrero@ciencia.gob.es

EXPLORAR
INVESTIGAR
CONOCER
más allá de la Tierra

1. Observar y estudiar el Sol



Misión Stereo
Credit: Jay Freeland

2. Exploración Planetaria



El rover Curiosity trabajando en Marte



hector.guerrero@ciencia.gob.es

3. Misiones Astrofísicas y de Física Fundamental



Telescopio espacial Hubble

ISS - Estación Espacial Internacional

Habitada desde el 2000
290 astronautas/ 26 países

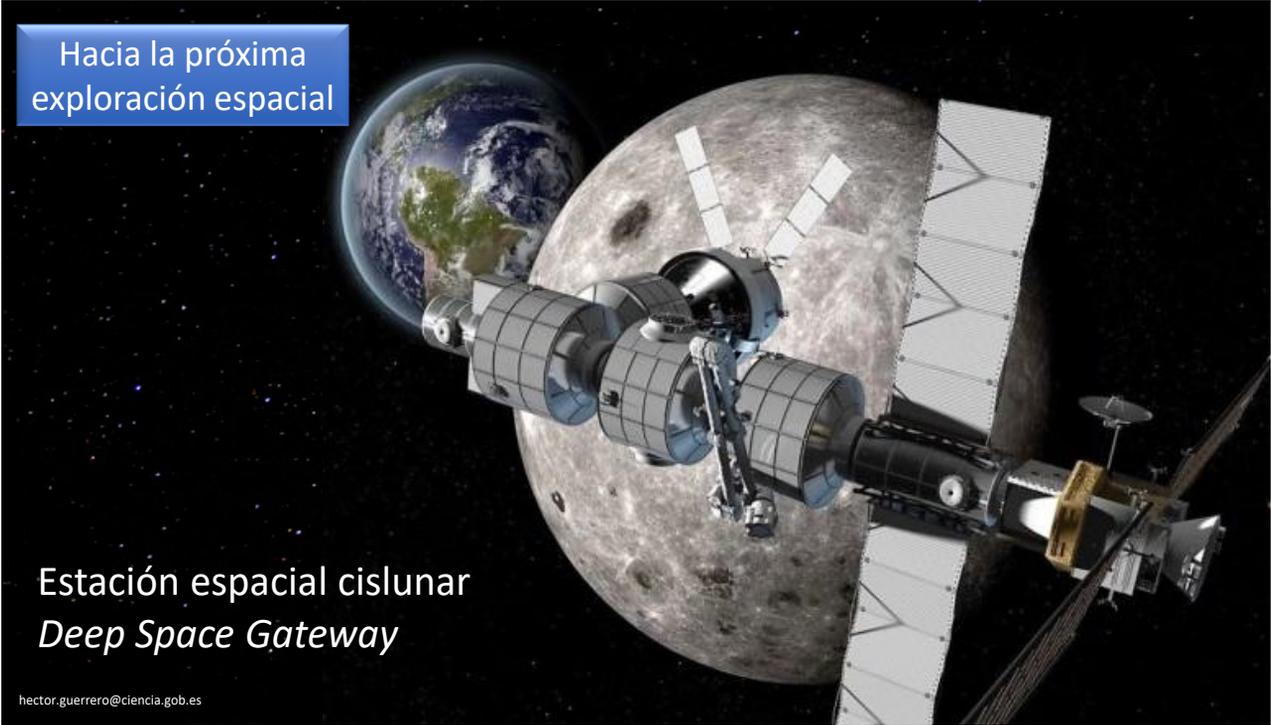


450 Toneladas
109 m de largo
Orbita a 402 km



3.000 M\$
(Coste NASA
al año)

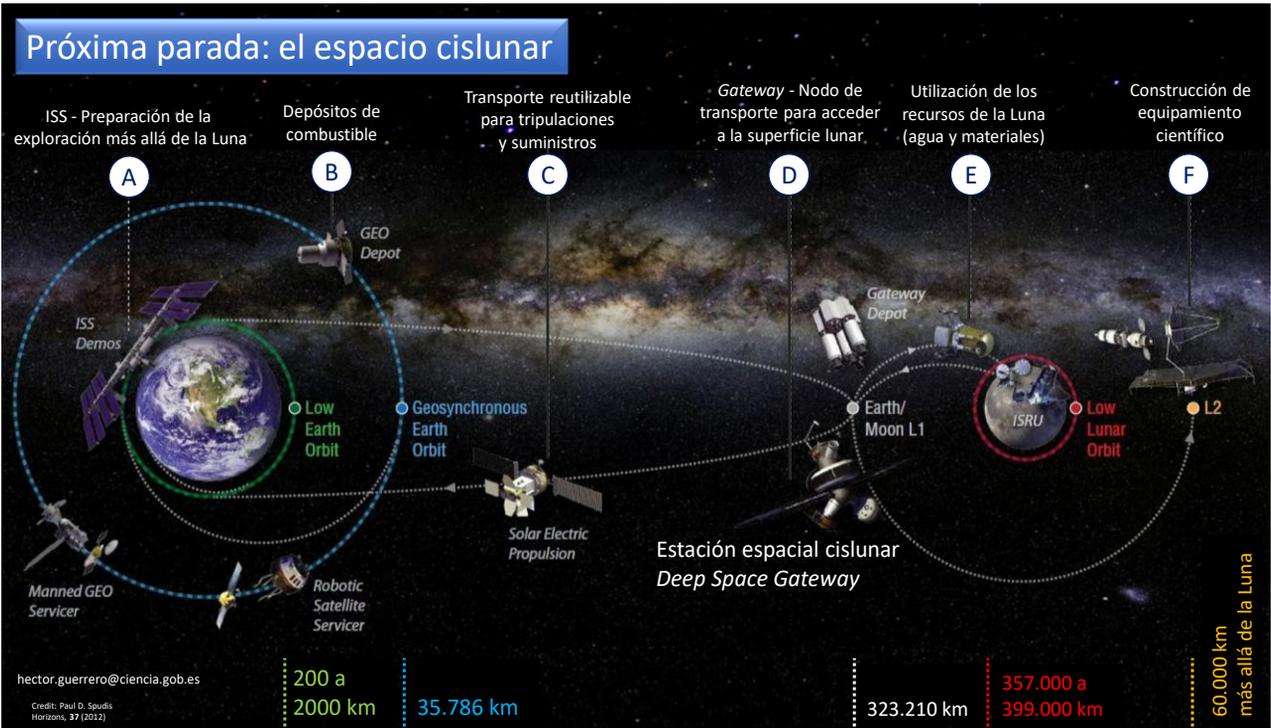
hector.guerrero@ciencia.gob.es



Hacia la próxima exploración espacial

Estación espacial cislunar
Deep Space Gateway

hector.guerrero@ciencia.gob.es



EXPLORACIÓN ESPACIAL DESDE LA CARRERA ESPACIAL AL 'NEW SPACE'

