

DE LA FISICA A LA BIOLOGIA: UN RETO DEL SIGLO XXI

Luis Vázquez Martínez

Departamento de Matemática Aplicada

Facultad de Informática

Universidad Complutense de Madrid

28040-Madrid

Y

Centro de Astrobiología (CSIC-INTA)

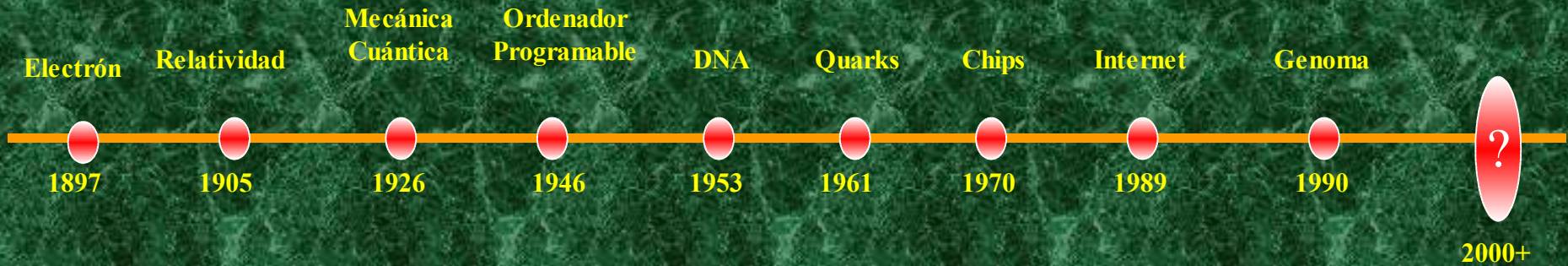
Asociado al NASA Astrobiology Institute

28850-Torrejón de Ardoz (Madrid)

www.cab.inta.es

lvazquez@fdi.ucm.es

vazquezl@inta.es



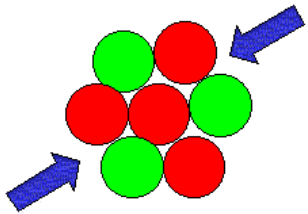
"La Investigación Básica es lo que hago cuando no conozco lo que estoy haciendo"
Werner Von Braun (Investigador Aplicado)

FISICA ⁽¹⁸⁰⁰⁾ → QUIMICA

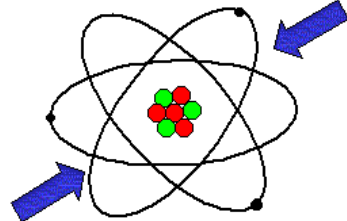
- Estaban ampliamente separadas.
- Métodos diferentes de investigación.
- Conceptos de Química no tenían contrapartida en Física: Valencia, Actividad, Solubilidad y Volatilidad (Carácter más cualitativo).
- Las leyes de de la Química no podían ser explicadas en el contexto de la Mecánica Newtoniana.
- Clasificación de los Elementos Químicos: Regularidad y Estabilidad.

MECANICA CUANTICA (1900-1930)

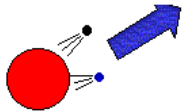
- Proporciona una descripción cuantitativa de las leyes de la Química.
- Los conceptos de Química son en parte complementarios de los mecánicos.
- La estabilidad de los elementos químicos se explica mediante los estados estacionarios cuánticos.



La interacción fuerte mantiene unido el núcleo



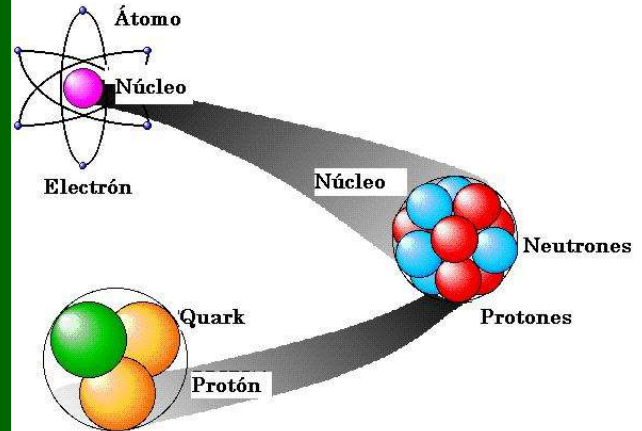
Las fuerzas electromagnéticas mantienen unido el átomo



La fuerza débil en la desintegración radiactiva



La fuerza gravitatoria mantiene unido el sistema solar



FISICA+QUIMICA⁽²⁰⁰⁰⁾ → BIOLOGIA

- La aplicación de la Física y la Química al estudio de los organismos vivos ha generado progresos en Biología.
- Los típicos conceptos biológicos son de carácter más cualitativo que los de la Física y Química.
- Conceptos como Vida, Función de un Órgano, Percepción no tienen contrapartida en Física y Química.
- Estudios a diferentes escalas espaciales:
 - (1) Sistema Solar → Molécula → Átomo → Núcleo → Partícula Elemental → Quark
 - (2) Ser Vivo → Célula → Núcleo → ADN

ORGANISMOS VIVOS

- Manifiestan grados relevantes de Estabilidad.
- **Estructuras Complejas** compuestas de diferentes tipos de moléculas.
- El Fenómeno Biológico no es completamente entendido en términos de las leyes de la Física y la Química.

LA VIDA

- **METABOLISMO:** Conversión de Energía.
- **REPRODUCCION:** Sistema de autorreplicación.
- **INFORMACION:** Transmisión y procesado de la Información. Generar “Orden” a costa de la Energía.
- **EVOLUCION:** Adaptación. Simbiosis. Parasitismo. Interacción con el Medio.
- **SE NECESITAN:**
 - (1) Elementos “Estructurales”: C, H, N, O, S, P, Fe, ...
 - (2) Energía, Agua.
 - (3) Zonas Habitables.

Contexto Conceptual

- Sistemas Complejos
- Sistemas Lineales, No Lineales y Caos
- ¿Cuál es el tamaño mínimo de un Ser Vivo?
 - Genoma mínimo

SISTEMAS COMPLEJOS

- Sistemas con muchos elementos que interaccionan entre ellos de muy diferentes formas tal que el sistema global resultante manifiesta PROPIEDADES COLECTIVAS EMERGENTES con características universales.
- Agregados de Materia, Energía e Información que manifiestan.
 - (1) Aprendizaje, Adaptación y Organización.
 - (2) Mutación y Evolución.
 - (3) Desarrollo de la Variedad.
 - (4) Exploración de Opciones.
 - (5) Reacciones frente al Control Externo y Vecinos.
 - (6) Replicación.
 - (7) Organización de Jerarquías de Estructuras de Orden Superior.

<i>Escalas de Tiempo</i>	<i>Tiempos de Movimientos Internos y sus Amplitudes</i>
Picosegundo	Movimientos ($\tau=10^{-12}$) y oscilaciones de átomos con amplitudes $A=10^{-1}$ Å
Nanosegundo	Movimientos limitados; oscilaciones de pequeños grupos de átomos: azúcar, fosfatos, bases; movimientos asociados al doblamiento y retorcimiento de la cadena doble con amplitudes del orden de $A=5-7$ Å
Microsegundo	Movimientos asociados a la doble hélice; movimientos de las bases del DNA
Milisegundo	Disociación de la doble hélice; cambio de la helicidad; rotación del conjunto
Segundo	Amplitudes del movimiento $A=23/\mu\text{m}$; isomerización, división de bacteria
<i>Escalas de Tiempo</i>	<i>Energía de activación: Fuentes de energía</i>
Picosegundo	$E=0,6$ kcal/mol; Fuente: energía térmica externa
Nanosegundo	$E=2-5$ kcal/mol; Fuente: colisiones con moléculas de la solución
Microsegundo	$E=5-20$ kcal/mol; Fuentes: cambios de pH, aumento de la temperatura, acción de agentes desnaturalizadores
Milisegundo	$E=10-50$ kcal/mol; Fuentes: interacciones con proteínas y otras componentes
Segundo	
<i>Escalas de Tiempo</i>	<i>Métodos Experimentales</i>
Picosegundo	NMR, IRS, espectroscopía Raman, rayos X
Nanosegundo	NMR, EPR, espectroscopía Raman fluorescente
Microsegundo	NMR, EPR, reacción óptica anisótropa
Milisegundo	NMR, intercambio de hidrógeno, reacción con formaldehído, dispersión cuasielástica de la luz, métodos hidrodinámicos
Segundo	
<i>Escalas de Tiempo</i>	<i>Métodos Teóricos</i>
Picosegundo	Análisis armónico, modelos discretos, métodos de dinámica molecular
Nanosegundo	Análisis armónico, modelos de barras, métodos de dinámica molecular
Microsegundo	Teoría de transiciones de hélice
Milisegundo	Métodos mecánicos y topológicos
Segundo	

