

Laboratorios en el espacio: explorando la respuesta de la vida al entorno extraterrestre

**López-Ramírez, María Rosa¹; Martínez-Frías, Jesús²; García Sancho, Leopoldo³;
Baqué, Mickael⁴; De Vera, Jean Pierre⁵; De la Torre, Rosa⁶**

¹ Department of Physical Chemistry, University of Málaga, Málaga, Spain;

² IGEO-CSIC, Univ. Complutense Madrid, Madrid, Spain;

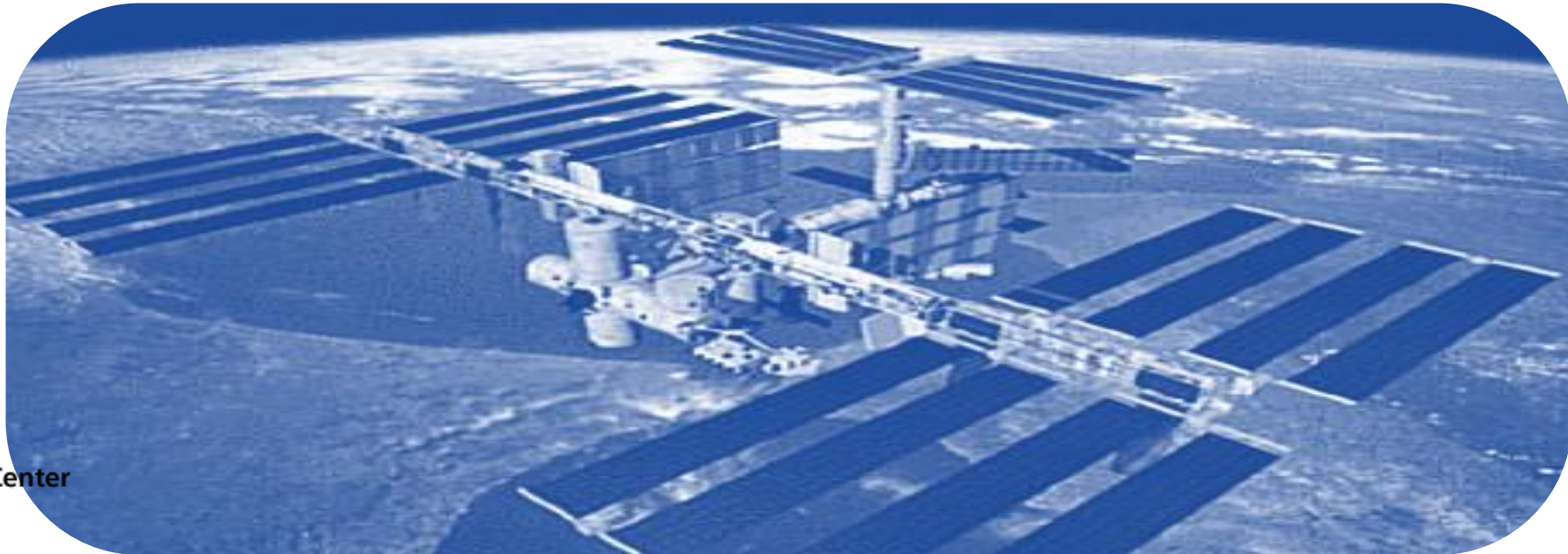
³ UCM, Univ. Complutense Madrid, Dpm. Plant Sciences II, Madrid;

⁴ DLR, German Aerospace Center, Institute of Planetary Research, Berlin, Germany;

⁵ DLR, Space Operations and Astronaut Training, MUSC, Cologne, Germany;

⁶ INTA, National Institute for Aerospace Technology, Madrid, Spain.

mrlopez@uma.es

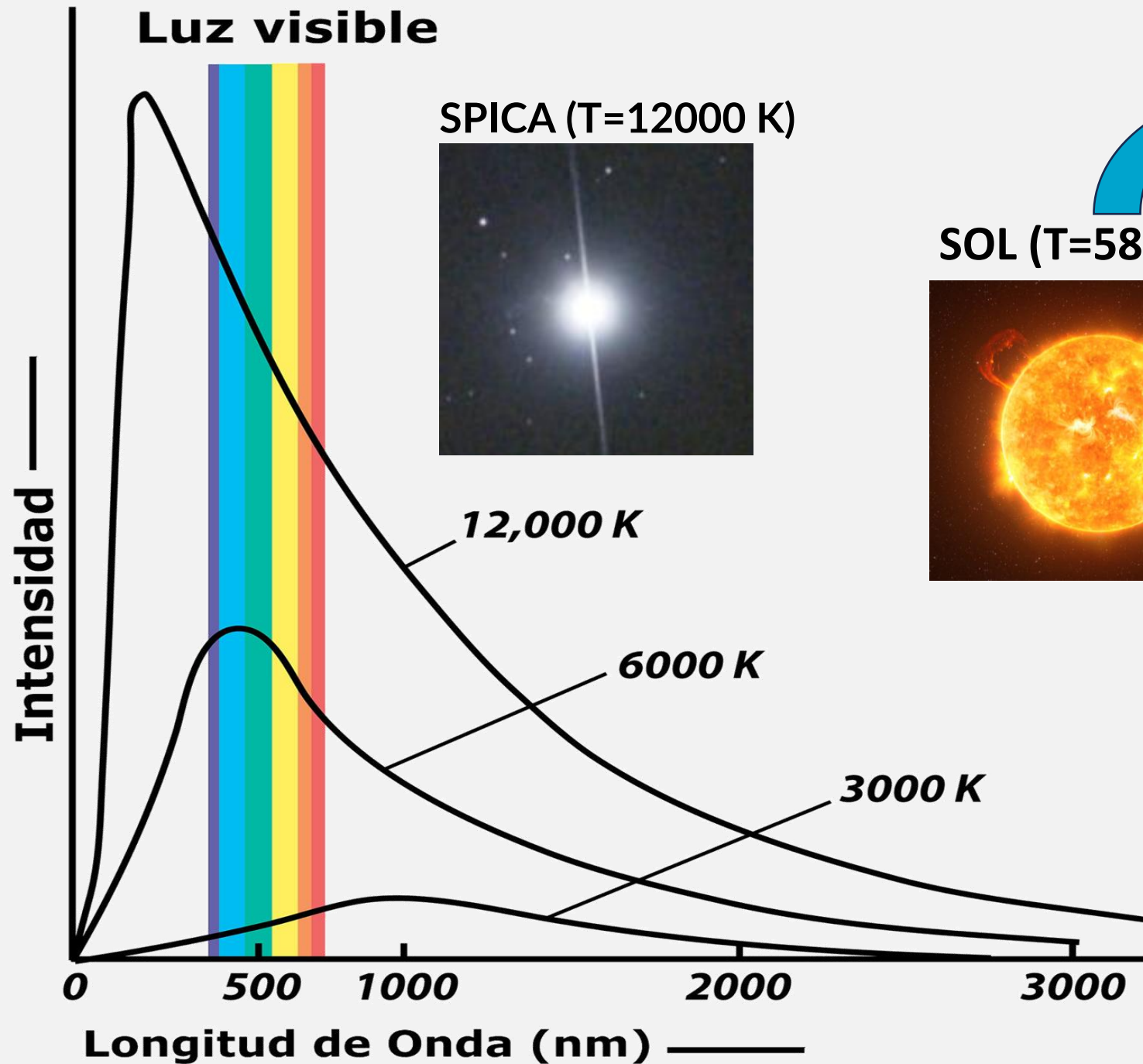


www.astromalaga.es



- ❖ ¿Somos una especie rara?
- ❖ Laboratorios espaciales
- ❖ Tipos de plataformas
- ❖ Proyecto BIOMEX y BIOMARSS
- ❖ Laboratorios terrestres
- ❖ Laboratorios marcianos

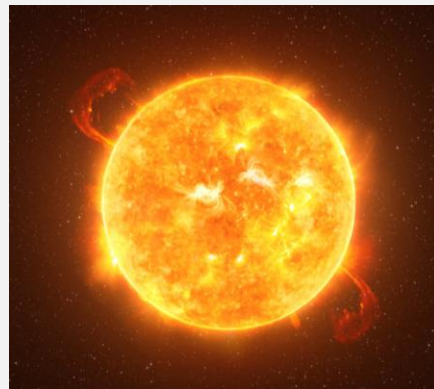




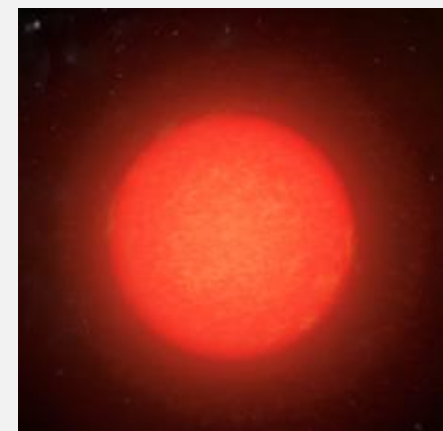
SPICA (T=12000 K)



SOL (T=5800 K)



ANTARES (T=3000 K)



¿Somos una especie rarita?



Ventanas atmosféricas

- **Ventana óptica (Luz visible):** Permite el paso de la luz del Sol hacia la superficie.

Es la base de la visión humana y la astronomía óptica desde tierra.

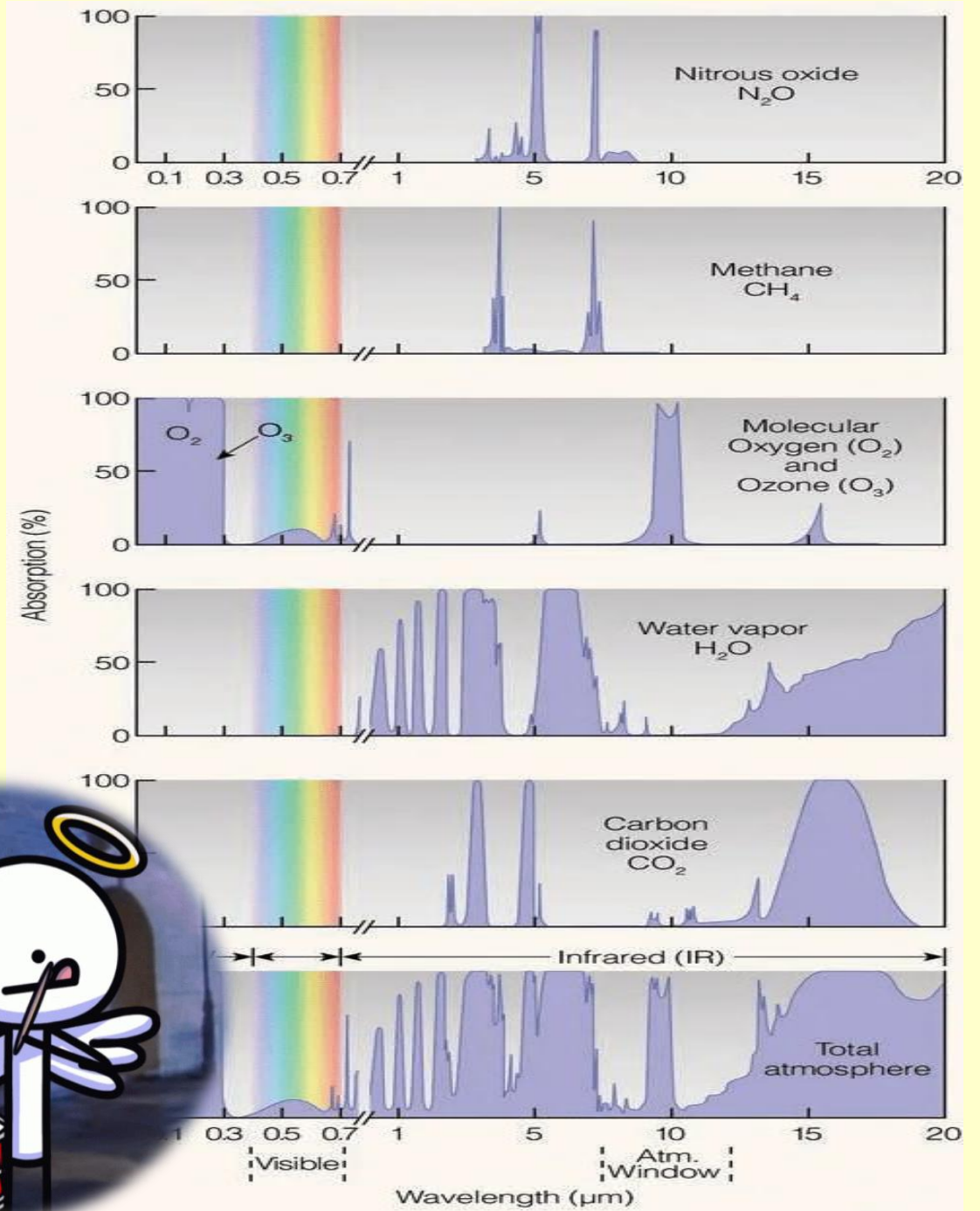
- **Ventana de radio:** Deja pasar ondas de radio de onda corta y larga.