1 – La exploración espacial

LANZADORES: el acceso al espacio

PLATAFORMAS: tecnología para explorar el espacio

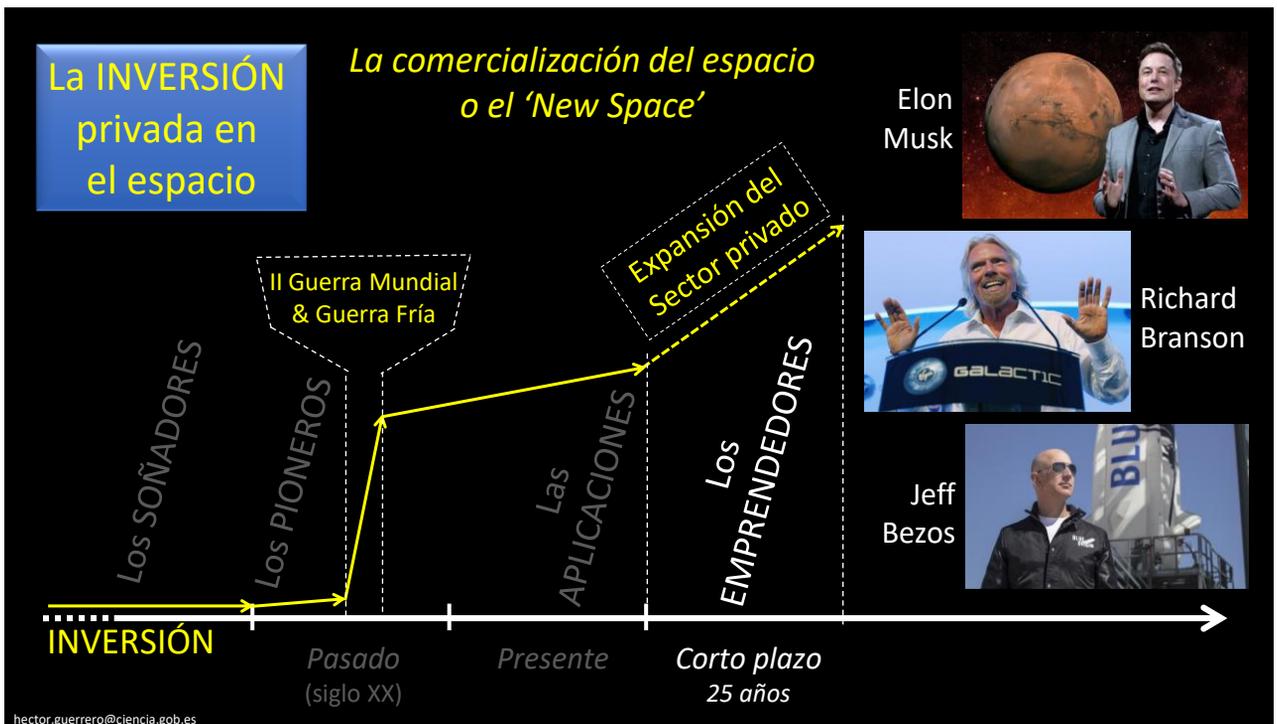
EXPLORACIÓN del sistema solar

2 – El espacio en el día a día

3 – El 'New Space' o la comercialización del espacio

hector.guerrero@ciencia.gob.es

101



102

Turismo espacial – Cohetes reutilizables
Producción en masa (economía de escala)

YOUR JOURNEY INTO SPACE STARTS HERE

hector.guerrero@ciencia.gob.es

103

La INVERSIÓN privada en el espacio

En España el New Space existe

Los SOÑADORES

Los PIONEROS

Las APLICACIONES

Los EMPRENDEDORES

II Guerra Mundial & Guerra Fría

Expansión del Sector privado

Pasado (siglo XX)

Presente

Corto plazo 25 años

Y otros muchos ejemplos de emprendimiento espacial

hector.guerrero@ciencia.gob.es

104

SPACE TRANSPORTATION 

MOTORISTAS

Pangea Propulsion
Powering Space

IEIENAI SPACE ...y muchas más

SISTEMISTAS

PLDSPACE

ARKADIA SPACE

KREIOS SPACE

PERSEI Space
The E.T.PACK Initiative

A LA ÓRBITA **EN LA ÓRBITA** **DEORBITADO**

105

La INVERSIÓN ¿privada? en el espacio

Minería de asteroides ¿La nueva FIEBRE del ORO?

Los SOÑADORES **Los PIONEROS** **Las APLICACIONES** **Los EMPRENDEDORES**

INVERSIÓN

Pasado **Presente** **Corto plazo** **Medio plazo**

Siglo XX 25 años > 2040

II Guerra Mundial & Guerra Fría

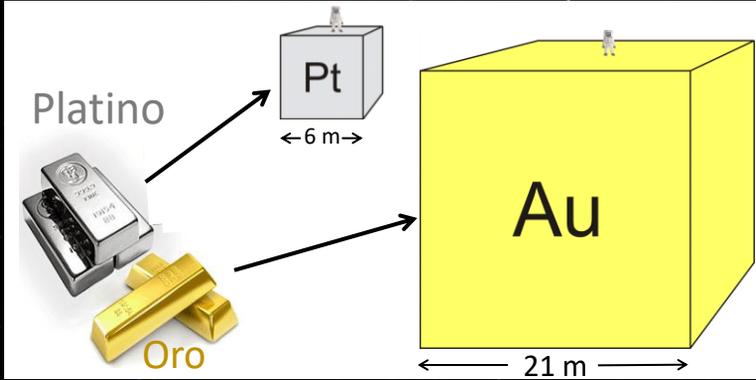
Expansión del sector privado

hector.guerrero@ciencia.gob.es

106

Minería de asteroides

El oro y el platino son elementos muy escasos en la corteza terrestre



Este volumen equivale a 3.7 piscinas olímpicas (2.500 m³)