ORGANISMOS VIVOS

MEDIO AMBIENTE

ESPECIES

ORGANISMOS

FISIOLOGÍA

CITOLOGÍA

REPLICACIÓN DE BIOMOLÉCULAS

TRANSCRIPCIÓN GENÉTICA

CICLOS BIOQUÍMICOS

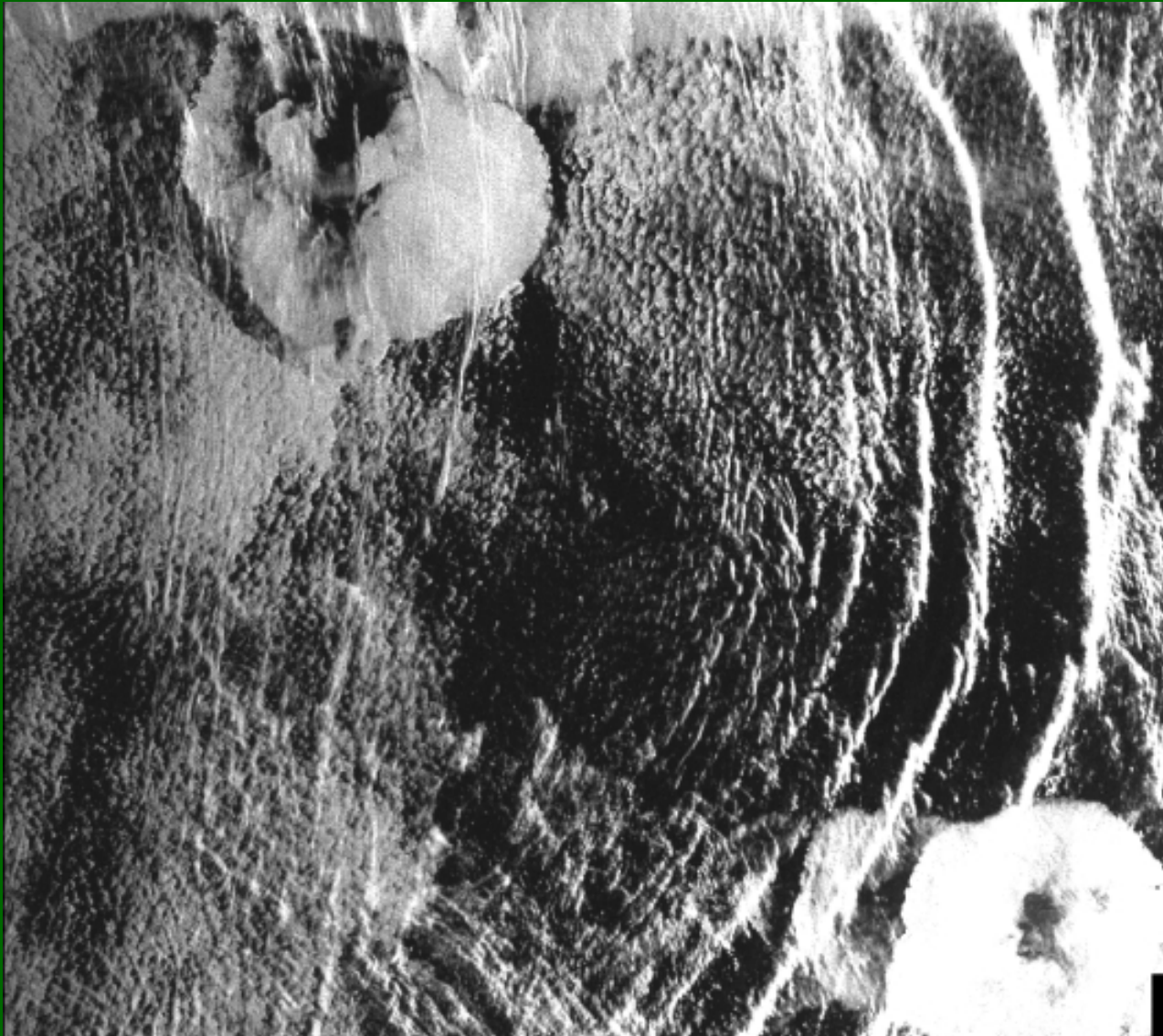
DINÁMICA BIOMOLECULAR

QUÍMICA

FÍSICA ATÓMICA



MANCHA ROJA de Júpiter. Observada desde el Siglo XVII, manifiesta una gran estabilidad en la atmósfera de Júpiter y su escala es 4×10^8 metros, aproximadamente la distancia entre la Tierra y la Luna.



ONDAS INTERNAS en el Mar de Andaman (Sumatra):
Anchura de 150 Km. Separadas 10^5 m y velocidad 2 m/s.

Sistemas Lineales, No Lineales y Caos

- **Sistemas Lineales:** “El conjunto es igual a suma de las partes”.
- **Sistemas No Lineales:** “El conjunto NO es igual a la suma de las partes”.
- **Caos:**
 - Fenómeno No Lineal
 - Sensibilidad a las condiciones iniciales
 - Henry Poincare (1900)
 - Computación (1960)
- Ecuaciones básicas no son conocidas. Bancos de Datos.

Enrico Fermi. John Pasta. Stan Ulam
Tech. Rep. LA-1940 (1955)

$$\frac{d^2 x_i}{dt^2} = (x_{i+1} + x_{i-1} - 2x_i) + \alpha ((x_{i+1} - x_i)^2 - (x_i - x_{i-1})^2)$$

- Estudio del comportamiento de $i = 64$ partículas.



- Actualmente se pueden estudiar sistemas de 10^9 partículas.
- Modelos de nuevos materiales, diferentes modelos biológicos (ADN), ...

Herramientas

- Supercomputación
- Grid
- Comunicaciones
- Astrobiología
- Misiones Antártida
- Misiones Espaciales

Supercomputación

- “Término flotante”
 - Tecnología asociada en constante evolución
- PC actual de 1000 Euros más potente que CDC-7600 de \$10 Millones de hace 20 años
- Situación similar a CRIPTOGRAFIA
 - “Invulnerable con tecnología presente”
 - 1970 – DES (Clave Simétrica)
 - Ahora:
 - RSA (Clave Asimétrica)
 - 3-DES (Clave Simétrica)

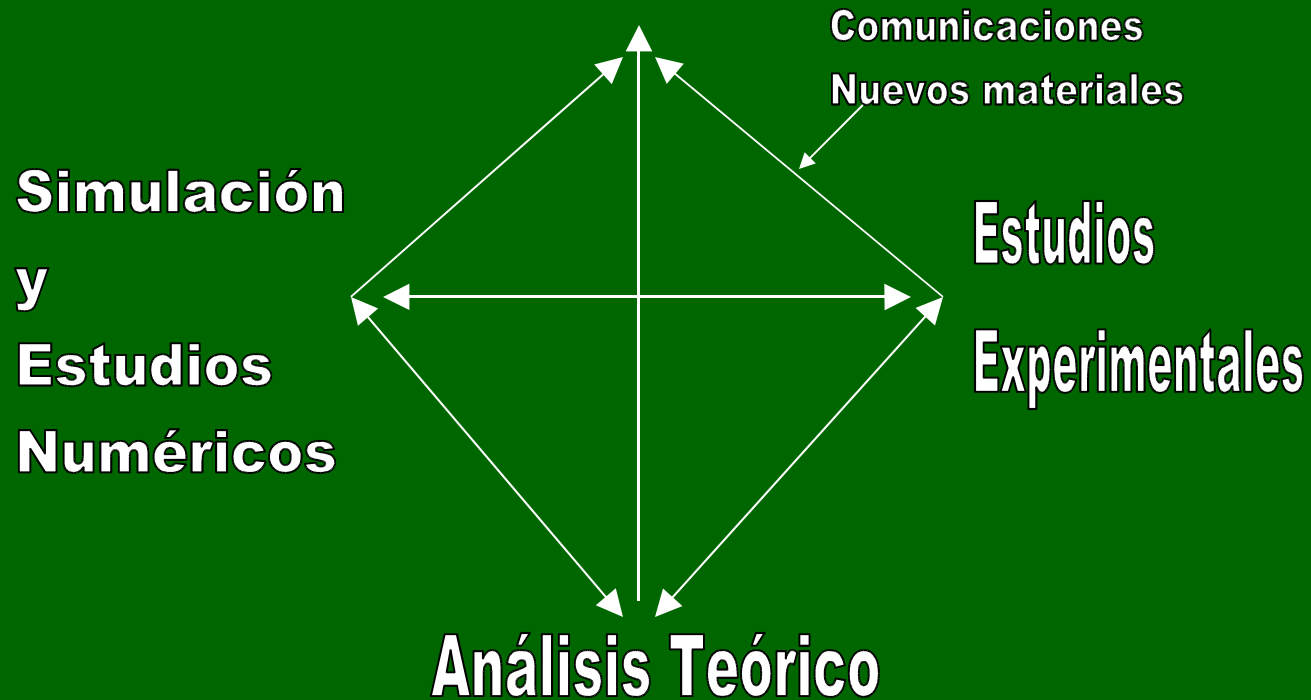
Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación

- Transportar ideas, conceptos e información a grandes velocidades
- Silicon Valley (USA)
- Nuevos instrumentos para todos los sectores económicos
- Nuevas posibilidades para la organización económica

La Revolución Industrial

- Desplazar grandes masas
- Manchester (Inglaterra), Detroit (USA)
- Se generan sectores dominantes de la economía:
 - Ferrocarriles (1870)
 - Compuestos orgánicos (1890)
 - Producción en cadena del automóvil (1920)
 - Televisión (1950)
 - Transporte aéreo (1960)

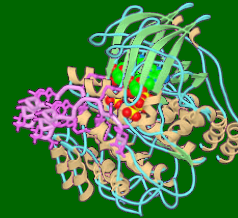
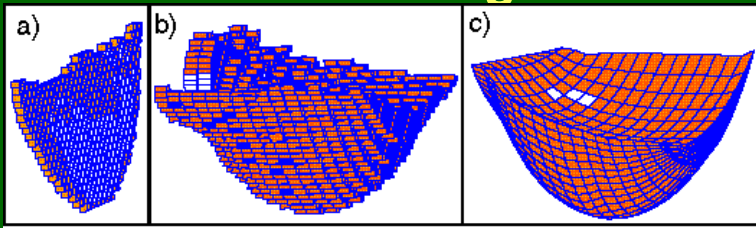
Estudio y Solución de Problemas en Tiempo Real



Aplicaciones en Biomedicina y Biotecnología

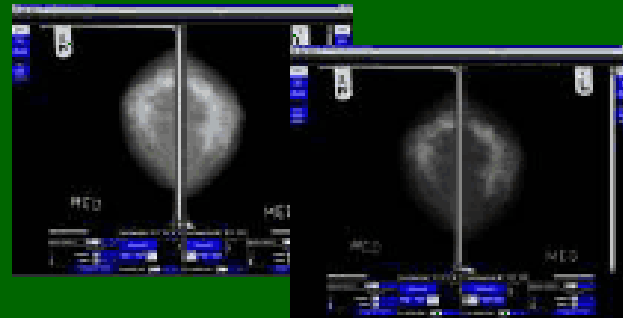
Simulaciones de fármacos contra el SIDA, Anthrax...

Tratamiento de imágenes



Acceso a bases de datos distribuidas para realizar el mejor diagnóstico

Comparación de secuencias



Visualización

Telemedicina

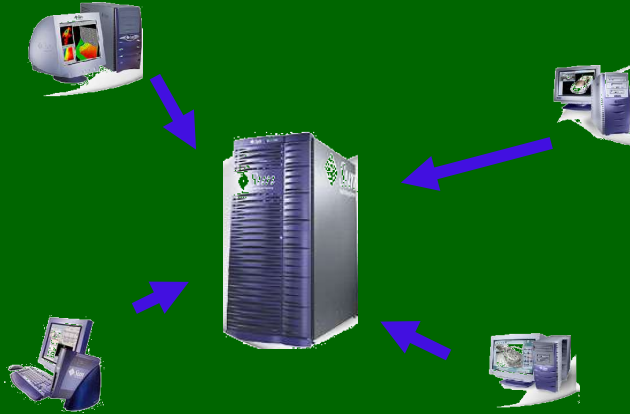
Entornos de colaboración



Limitaciones de la Plataforma Actual

Solución clásica

- Computación centralizada basada en servidor



Problemas de la supercomputación basada en servidor

- Falta de escalabilidad
- Equipos muy caros
- Mantenimiento muy caro
- Una vez adquiridos pasan mucho tiempo desaprovechados
- Las demandas de cálculo son puntuales
- Problemas de fiabilidad

El Grid como Plataforma Futura

- ⇒ Nueva tecnología cuyo objetivo es la **compartición de recursos en Internet** de forma uniforme, transparente, segura, eficiente y fiable

- ⇒ Análoga a las **redes de suministro eléctrico**:
 - Ofrecen un único punto de acceso a un conjunto de recursos distribuidos geográficamente **en diferentes dominios de administración** (supercomputadores, clusters, almacenamiento, fuentes de información, instrumentos, personal, bases de datos...)

- ⇒ **La tecnología Grid es complementaria a las anteriores**
 - Permite interconectar recursos en diferentes dominios de administración respetando sus políticas internas de seguridad y su software de gestión de recursos en la Intranet
 - **Acceso a grandes bases de datos distribuidas, recursos de cálculo y visualización**

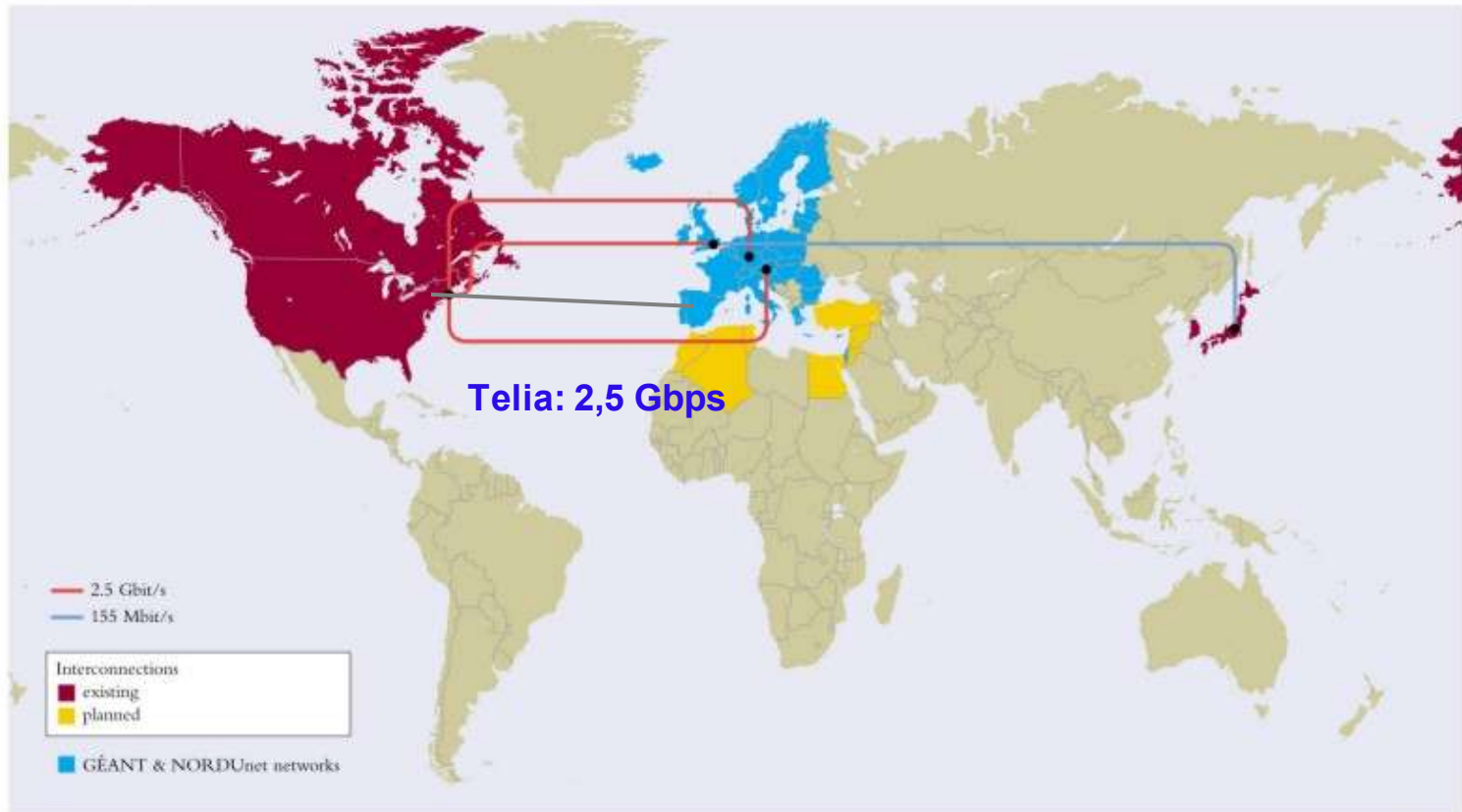
Relevancia

⇒ **Inversión EU FP6:** 300 millones de euros

⇒ **Empresas involucradas:** IBM, HP, Sun Microsystems...