Permitiendo estudiar el universo con radiotelescopios terrestres.

- **Ventanas infrarrojas:** Ciertas franjas (como alrededor de las 10 micras).

Permiten que el calor emitido por la Tierra escape al espacio o facilitan la observación por satélite.

Absorción de radiación por los gases de efecto invernadero en la atmósfera, el área sombreada azul representa el porcentaje de radiación absorbida (Ahrens, 2009).



¿Somos una especie rara?

Monocromática



Dicromática



Dodecacromática

!!!12!!!

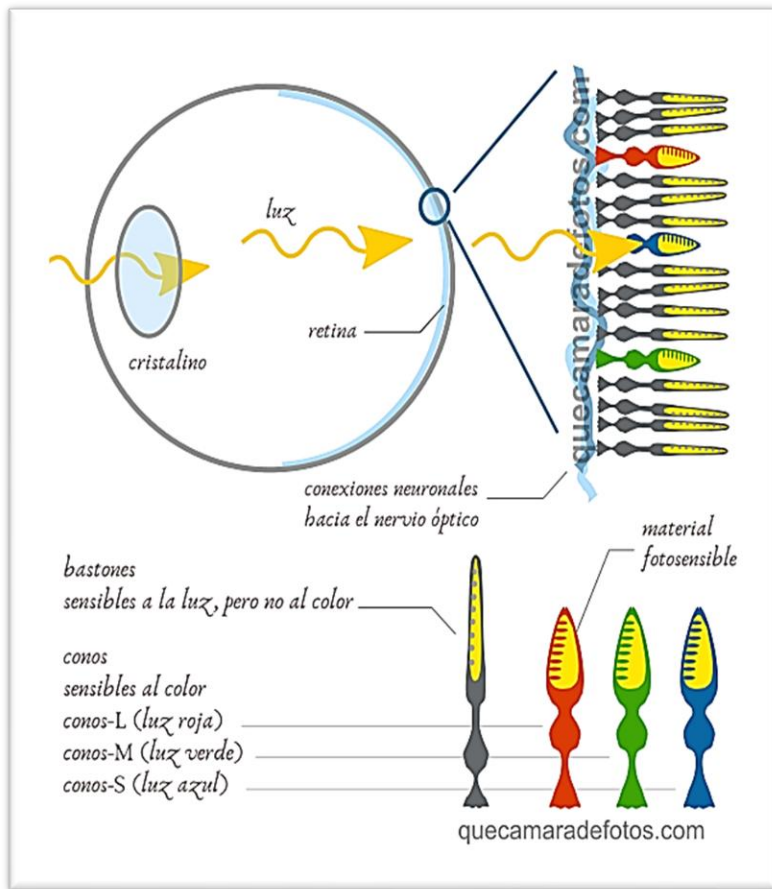


Tetracromática

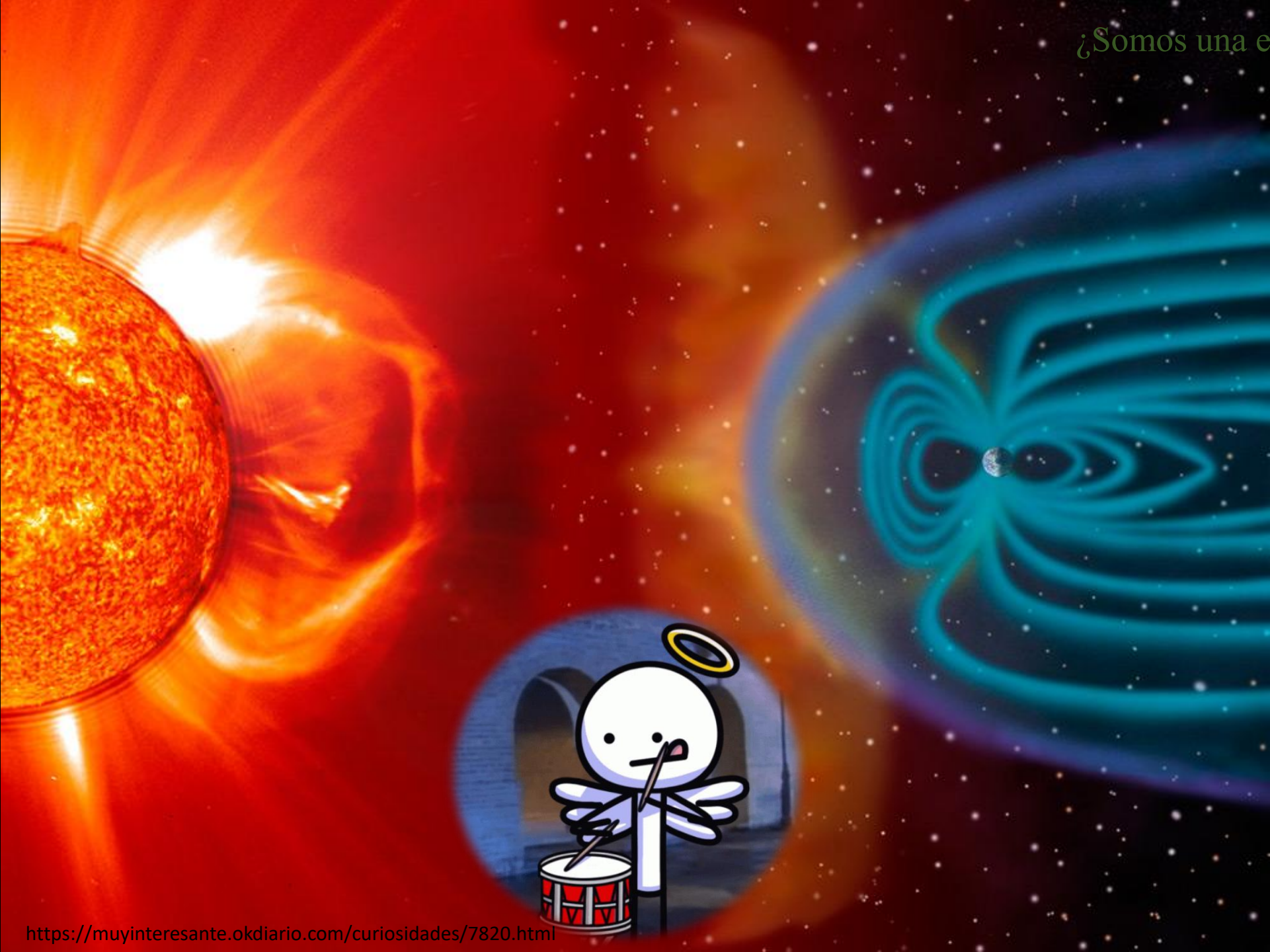


UV 

Tricromática (RGB)

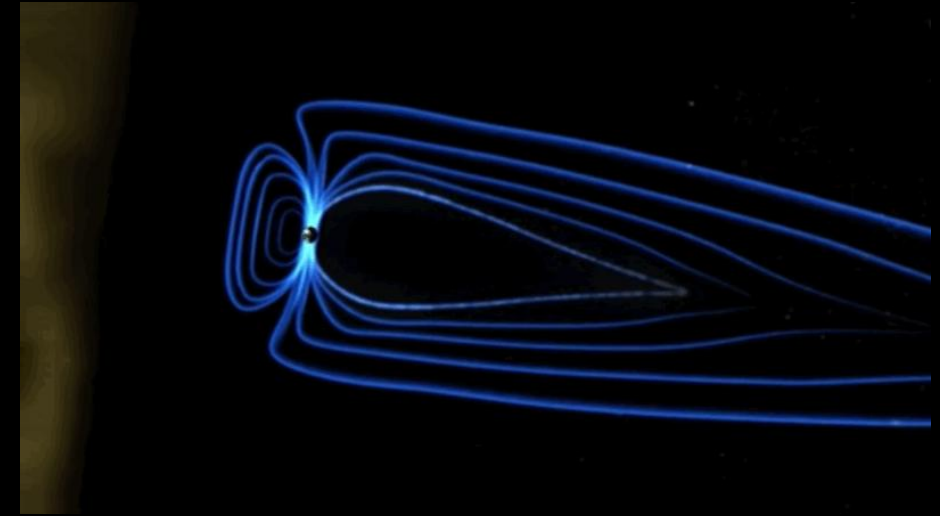


¿Somos una especie rara?





- La Estación Espacial Internacional (ISS), a 400 km de altura, no viaja en una órbita puramente polar, sino que tiene una inclinación orbital de **51.6° respecto al ecuador**.
- Aunque no pasa directamente sobre los polos geográficos, su trayectoria la lleva lo suficientemente al norte y al sur (hasta latitudes equivalentes a Londres o las islas Malvinas) para rozar los bordes de las llamadas **zonas aurorales**.