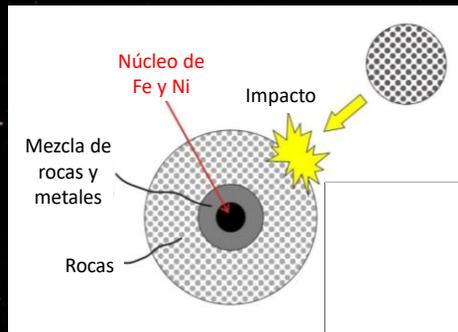
1900 - 2020 Minería mundial de oro

Producción: ~163.000 Ton
 Volumen: ~8.500 m³
 Lado del cubo: ~20 m



hector.guerrero@ciencia.gob.es

Minería de asteroides



Concentración de elementos en los asteroides respecto de la corteza terrestre

Planetary Resources



hector.guerrero@ciencia.gob.es

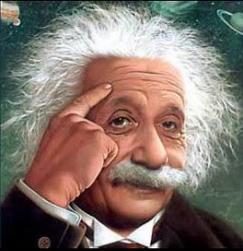


109

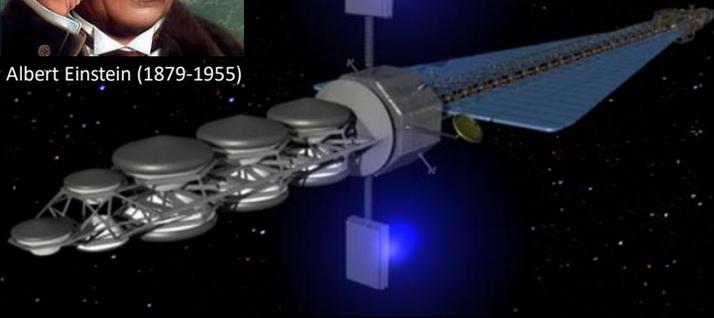


110

¿NEGOCIOS INTERESTELARES?



Albert Einstein (1879-1955)



hector.guerrero@ciencia.gob.es

111

¿COMERCIO INTERESTELAR? Búsqueda de análogos terrestres

Estrellas

Zona de habitabilidad

Atmósfera
Oxígeno
Agua
Tamaño

Muy caliente

Muy frío

Sol

Planetas

Marte

Tierra

Venus

~ 11.000 millones de planetas como la Tierra en la zona de habitabilidad de su estrella (Vía Láctea)

hector.guerrero@ciencia.gob.es

112

A la búsqueda de vecinos



113

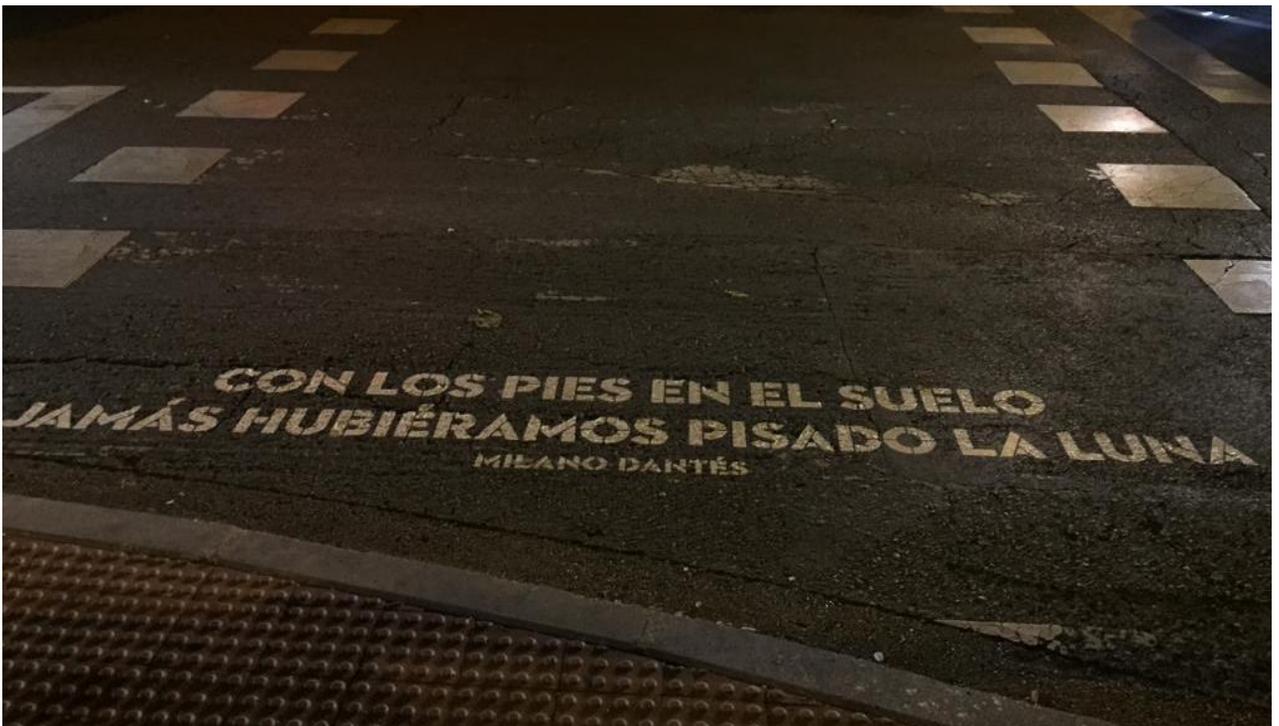


114

¡Muchas gracias!

hector.guerrero@ciencia.gob.es

115



116