El Papel de la Red de Comunicación en el Grid

Estados Unidos Geant



Multi-Gigabit pan-European Research Network
Global Connectivity August 2002

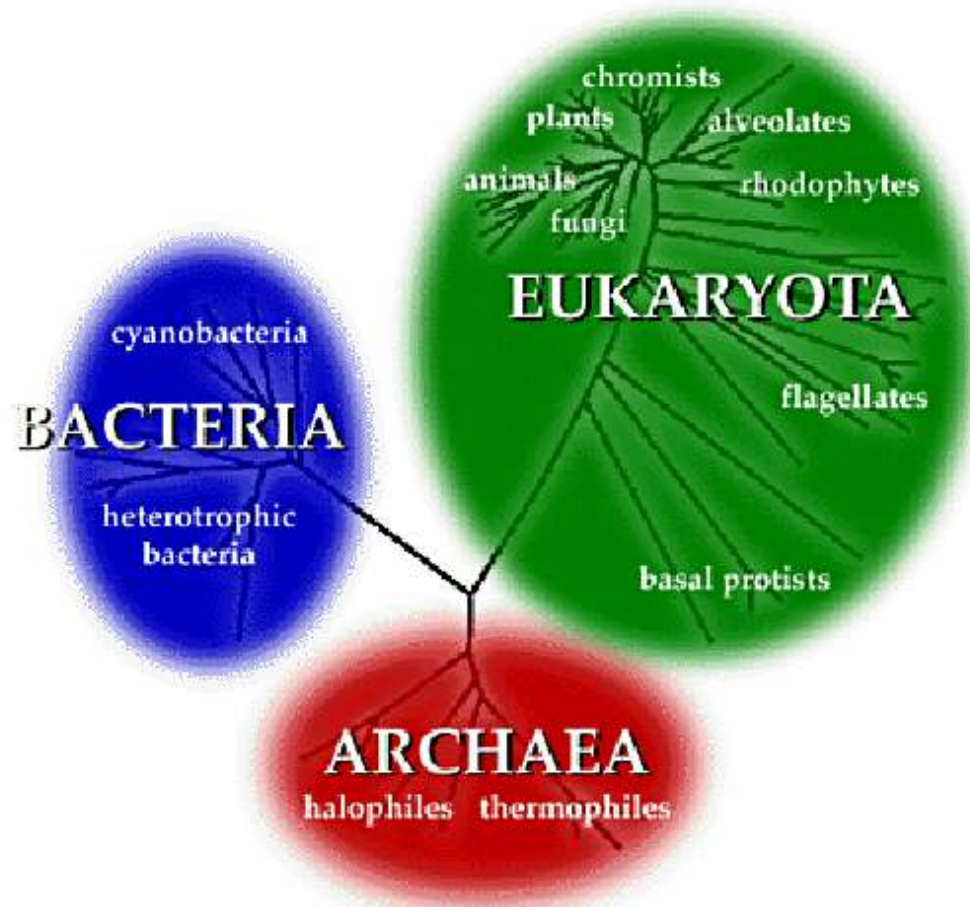


ASTROBIOLOGIA

- Se trata de una Ciencia Orientada a la Investigación sobre el Origen, Existencia, Evolución e Influencia de la Vida en el Universo.
- ¿Cómo surgió la Vida sobre la Tierra?
- ¿Existe o Existió Vida en otros lugares del Universo?
- Relación entre el origen de la Vida y la Evolución del Universo.
- “La búsqueda de la Vida en otros Mundos podría ser el nuevo elemento unificador para la Investigación Espacial” (Daniel Goldin, Ex-Director NASA).

RESULTADOS RECIENTES

- Nuevos Sistema Planetarios.
- Moléculas Complejas en Medios Interestelares: Aminoácidos, Fullerenos,...
- Agua en el Universo
- La Vida en el Extremo: Río Tinto, Antártida, Desierto de Atacama (Chile), Fondos Oceánicos,...
- Meteoritos: ALH84001



LUCA?



CENTRO DE ASTROBIOLOGÍA



ASOCIADO AL NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE 

<http://www.cab.inta.es>

CENTRO DE ASTROBIOLOGÍA
ASOCIADO AL NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE





Ames Research Center



Marine Biological Lab



Penn. State Univ.

Arizona State University



Scripps Research Inst.

Carnegie Institution



Univ. Colorado.

Harvard University

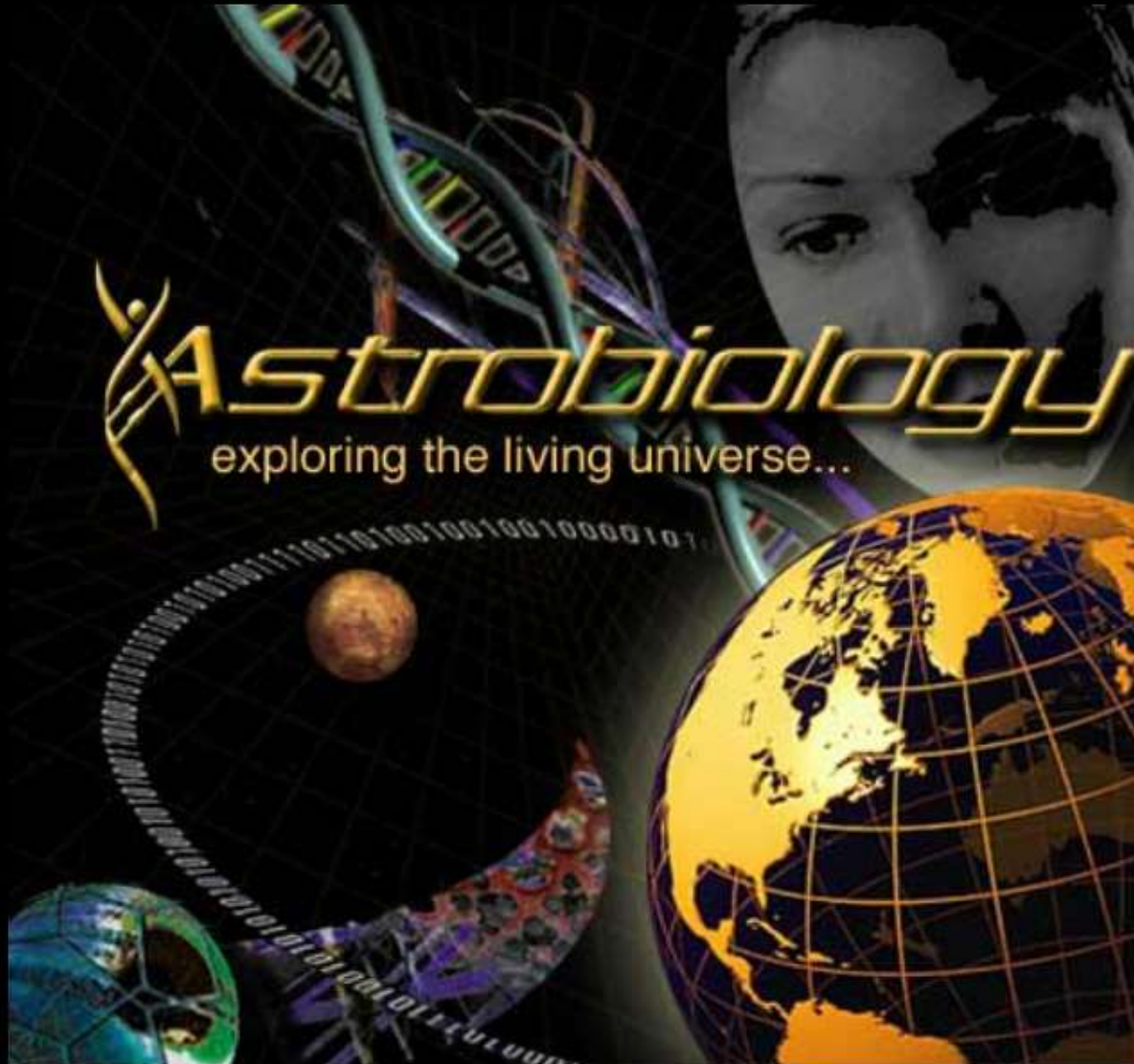


Univ. California.