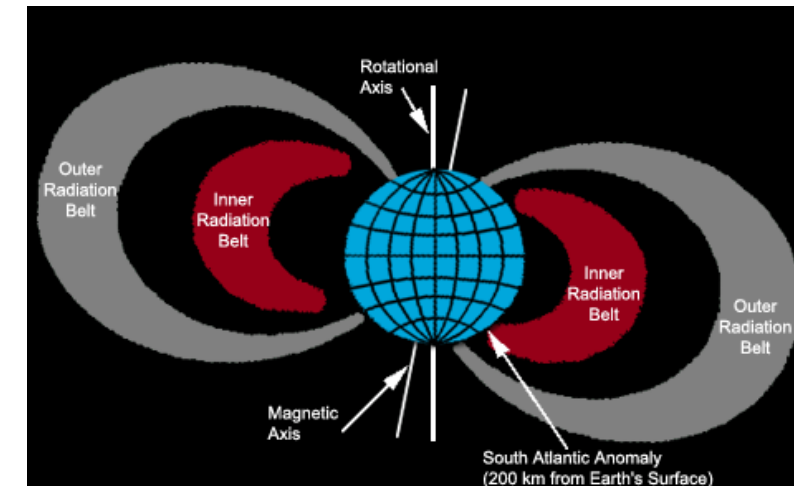


Datos clave de la órbita de la ISS:

- **Altura:** Aproximadamente 400 km (varía ligeramente y necesita ajustes periódicos por el rozamiento atmosférico).
- **Velocidad:** Cerca de 28.800 km/h (unos 7,7 u 8 km por segundo).
- **Tiempo por órbita:** Tarda unos 93 minutos en dar una vuelta completa a la Tierra.
- **Amaneceres y atardeceres:** Debido a su velocidad, la tripulación ve 16 amaneceres y atardeceres cada 24 horas.

Resumen de la radiación por regiones en órbita baja (LEO)

Región Espacial	Tipo de interacción, Riesgo	Causa principal
Zonas Polares (Altas Latitudes)	Alta interactividad con partículas solares (protones) y rayos cósmicos	Las líneas de campo magnético abiertas guían las partículas hacia los polos.
Anomalía del Atlántico Sur (SAA)	Alta radiación por protones atrapados.	El campo magnético terrestre está deprimido (más cerca de la superficie) en esa zona.
Regiones Ecuatoriales	Muy baja interacción con partículas de baja/mediana energía	Máxima protección del escudo geomagnético.



Proyectos que estudian la supervivencia de organismos en condiciones espaciales o planetarias



Experimento	Muestras estudiadas	Plataforma espacial
LICHENS	Rhizocarpon geographicum, Xanthoria elegans	Biopan-5 (FOTON-M2) 2005
TARDIS	Tardígrados	Biopan-6 (FOTON-M3) 2007
LITHOPANSPERMIA	Rhizocarpon geographicum, Xanthoria elegans, Circinaria gyrosa, cianobacterias y otros microorganismos	Biopan-6 (FOTON-M3) 2007
ADAPT	Bacillus subtilis MW01	EXPOSE-E (ISS) 2008
BIOMEX	Arqueas, bacterias, algas, líquenes, hongos, biomoléculas, biofilms, minerales y sustratos	EXPOSE-R2 (ISS) 2014-2016
BIOMARSS*	Bacteria, biofilms, cyanobacteria, archaea, lichens, fungi	EXOBIO, en la parte externa del módulo Bartolomeo-Columbus de la ISS. 2025-2027??



* BIOindicadores en MARTE y Espacio (BIOMARSS I), PID2019-109448RB-I00. Proyectos de I+D+i RETOS INVESTIGACIÓN (I.P.: Dra. Rosa de la Torre Noetzel y col.)

** BIOindicadores en MARTE y Espacio (BIOMARSS II), PID2023-150510NB-I00. Parte integrante del proyecto BIOSIGN (Biosignatures and Niches, ESA-ILSRA 2014-0019)

The missions flown so far are:^{[3][4]}

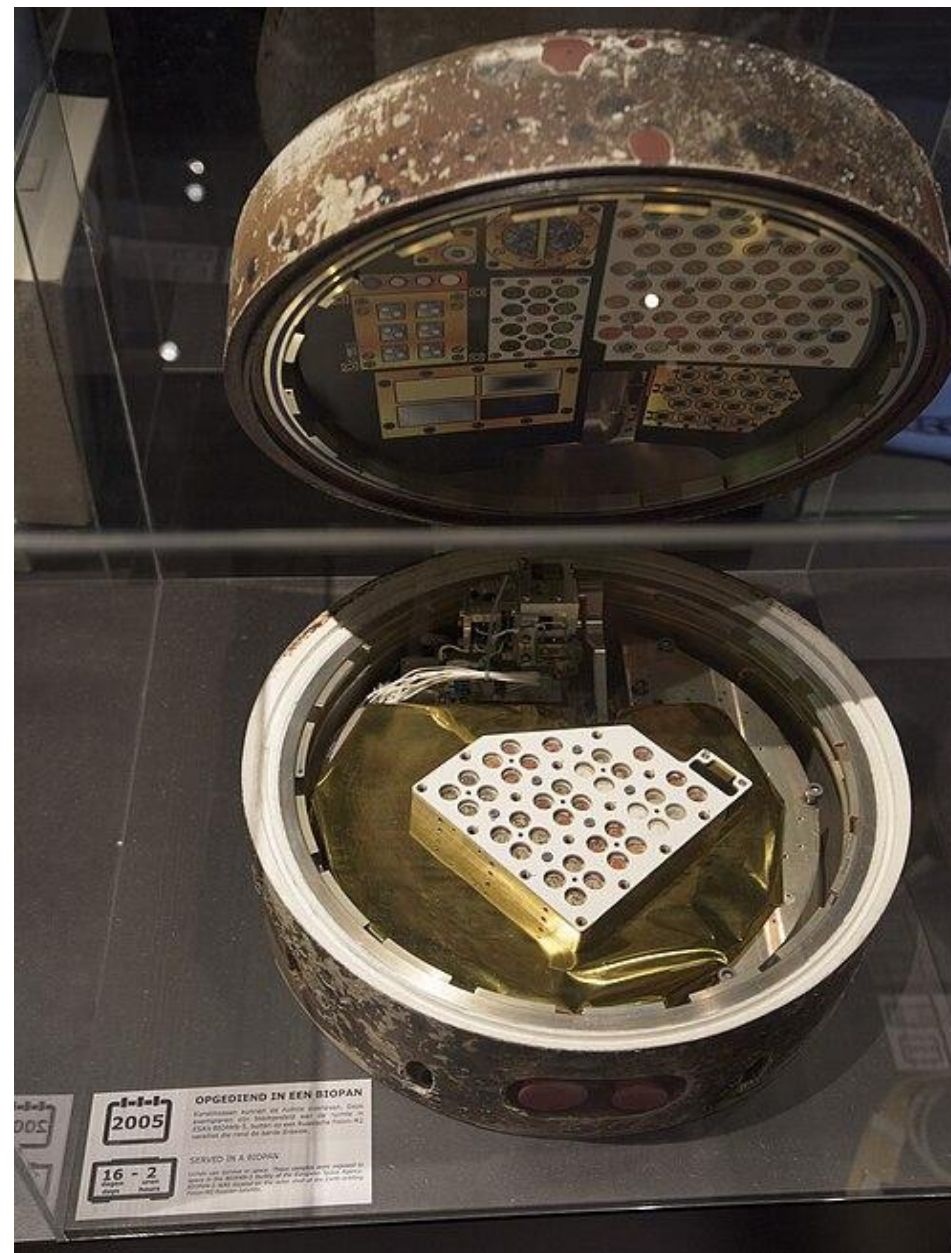
Mission	Spacecraft	Launch date	Duration (days)	Experiments
BIOPAN-0	Foton-8	1992-10-08	15.6 d	Test flight with non-ESA sponsored experiments
BIOPAN-1	Foton-9	1994-06-14	17.6 d	6 experiments: Base, Shrimp, Mapping, Survival, Vitamin, Dust
BIOPAN-2	Foton-11	1997-10-09	13.6 d	6 experiments: Base, Shrimp, Mapping, Survival, Vitamin, Dust
BIOPAN-3	Foton-12	1999-09-09	14.6 d	4 experiments: Survival, Yeast, Dosimap, Vitamin
BIOPAN-4	Foton-M1	Launch failure 2002-10-15	15.6 d	9 experiments - lost during launch failure
BIOPAN-5	Foton-M2	2005-05-31	16 d	9 experiments: Marstox, Levтар, Photo-I, Rado, Lichens, ^[5] Organics, ^[6] Yeast II, R3D-B, Permafrost
BIOPAN-6	Foton-M3	2007-09-14	13 d ^[7]	10 experiments: R3D-B2, Uvolution, Highrad, Yeast III, Life, LMC, Tardis A & B, ^{[8][9]} Lithopanspermia, ^[10] Marstox II, ^[11] Rado II

<https://en.wikipedia.org/wiki/BIOPAN#Missions>

- **Altura:** 200 a 300 km
- **Inclinación orbital:** 62.8°
- **Exposición:** vacío espacial, radiación solar y cósmica



Laboratorios espaciales



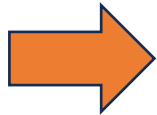
By Hnapel - Own work, CC BY-SA 4.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=61086342>



Proyectos que estudian la supervivencia de organismos en condiciones espaciales o planetarias



Experimento	Muestras estudiadas	Plataforma espacial
LICHENS	Rhizocarpon geographicum, Xanthoria elegans	Biopan-5 (FOTON-M2) 2005
TARDIS	Tardígrados	Biopan-6 (FOTON-M3) 2007
LITHOPANSPERMIA	Rhizocarpon geographicum, Xanthoria elegans, Circinaria gyrosa, cianobacterias y otros microorganismos	Biopan-6 (FOTON-M3) 2007
ADAPT	Bacillus subtilis MW01	EXPOSE-E (ISS) 2008
BIOMEX	Arqueas, bacterias, algas, líquenes, hongos, biomoléculas, biofilms, minerales y sustratos	EXPOSE-R2 (ISS) 2014-2016
BIOMARSS*	Bacteria, biofilms, cyanobacteria, archaea, lichens, fungi	EXOBIO, en la parte externa del módulo Bartolomeo-Columbus de la ISS. 2025-2027??



* BIOindicadores en MARTE y Espacio (BIOMARSS I), PID2019-109448RB-I00. Proyectos de I+D+i RETOS INVESTIGACIÓN (I.P.: Dra. Rosa de la Torre Noetzel y col.)