Jet propulsion Lab



Jonson Space Center



Centro de Astrobiología



NAI International Partners



Centro de Astrobiología

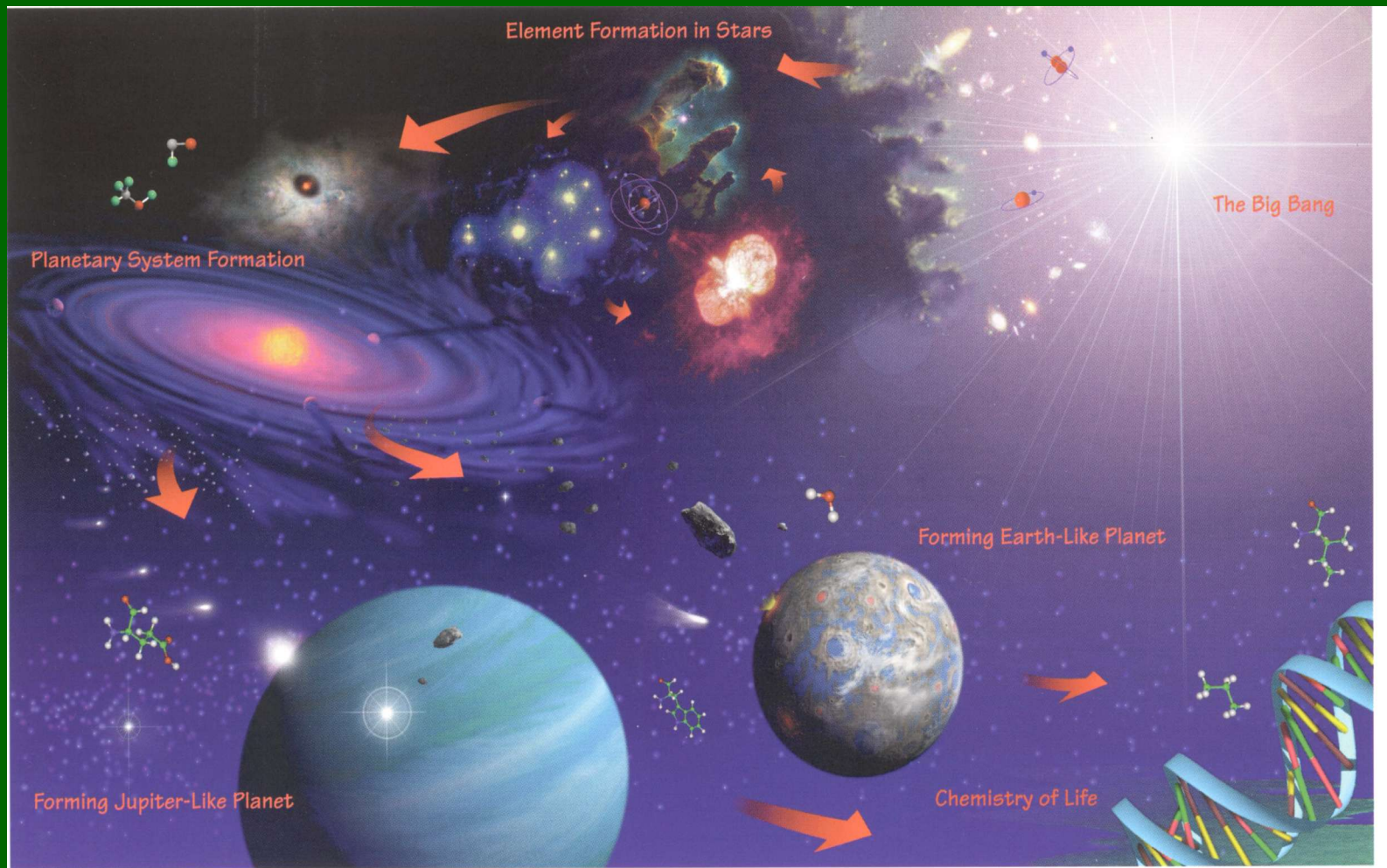


**United Kingdom Astrobiology
Forum and Network**

**The European Exo/Astrobiology
Network Association**

**GDR
Exobiologie**

La Vida es consecuencia de la evolución del Universo





Proyecto Río Tinto/Extremofilia



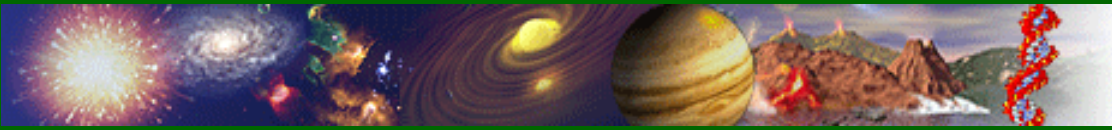
CENTRO DE ASTROBIOLOGÍA
ASOCIADO AL MASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE



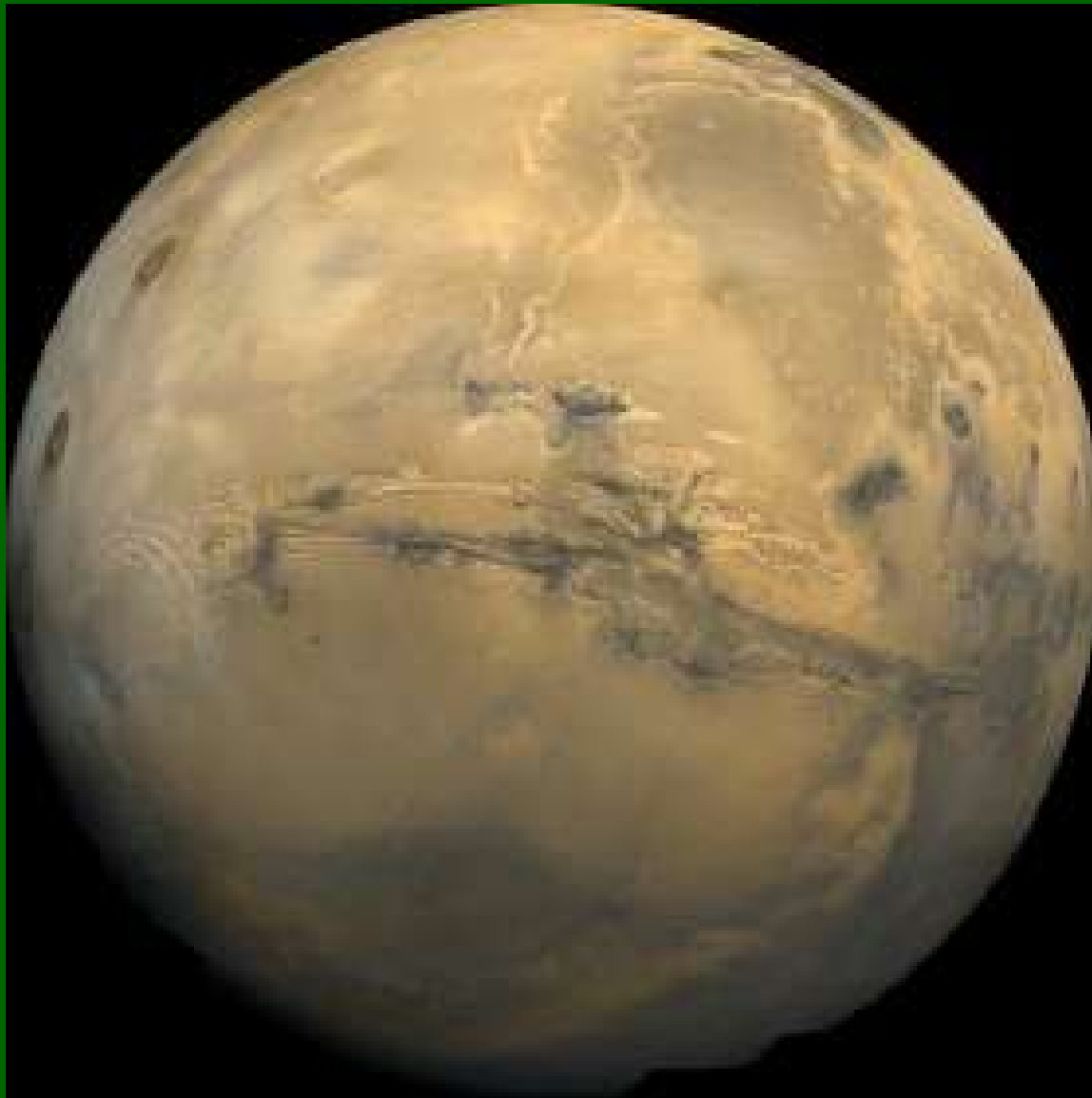
USHUAIA
fin del mundo

CAMARA DE TURISMO
DE USHUAIA





CENTRO DE ASTROBIOLOGÍA



MARTE

**EL GRAN OBJETIVO
DE LA EXPLORACION
PLANETARIA**



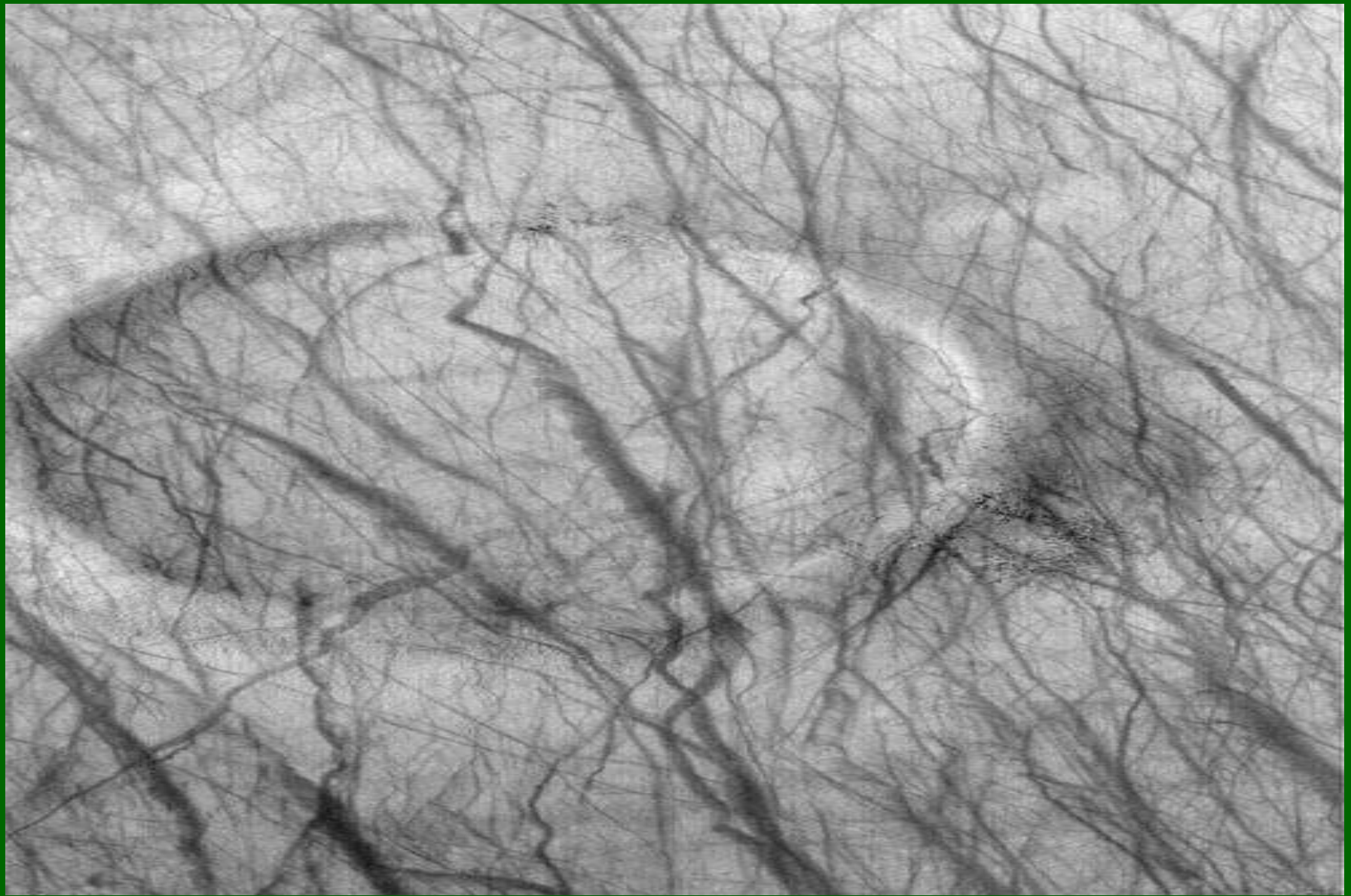
Exploración de Marte

- Parte de un objetivo científico de largo alcance para entender la formación e historia del Sistema Solar
- Comunidad Científica Internacional:
 - Colaboración de científicos e ingenieros
 - Arrastre científico y tecnológico
- Buscar evidencias de vida pasada o presente en Marte
 - Misión *Viking* (1976)
 - Meteorito marciano ALH 84001 (1984, 1996)
 - Desarrollo de la Astrobiología



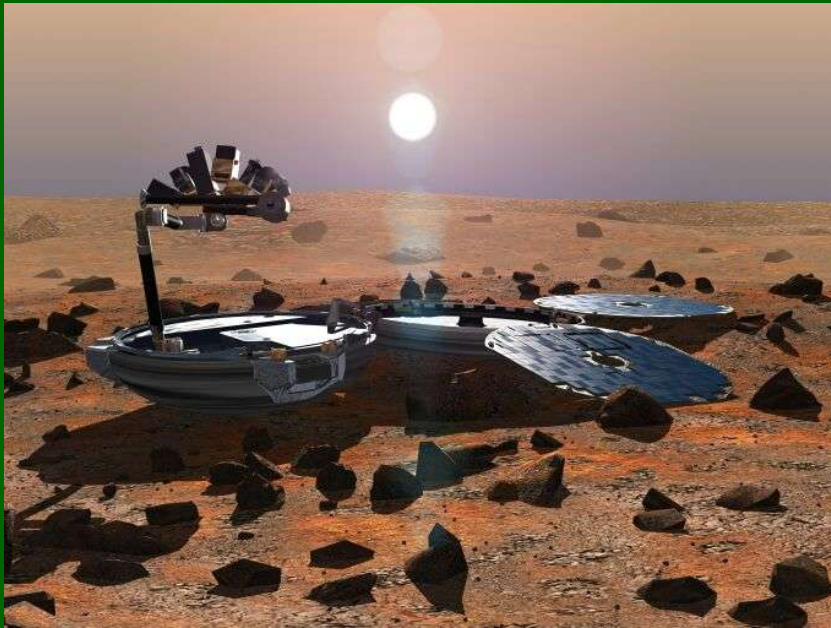
REMS: Rover Environmental Monitoring Station

- Incluido en el NASA 4/14 AO como contribución de España.
- Conjunto de cinco sensores: Temperatura, Humedad, Presión, Viento y Radiación Ultravioleta.
- Colaboración internacional: Finlandia, USA y España (CAB, UCM, UPM, UPC, CRISA y Sener).





MARS EXPRESS



Módulo de Superficie: Beagle 2



Módulo Orbital

INSTRUMENTACION

ENTORNO TERRESTRE

Efecto Protector de la Atmósfera y
Magnetosfera

MISION PLANETARIA

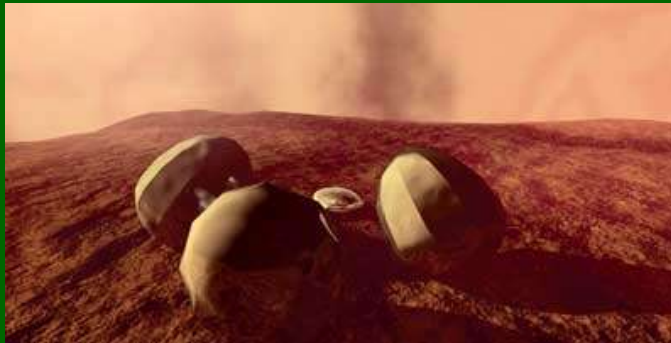
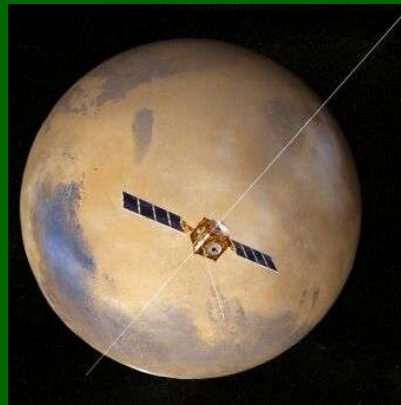
Efectos ausentes o muy débiles
Radiación Electromagnética (Sol)
Radiación Cósmica
Alto Vacío
Ausencia de Vapor de Agua
Microgravedad
Entorno “limpio”: ventajoso para
instrumentos ópticos
Efectos de Cargas en diferentes
fases.

INSTRUMENTOS ESPACIALES: RADIACION

- Efectos que degradan y dañan los componentes electrónicos o pueden causar un comportamiento anormal.
- Partículas de energía alta: errores en bits (Single Event Upset, SEU)
- Efecto “Cerrado de Golpe” (Latch Up): Una partícula pesada puede generar una corriente anormal en los semiconductores y destruir el componente si la corriente no está limitada.
- Dosis acumulativa de radiación cambia gradualmente las propiedades de los componentes electrónicos y se generan distorsiones de las señales de los sensores.