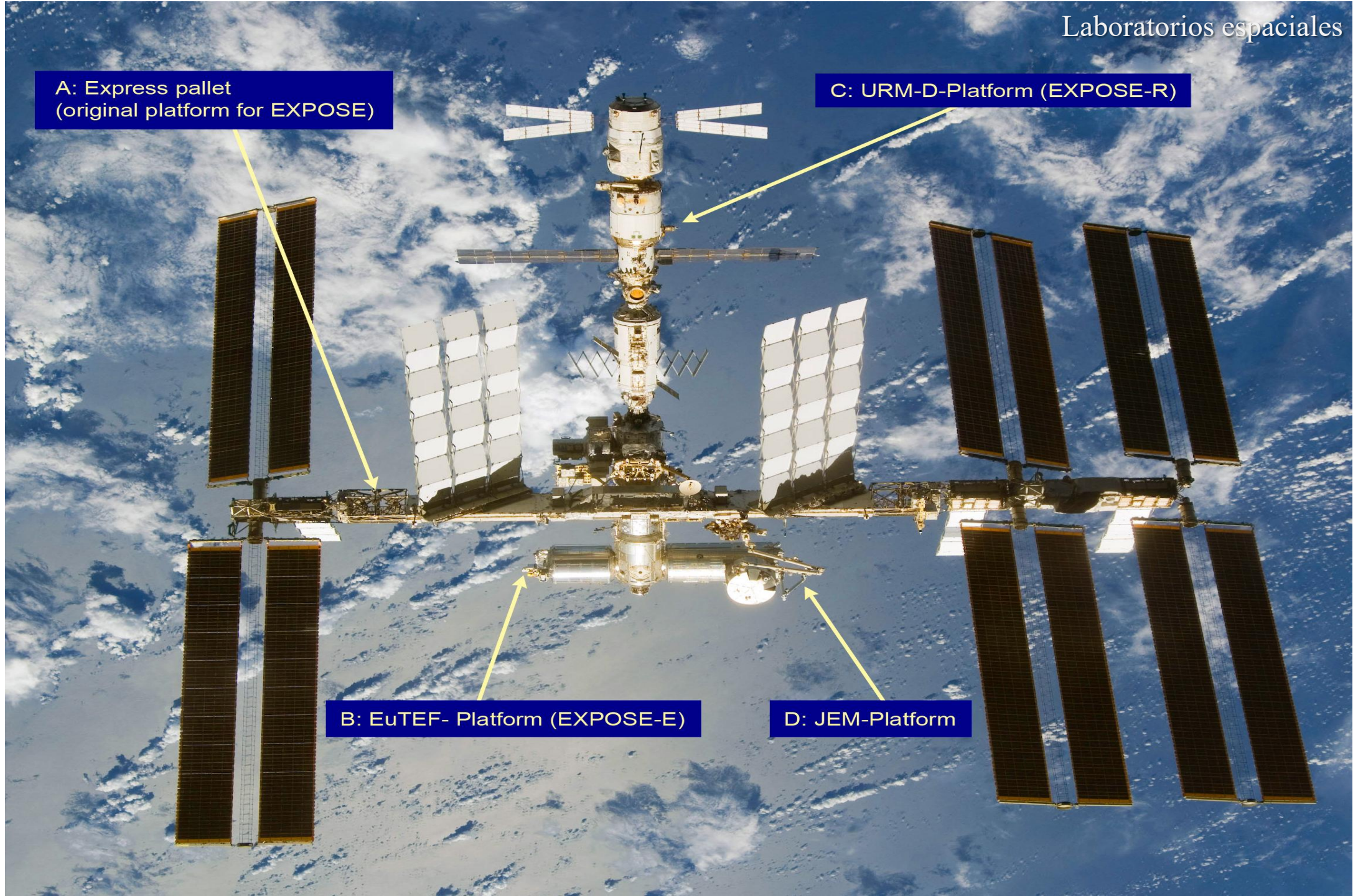
** BIOindicadores en MARTE y Espacio (BIOMARSS II), PID2023-150510NB-I00. Parte integrante del proyecto BIOSIGN (Biosignatures and Niches, ESA-ILSRA 2014-0019)

A: Express pallet
(original platform for EXPOSE)

C: URM-D-Platform (EXPOSE-R)

B: EuTEF- Platform (EXPOSE-E)

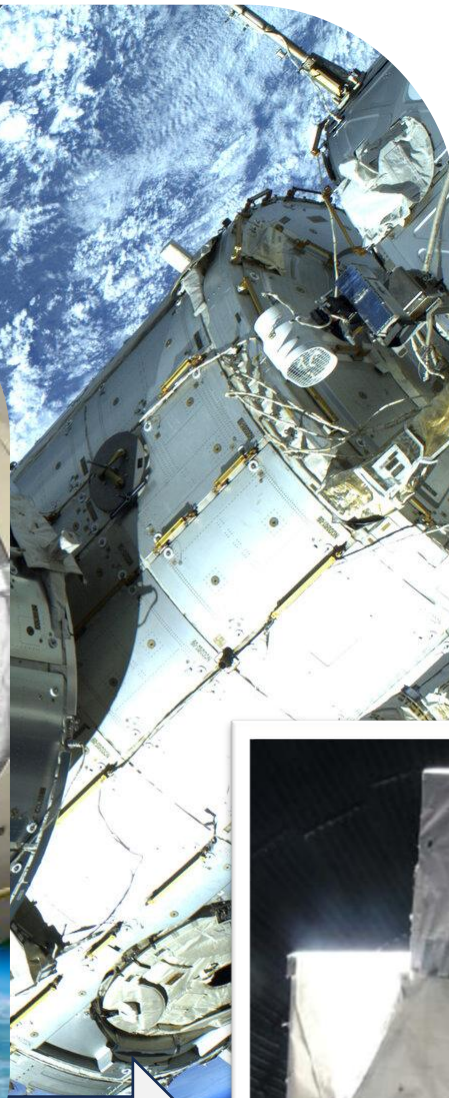
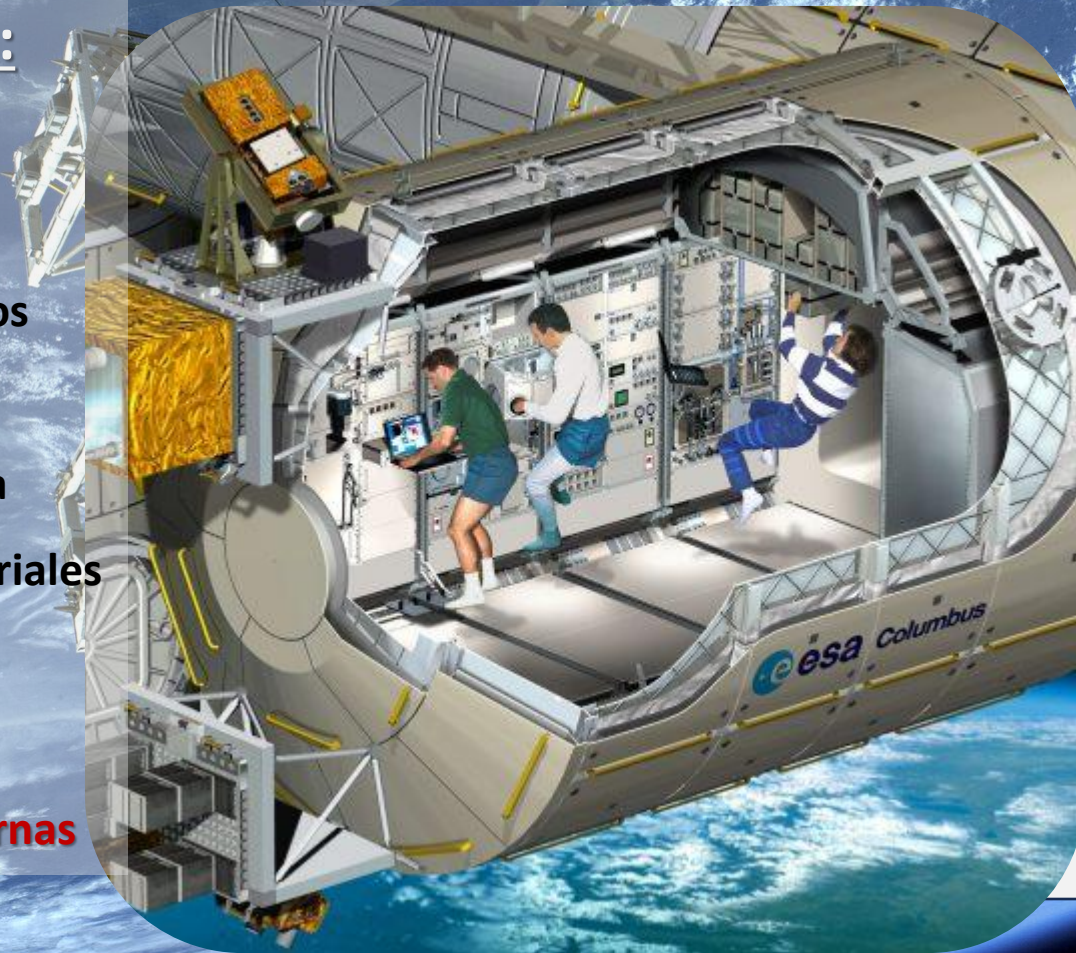
D: JEM-Platform



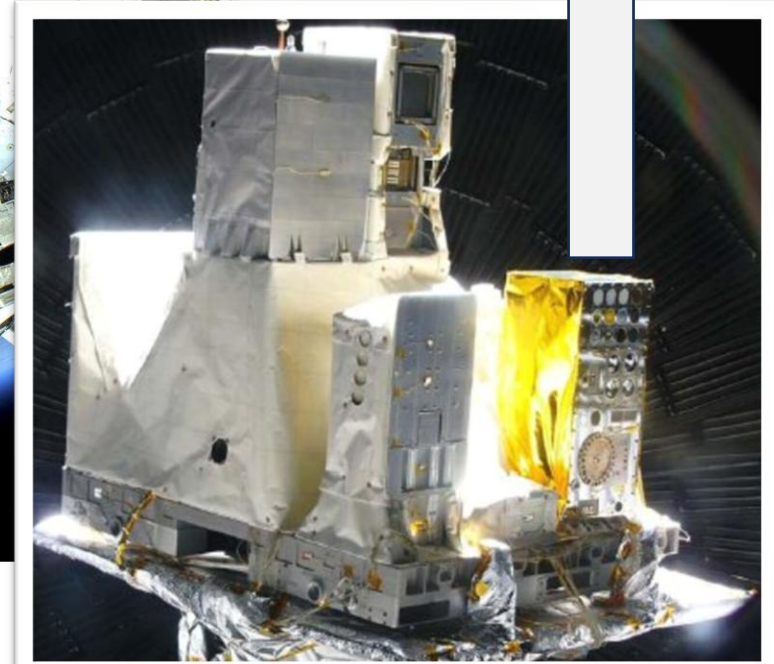
El laboratorio espacial europeo Columbus

Experimentos:

- Biolab
- Laboratorio de Ciencias de Fluidos
- Instalaciones de fisiología humana
- Estudios de materiales y tribología (aleaciones)
- Plataformas externas



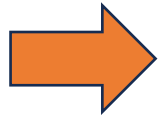
Expose-E



Proyectos que estudian la supervivencia de organismos en condiciones espaciales o planetarias



Experimento	Muestras estudiadas	Plataforma espacial
LICHENS	Rhizocarpon geographicum, Xanthoria elegans	Biopan-5 (FOTON-M2) 2005
TARDIS	Tardígrados	Biopan-6 (FOTON-M3) 2007
LITHOPANSPERMIA	Rhizocarpon geographicum, Xanthoria elegans, Circinaria gyrosa, cianobacterias y otros microorganismos	Biopan-6 (FOTON-M3) 2007
ADAPT	Bacillus subtilis MW01	EXPOSE-E (ISS) 2008
BIOMEX	Arqueas, bacterias, algas, líquenes, hongos, biomoléculas, biofilms, minerales y sustratos	EXPOSE-R2 (ISS) 2014-2016
BIOMARSS*	Bacteria, biofilms, cyanobacteria, archaea, lichens, fungi	EXOBIO, en la parte externa del módulo Bartolomeo-Columbus de la ISS. 2025-2027??



* BIOindicadores en MARTE y Espacio (BIOMARSS I), PID2019-109448RB-I00. Proyectos de I+D+i RETOS INVESTIGACIÓN (I.P.: Dra. Rosa de la Torre Noetzel y col.)

** BIOindicadores en MARTE y Espacio (BIOMARSS II), PID2023-150510NB-I00. Parte integrante del proyecto BIOSIGN (Biosignatures and Niches, ESA-ILSRA 2014-0019)



El 24 de julio de 2014, a la 01:44 hora de Moscú, el vehículo de lanzamiento Soyuz-U, junto con el buque de transporte de carga Progress M-24M, fue lanzado con éxito desde la plataforma de lanzamiento situada en el emplazamiento número 1 del cosmódromo de Baikonur.

Laboratorios espaciales





NASA Elements



JAXA Elements



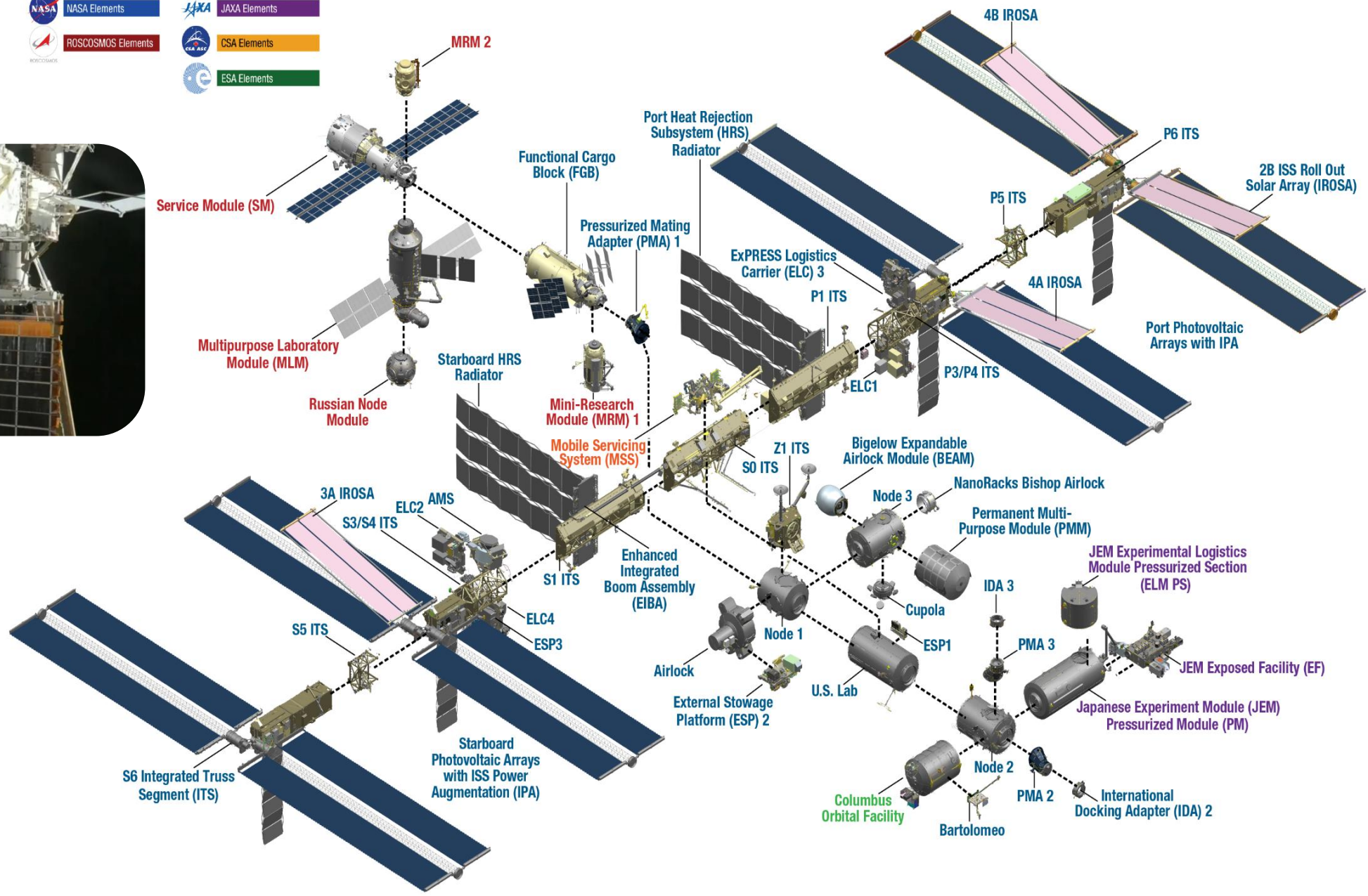
ROSCOSMOS Elements



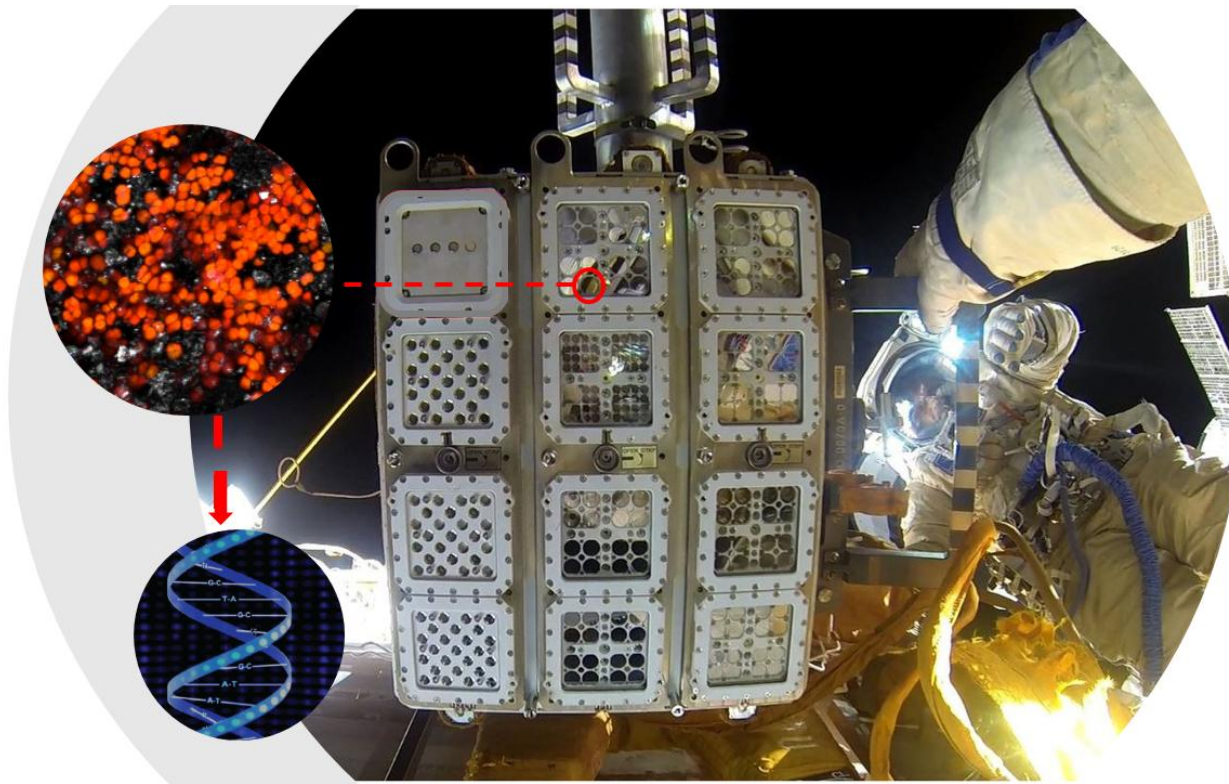
CSA Elements



ESA Elements



EXPOSE-R





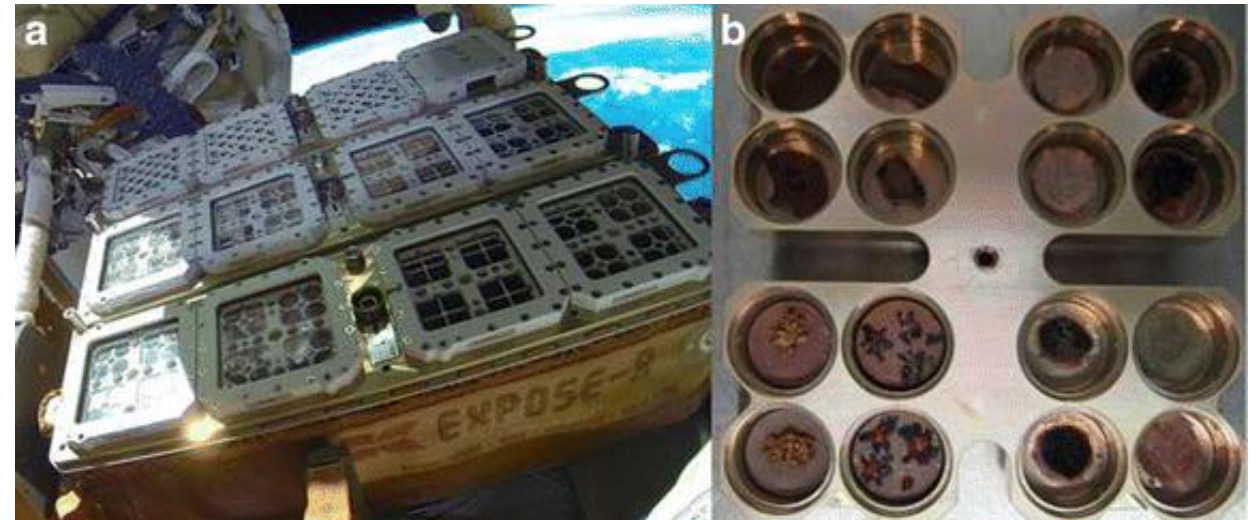
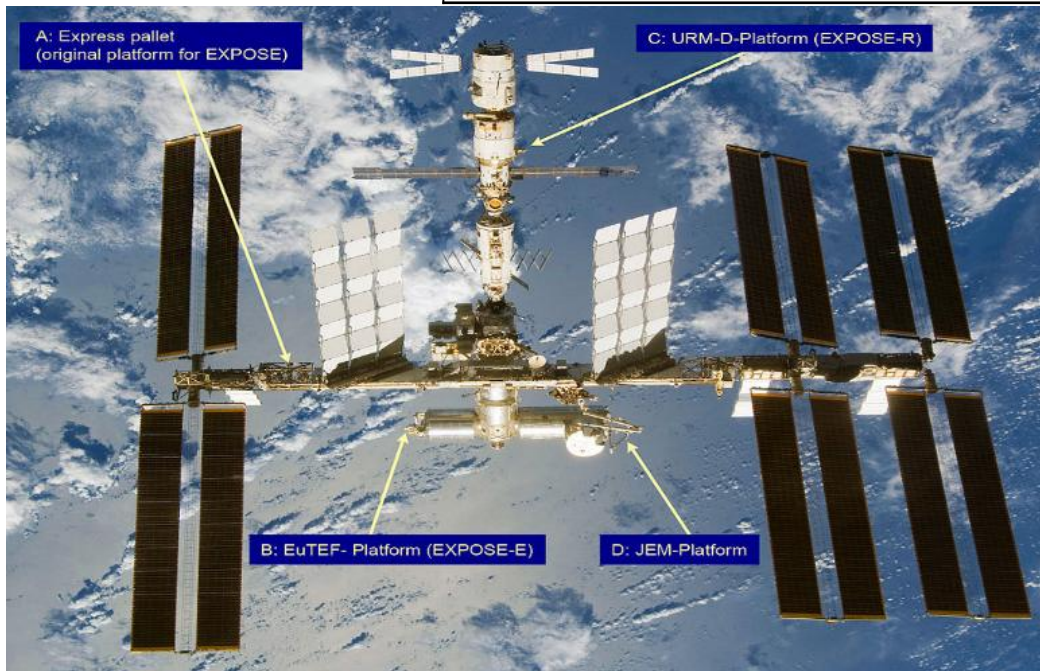
EXPOSE-R2 MISSION: Launch in Soyuz, 24 July 2014, Baikonur SUBLIMAS: BIOMEX (BIOlogy and Mars EXperiment)