Exploración de Marte



1. Astrobiología en Marte

Comparación Tierra-Marte,
Agua, ¿Vida?,
Meteoritos, Vulcanismo,
Atmósfera

2. Sonda Mars Express

Instrumentación,
Comunicaciones, Energía,
Control Térmico

3. Beagle 2

Instrumentación, Zona de
Aterrizaje

4. Vehículo de lanzamiento



Comparación Tierra-Marte

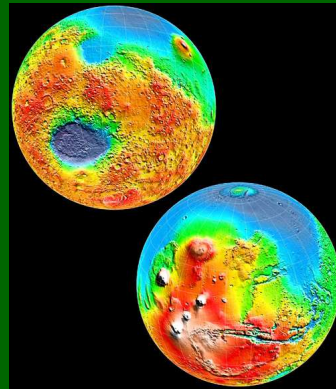
- Masa (Tierra = 1): 0,107
- Radio Ecuatorial (Tierra = 1): 0,532
- Densidad Media (g/cm³, Tierra = 1): 0,72
- Volumen (Tierra = 1): 0,15
- Día Marciano: 24 h 37 ' 22''
- Año Marciano: 687 días terrestres (23 meses terrestres)
- Satélites Marcianos: Fobos y Deimos
- Estaciones Marcianas: Sí
- Hemisferio Sur: Muchos cráteres
- Hemisferio Norte: Llanuras



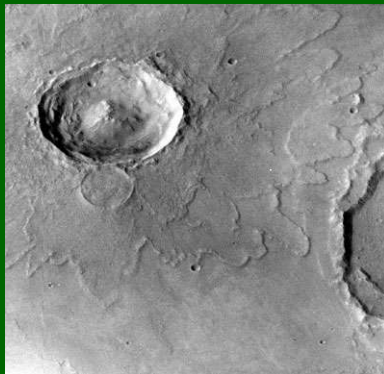


Agua en Marte

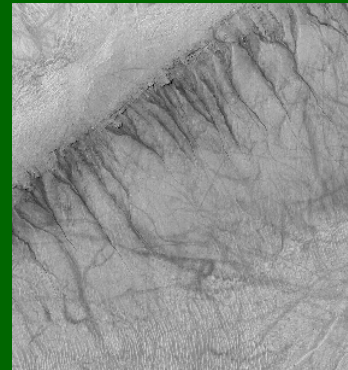
El hemisferio norte es plano y en promedio 6 km por debajo del nivel del sur. Probable existencia de un océano en el pasado.



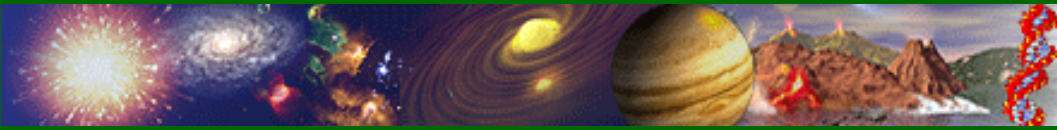
En el hemisferio sur, la presencia de canales sugiere procesos de erosión en los que pudo intervenir el agua.



Cráteres formados por el impacto de un objeto en un terreno mojado o helado.



Barrancos probablemente formados por corrientes de agua subterránea.



CENTRO DE ASTROBIOLOGÍA



¿Agua en el subsuelo Marciano?



¿Vida?

- La existencia de microorganismos en la superficie de Marte es poco probable debido a: la **ausencia de agua** y a los altos niveles de **radiación ultravioleta** procedente del Sol (Marte carece de una capa protectora de ozono como la Tierra).
- La vida, si existe, debe concentrarse bajo la superficie: en la **capa helada** bajo la superficie (permafrost) o en el **agua líquida** que podría existir a mayor profundidad.
- Para comprender las posibles formas de vida que pudieran existir en Marte, se estudian organismos terrestres que se desarrollan en condiciones extremas (extremófilos): emisiones volcánicas, la Antártida, salinas, el subsuelo. Las bacterias de Río Tinto son un ejemplo.



Meteoritos

- Mucha de la información que poseemos sobre la composición de Marte proviene de meteoritos.
- Sabemos que son de Marte porque la composición química de pequeñas burbujas de gas atrapadas en su interior coincide con la de la atmósfera marciana.
- Los meteoritos son de origen volcánico y se supone que fueron despedidos al espacio exterior en antiguas colisiones de asteroides.





Vulcanismo



- El monte Olimpo es el mayor volcán de todo el sistema solar (27 km de altura, 550 km de diámetro).
- Los volcanes se concentran en dos regiones del planeta: Tarsis y Eliseo.
- En la actualidad no existe actividad volcánica en Marte.



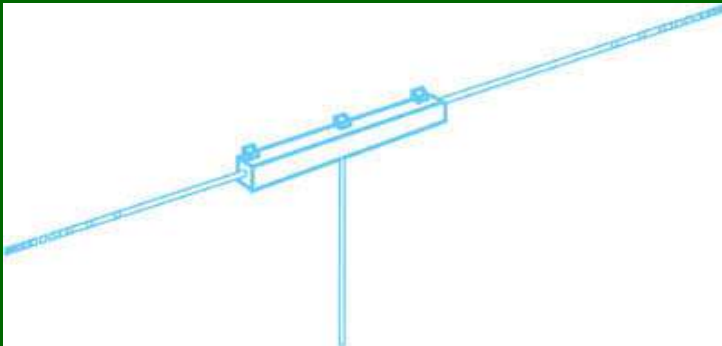
Atmósfera



- Presión atmosférica: 6,35 mbar (0,7% la de la Tierra).
- 95.3% dióxido de carbono, 2,7% nitrógeno, 1,6% argón, 0,1% oxígeno
- La atmósfera es en extremo oxidante, dando a Marte su color rojo característico.
- Por ser la atmósfera tan tenue, puede existir una diferencia de temperatura de hasta 15°C entre el suelo y 1 m de altura.
- Son frecuentes las tormentas de polvo a gran escala.

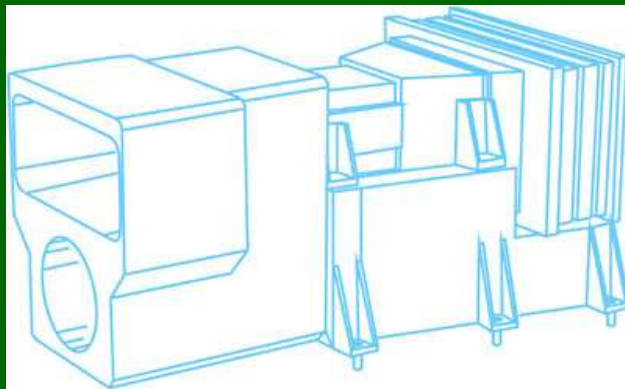


Mars Express: Instrumentación



MARSIS (Sub-Surface Sounding Radar Altimeter)

Consta de una antena que enviará ondas de radio de baja frecuencia capaces de penetrar en el subsuelo de Marte antes de ser reflejadas. Será posible determinar el espesor de la capa de permafrost.

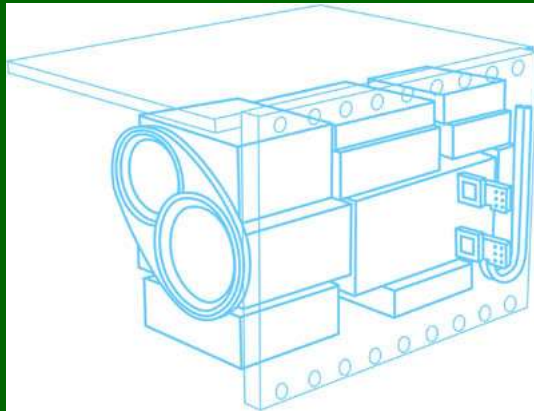


HRSC (High Resolution Stereo Camera)

Tomará imágenes 3D de la topografía del planeta, con una resolución de 10 m.

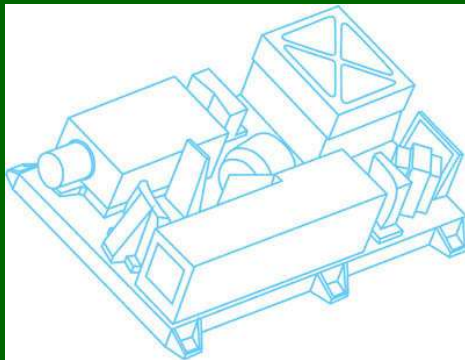


Mars Express: Instrumentación



OMEGA (Visible and Infrared Mineralogical Mapping Spectrometer)

Informará sobre la composición mineral del planeta a partir de la luz visible e infrarroja reflejada por su superficie. Se desea conocer el contenido en hierro de las rocas.

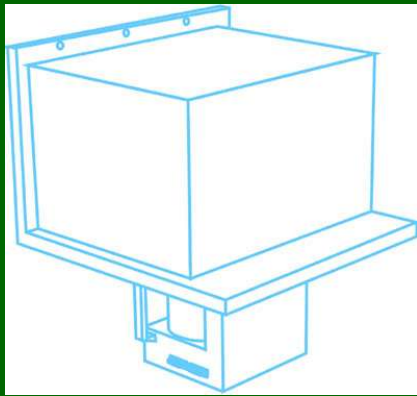


SPICAM (Ultraviolet and Infrared Atmospheric Spectrometer)

Determinará la composición de la atmósfera a partir del espectro de absorción. El detector de luz ultravioleta medirá el ozono, mientras que el de infrarrojo el contenido en vapor de agua.