Modelo astrobiológica
Circinaria gyrosa (CG)
Adaptado a ambientes
extremos

Mission description:	
Expected Mission duration:	18 months
Expected irradiation:	$9.5 \times 10^5 \text{ kJm}^{-2}$ 200-400nm
Expected temperature variations:	-10 °C to +45 °C
Extremes:	-25 °C to +51 °C
Simulated atmospheres:	Vacuum 1000 Pa Mars
optical filters:	0.1 % ND >200 nm long pass cut off



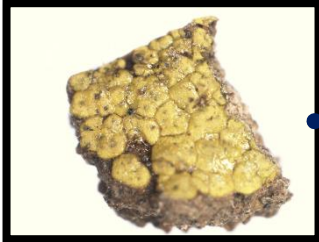
Dra. Rosa de la Torre Noetzel
Jefa Laboratorio Radiación
UV y Bioclimatología
(INTA-CAB)



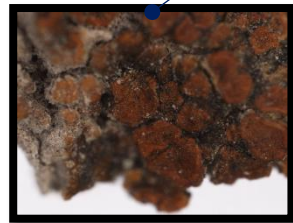
Futuras misiones:

MUESTRAS DE BIOMEX Y BIOMARSS

*Acarospora
scheleicheri*
(Volcán Pichu-
Pichu (Perú))

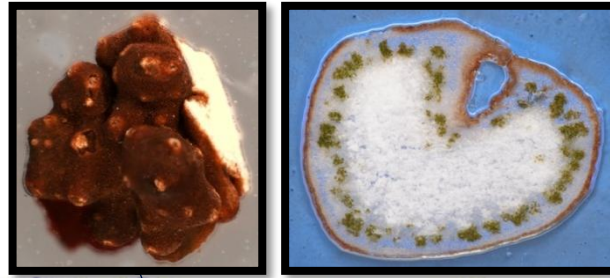


*Umbilicaria
krempelhuberi*
(Volcán Pichu-
Pichu (Perú))



Pleopsidium flavum
(Volcán Pichu-Pichu (Perú))

Circinaria gyrosa (Guadalajara)

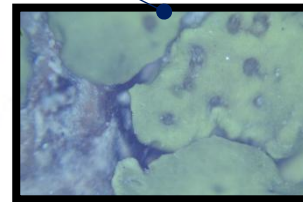


Exposure study to M&S:

- 1) PASC-INTA
- 2) DLR
- 3) ISS



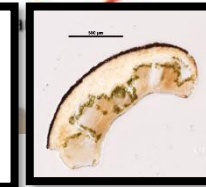
*Umbilicaria
krempelhuberi*
(Teide)



Acarospora charidema
(Desierto La Joya (Perú))



Xanthoparmelia hueana
(Desierto Namibia)



Mission Ground Reference (MGR) experiment

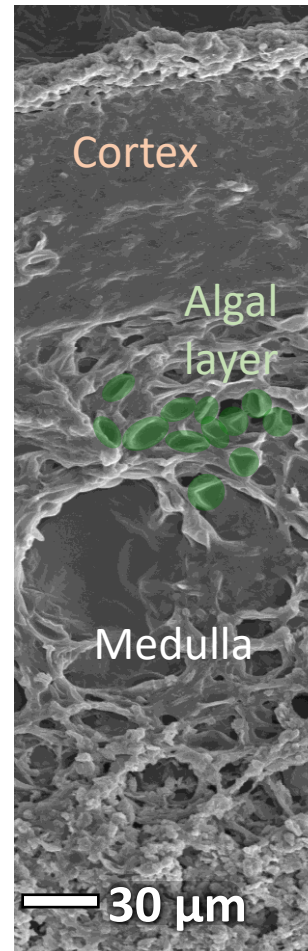
DLR (German Aerospace Center) in Cologne

Especificaciones técnicas:

- Hardware idéntico al de vuelo y un juego completo e idéntico de muestras de vuelo.
- Datos de la misión procedentes de la EEI (datos de temperatura, estado de la instalación, estado de la presión interna) / (RedShift, Bélgica; datos calculados de fluencia de radiación UV).
- **Duración:** agosto de 2014 - agosto de 2016.

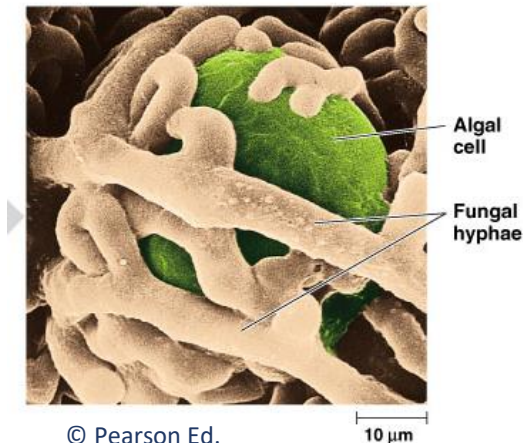


Circinaria gyrosa



Objectives:

1. Análisis Raman de la superficie de las muestras MGR (espacio y Marte): búsqueda de posibles signos de degradación de la superficie celular y de los pigmentos en contacto con minerales.
2. Análisis Raman de secciones transversales de las muestras MGR (espacio y Marte): búsqueda de biomarcadores y pigmentos en el interior (médula,



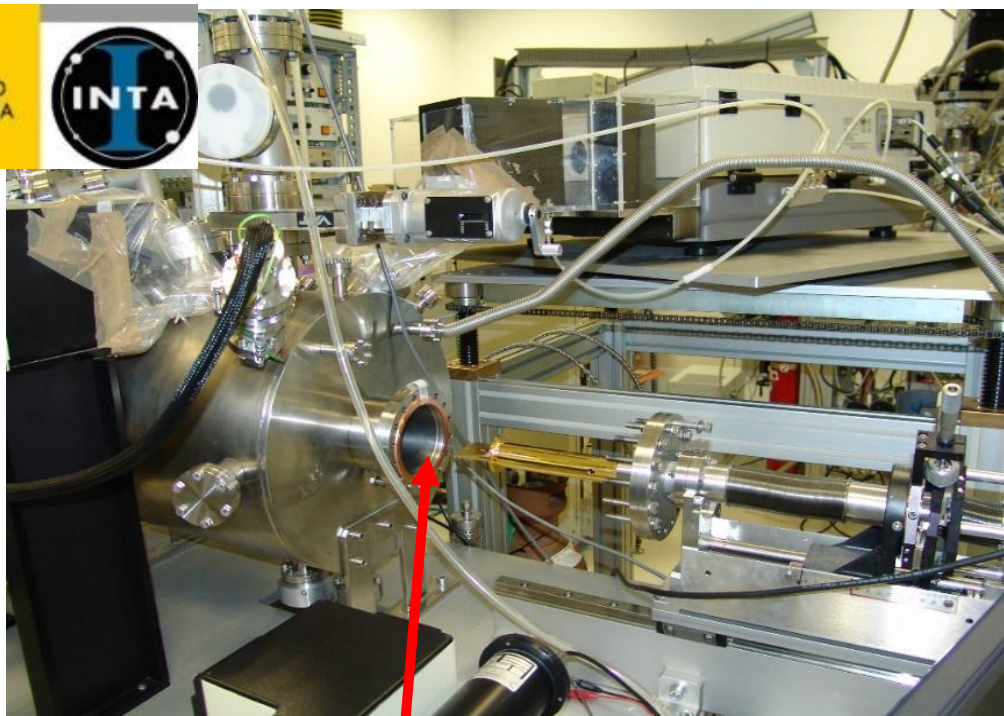
Lichen:

green

alga

+

fungus



Cámaras de simulación de atmósferas planetarias

Martian Atmosphere:

Mimicking the thin, 95% CO₂-rich atmosphere of Mars, 7 mBar pressure and and unique gaseous composition.

L-2 Dark control



L-1 R-UV

Extraterrestrial UV Radiation and Martian Atmosphere

Replicating the intense and unfiltered ultraviolet radiation present in space and on Mars surface (200-400 nm) without without protection

Laboratory Control: 1 set of 3 samples

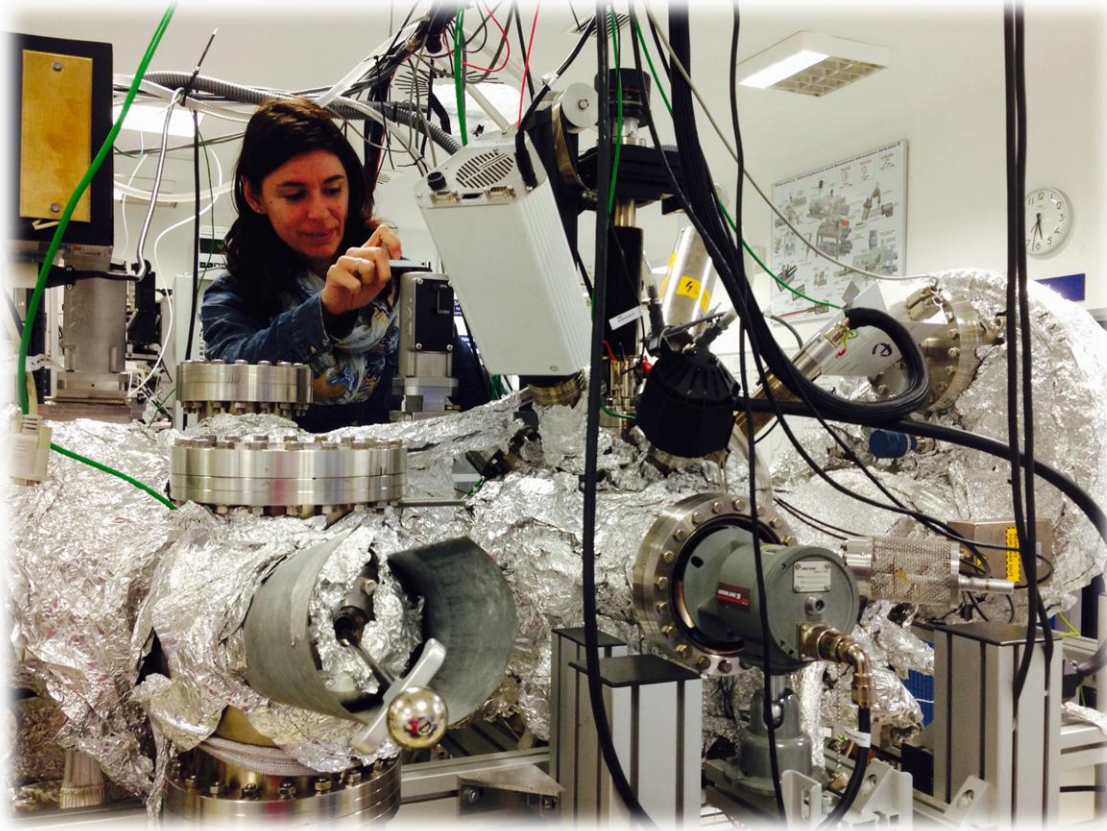
Preserved at standard environmental conditions.
Study of the synergistic impacts of both Mars parameters on parameters on biological samples.

La cámara de vacío simula las condiciones de la atmósfera marciana (CAB)

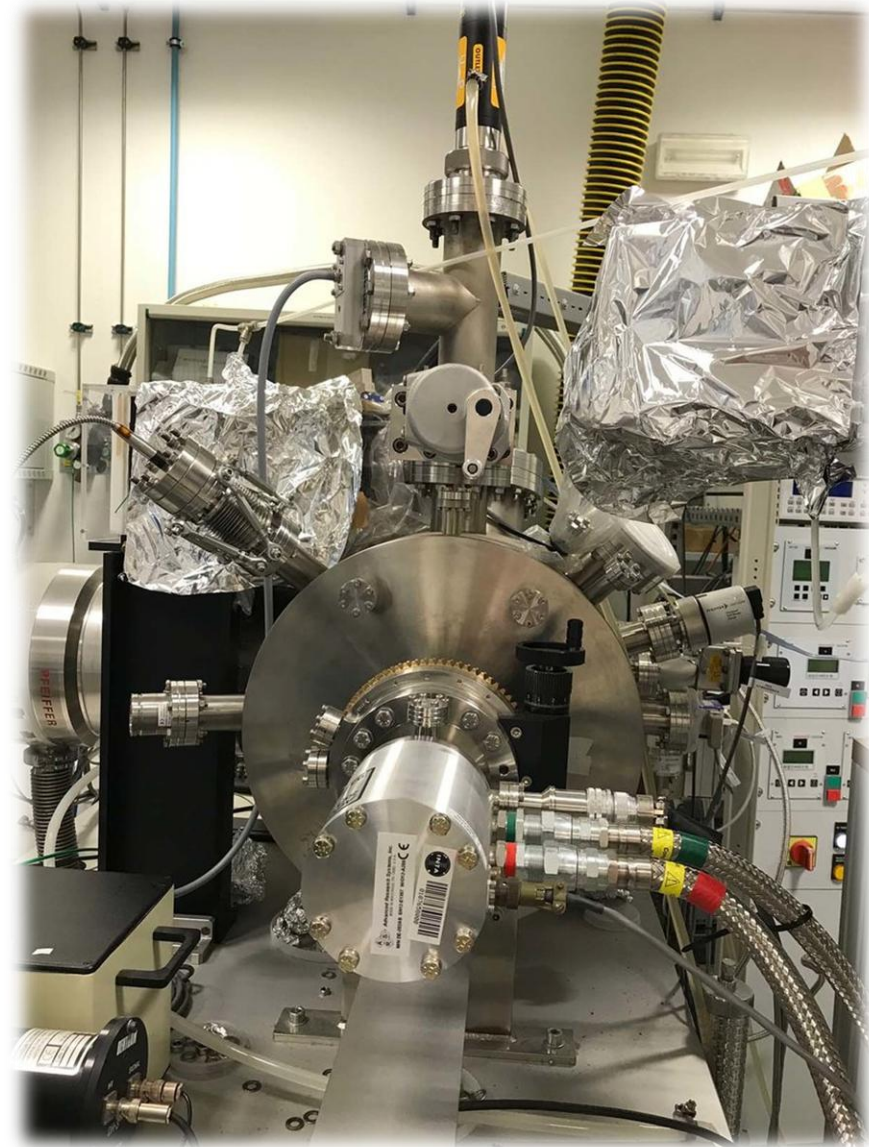
Laboratorios terrestres



CENTRO DE ASTROBIOLOGÍA · CAB
ASOCIADO AL NASA ASTROBIOLOGY PROGRAM



IP: Eva Mateo Martí (CAB)



La cámara de vacío de atmósfera marciana (UMA-LASERLAB)

Laboratorios terrestres

Con doce metros de longitud y dos de diámetro, se trata de una de las infraestructuras de experimentación planetaria más grandes del mundo (UMA-LASERLAB).

IP inicial: Javier Laserna

IP actual: José Miguel Vadillo.



MARS 2020: PERSEVERANCE



Mastcam-Z
Zoomable Panoramic Cameras

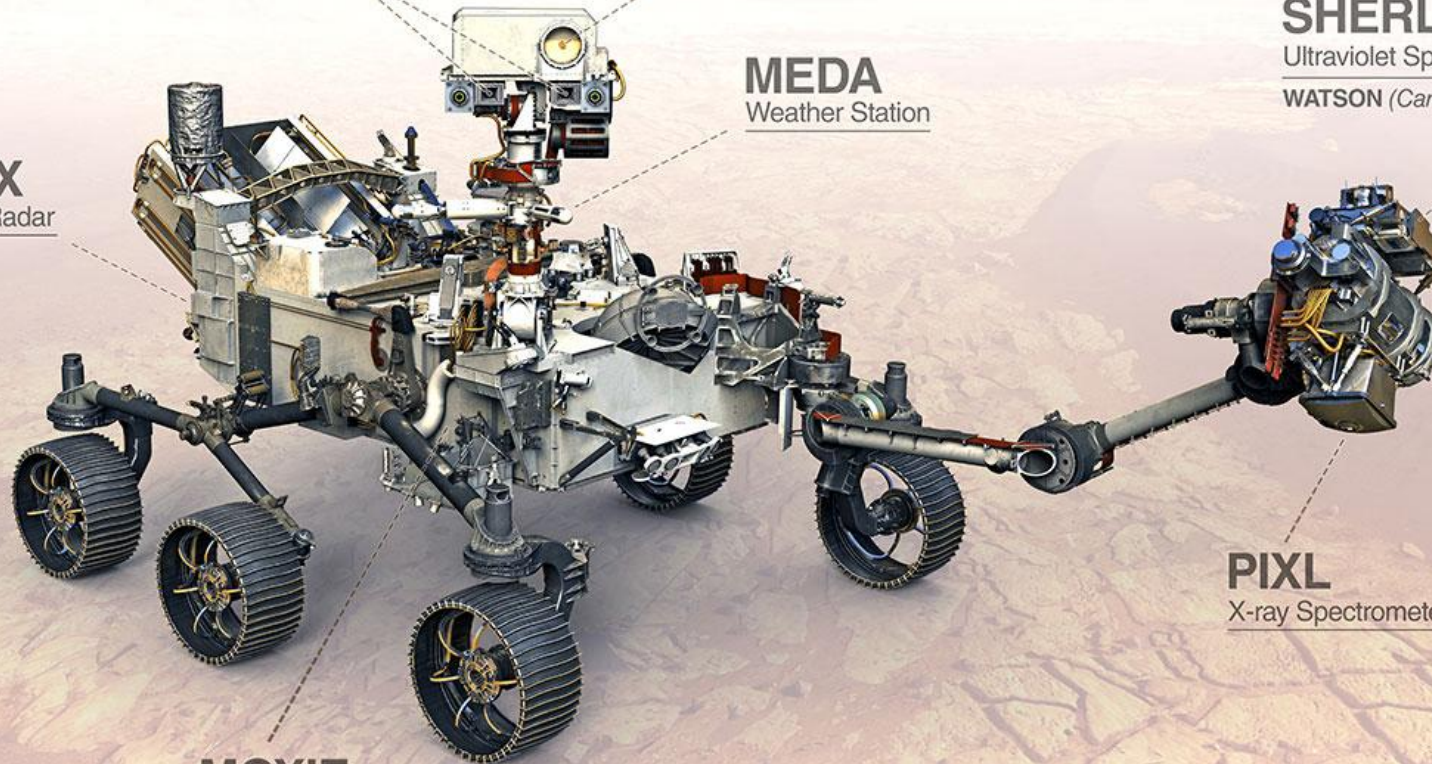
SuperCam
Laser Micro-Imager



SHERLOC
Ultraviolet Spectrometer
WATSON (Camera)

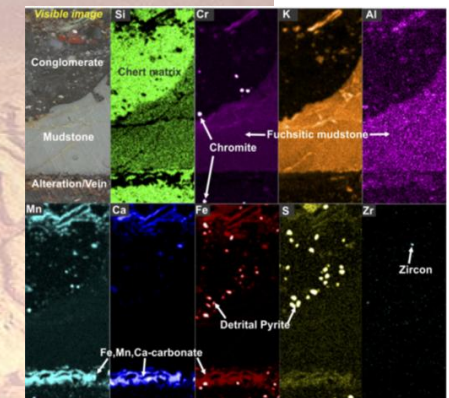
MEDA
Weather Station

RIMFAX
Subsurface Radar



PIXL
X-ray Spectrometer

MOXIE
Produces Oxygen from Martian CO₂



SHERLOC & WATSON



WATSON: Wide Angle Topographic Sensor for Operations and engineering

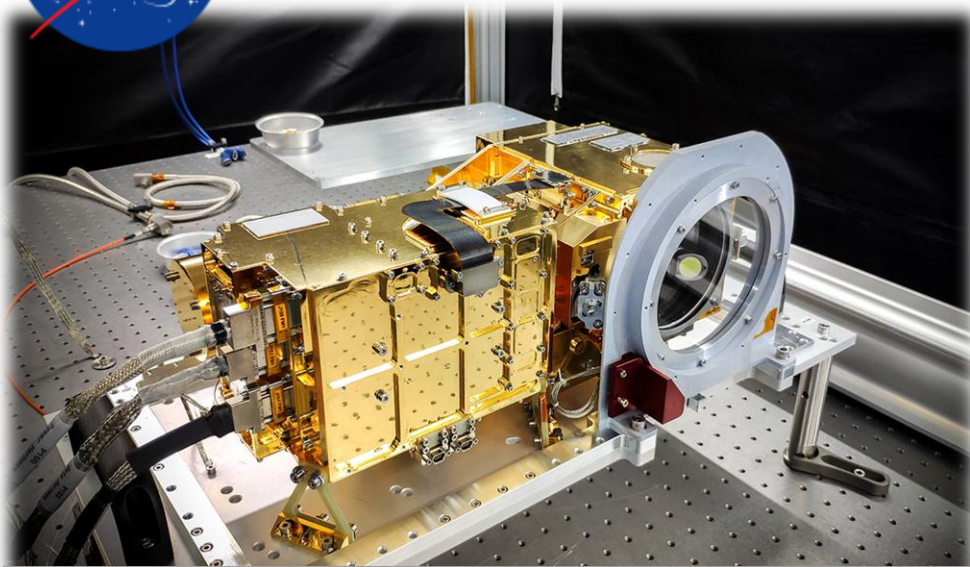
SHERLOC: Scanning Habitable Environments with Raman & Luminescence for Organics & Chemicals

SHERLOC tiene un láser para obtener imágenes Raman que se superponen en las que ha tomado la cámara **WATSON**.

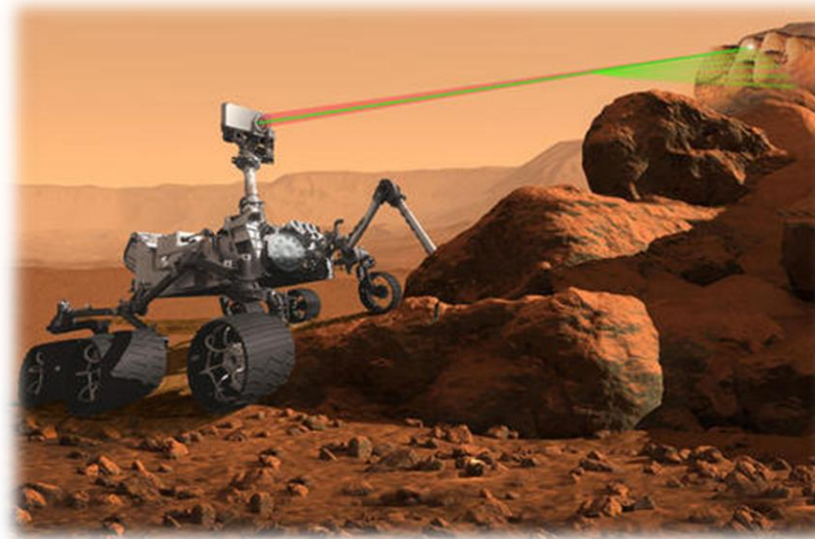
OBJETIVOS: evaluar el historial acuoso pasado, detectar la presencia y preservación de biofirmas potenciales y respaldar la selección de muestras de retorno.



SuperCam

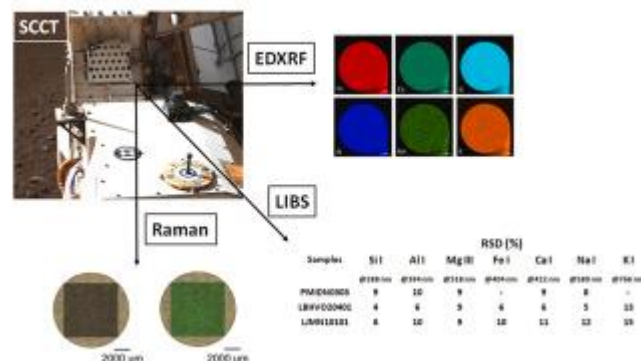


Objetivo: Puede identificar sustancias químicas que podrían suponer una evidencia de vida pasada en Marte.



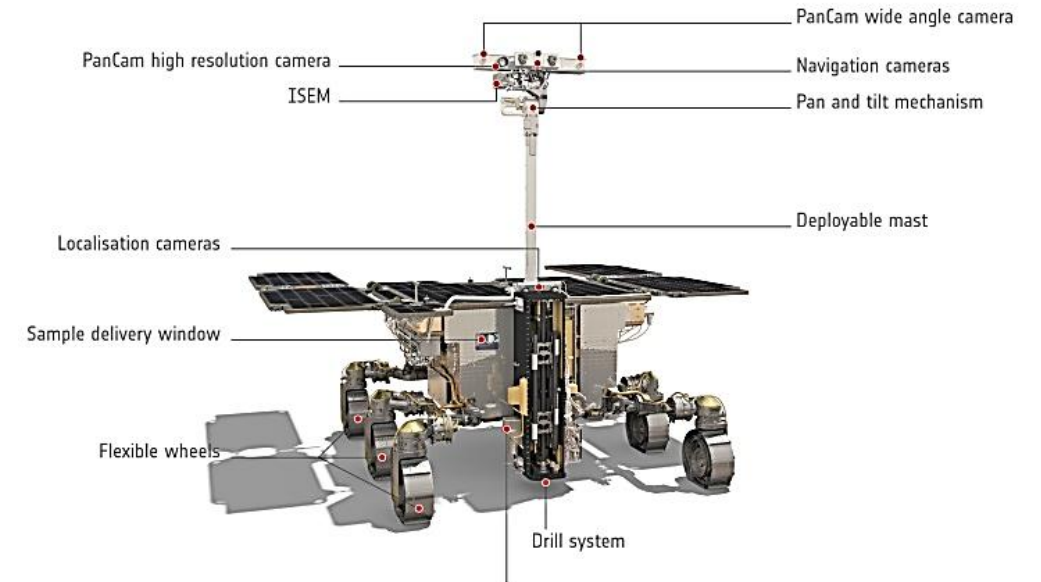
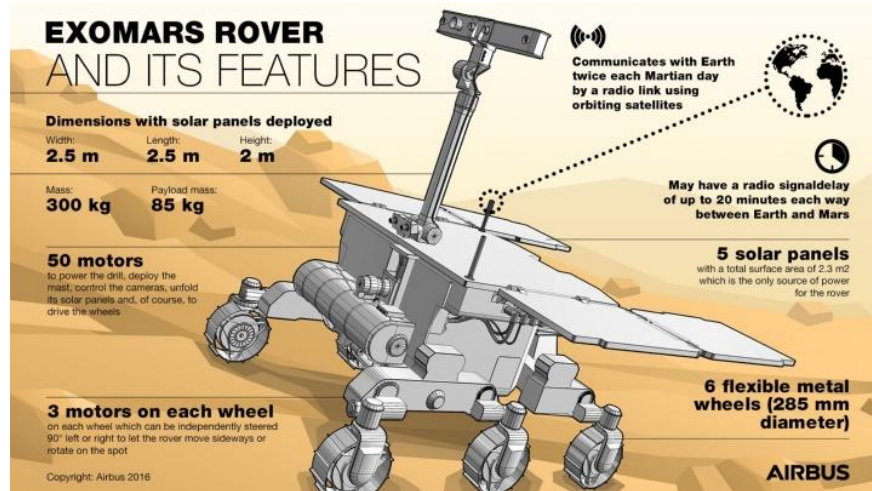
- **LIBS:** Laser Induced Breakdown Spectroscopy (Laser: 1064 nm – 7m)
- **Raman spectroscopy** (at 532 nm to investigate targets up to 12 m distance from the rover)
- **Time-Resolved Fluorescence** (TRF) spectroscopy
- **Visible and InfraRed (VISIR)** reflectance spectroscopy (400 – 900 nm, 1.3 – 2.6 μ m)

HOMOGENEITY ASSESSMENT OF THE SUPERCAM CALIBRATION TARGETS



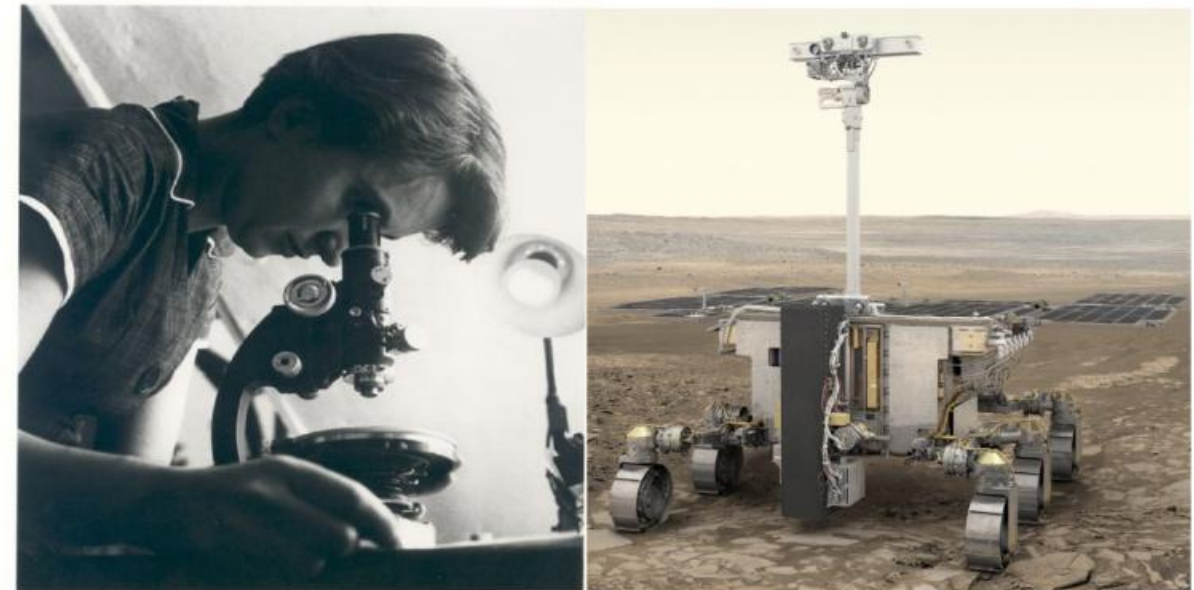
“Homogeneity assessment of the SuperCam calibration targets onboard rover perseverance” J.M. Madariaga et al.
Analytica Chimica Acta 1209, May 2022, 339837

EXOMARS: Rosalind Franklin rover – ¿2028?

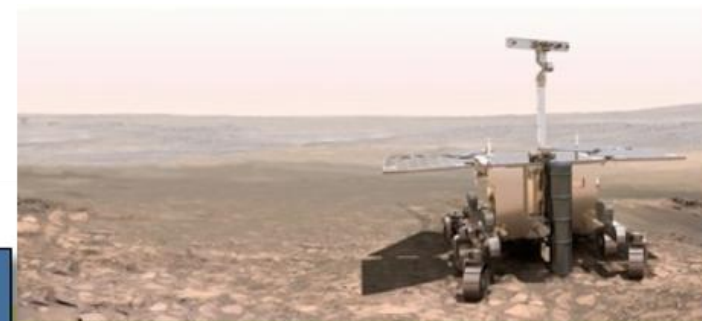


Capacidades clave de misión:

- Movilidad y análisis de superficie
- Perforación subterránea.
- Recolección de muestras, procesamiento y distribución a instrumentos.
- Instrumentos analíticos dedicados a la exobiología, geoquímica e investigación (Laboratorio Pasteur).



EXOMARS: Rosalind Franklin rover



 PanCam Wide-angle stereo camera pair High-resolution camera WAC: 35° FOV, HRC: 5° FOV	<i>Geological context</i> <i>Rover traverse planning</i> <i>Atmospheric studies</i>
 ISEM IR spectrometer on mast $\lambda = 1.15 - 3.3 \mu\text{m}$, 1° FOV	<i>Bulk mineralogy of outcrops</i> <i>Target selection</i>
 WISDOM Ground-penetrating radar 3 – 5-m penetration, 2-cm resolution	<i>Mapping of subsurface stratigraphy</i>
 ADRON Passive neutron detector	<i>Mapping of subsurface water and hydrated minerals</i>
 CLUPI Close-up imager 20- μm resolution at 50-cm distance, focus: 20 cm to ∞	<i>Geological deposition environment</i> <i>Microtexture of rocks</i> <i>Morphological biomarkers</i>


Drill + Ma_MISS
 IR borehole spectrometer
 $\lambda = 0.4 - 2.2 \mu\text{m}$

In-situ mineralogy information

Analytical Laboratory Drawer

 MicrOmega VIS + IR spectrometer $\lambda = 0.9 - 3.5 \mu\text{m}$, 256 x 256, 20- μm /pixel, 500 steps	<i>Mineralogy characterisation of crushed sample material</i> <i>Pointing for other instruments</i>
 RLS Raman spectrometer spectral shift range 200–3800 cm^{-1} , resolution $\leq 6 \text{ cm}^{-1}$	<i>Geochemical composition</i> <i>Detection of organic pigments</i>
   MOMA LDMS + Pyr-Dev GCMS Laser desorption extraction and mass spectroscopy Pyrolysis extraction in the presence of derivatisation agents, coupled with chiral gas chromatography, and mass spectroscopy	<i>Broad-range organic molecules with high sensitivity (ppb)</i> <i>Chirality determination</i>

**¡MUCHAS GRACIAS POR
VUESTRA ATENCIÓN!!!!**