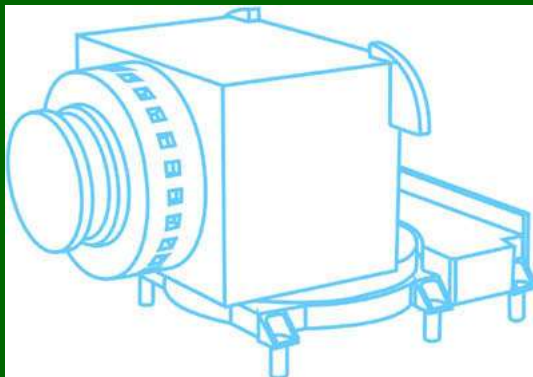


Mars Express: Instrumentación



PFS (Planetary Fourier Spectrometer)

Medirá la variación con la altura de presión atmosférica y su perfil de temperaturas.



ASPERA (Energetic Neutral Atoms Analyzer)

Determinará el efecto del viento solar sobre las capas altas de la atmósfera. Se espera obtener información sobre como Marte pudo perder gran parte de su atmósfera en el pasado.



Comunicaciones



- Los datos recopilados por la Mars Express se transmiten a un ritmo de 230 kbps a la estación de seguimiento en Perth (Australia).
- Desde Perth se reenvían al centro de operaciones en Darmstadt (Alemania) donde se retransmiten a los científicos responsables de su procesamiento.
- Los datos ya procesados se envían a ESTEC en Noordwijk (Holanda) para ser almacenarlos en una base de datos pública.



Energía



- El suministro de energía eléctrica de la Mars Express es a través de paneles solares, los cuales se desplegaron poco después del lanzamiento.
- Una batería de litio se encargará del suministro eléctrico, cuando la presencia de Marte impida que la radiación solar llegue a los paneles.



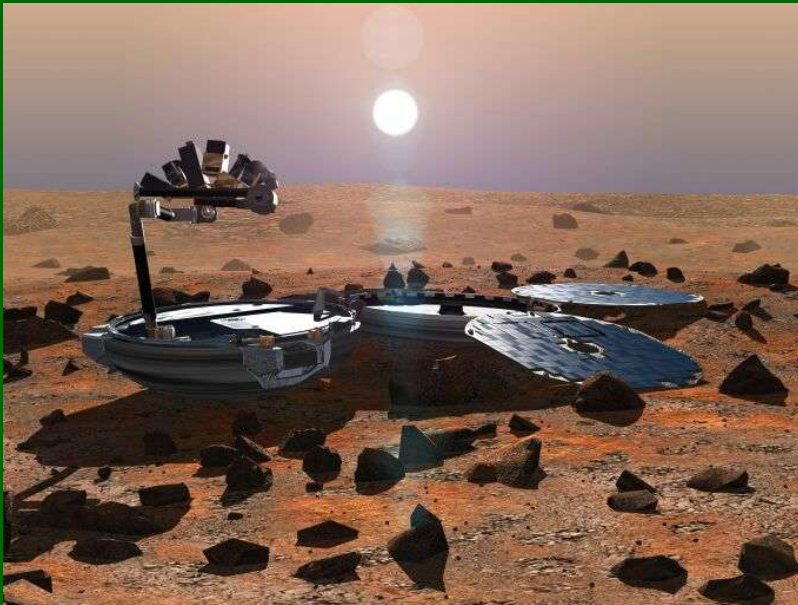
Control Térmico



- Dos de los instrumentos, PFS y OMEGA, al poseer detectores de infrarrojo, deben permanecer a muy bajas temperaturas (-180°C)
- La temperatura de operación del resto de instrumentos es $10-20^{\circ}\text{C}$. Puesto que la temperatura del espacio exterior es de -270°C , se han adaptado calentadores al interior de la sonda espacial.



Beagle 2: Instrumentación



- **Analizador de gases.** Buscará vida pasada o presente. Cuenta con un espectrómetro de masas que medirá la relación entre C-12 y C-13.
- **Detectores ambientales.** Medirán diferentes aspectos del medio marciano: presión atmosférica, temperatura del aire, velocidad del viento y dirección, y radiación UV.



Beagle 2: Instrumentación



- **Dos cámaras estéreo.** Darán una visión 3D de los alrededores y servirán para guiar los instrumentos.
- **Microscopio.** Visualizará detalles hasta la micra. Informará sobre la estructura de la roca, sobre si es sedimentaria o volcánica.



Beagle 2: Instrumentación



- **El espectrómetro Mössbauer.** Se empleará para determinar la naturaleza del agente oxidante presente en la atmósfera. Para ello se irradiarán las rocas con radiación gamma procedente de una fuente de Co-57.
- **Espectrómetro de rayos X.** Medirá la composición de las rocas bombardeando su superficie con rayos X procedentes de fuentes radiactivas de Fe-55 y Cd-109.



Beagle 2: Instrumentación

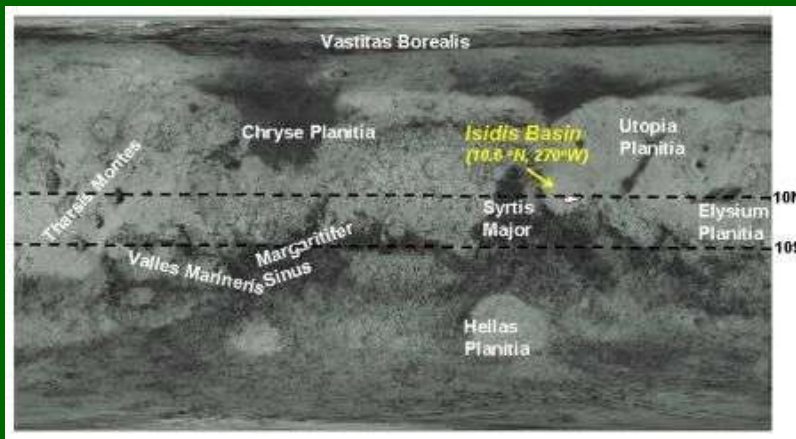


- **El topo.** Excavará varios metros bajo la superficie, a una velocidad de 1 cm cada 6 segundos y recogerá muestras bajo tierra.
- **Taladrador.** Provisto de una broca podrá posicionarse sobre cualquier objeto para su perforación.



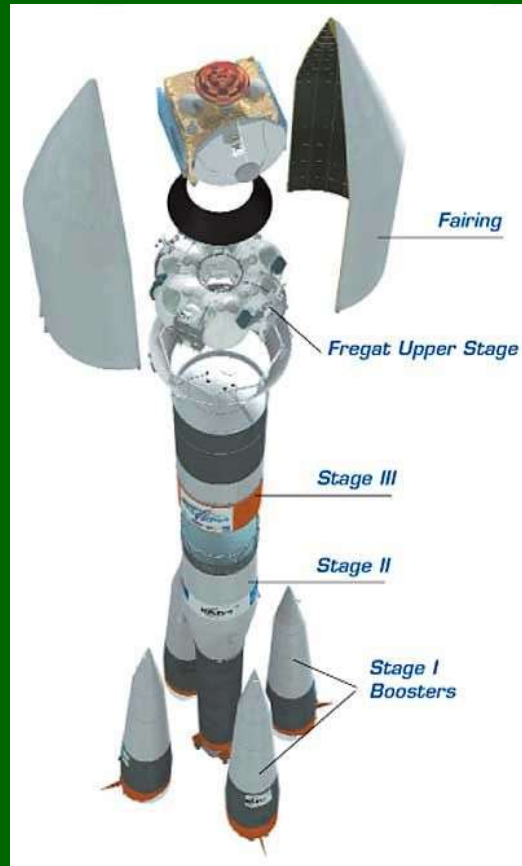
Zona de aterrizaje

- Amartizaje previsto en la llanura de Isidis, a medio camino entre las llanuras del hemisferio norte y las tierras altas del hemisferio sur. En un lugar donde podrían existir trazas de vida.
- El lugar no es demasiado rocoso para permitir un aterrizaje seguro, pero con rocas suficientes para ser de interés desde el punto de vista experimental





Vehículo de lanzamiento



Soyuz es un vehículo de lanzamiento de cuatro etapas. En la primera etapa se activan 4 cohetes, en la segunda y tercera un cohete central. La cuarta etapa ha sido diseñada para llevar la sonda espacial Mars Express a la órbita de escape deseada.



Misiones a Marte (I)

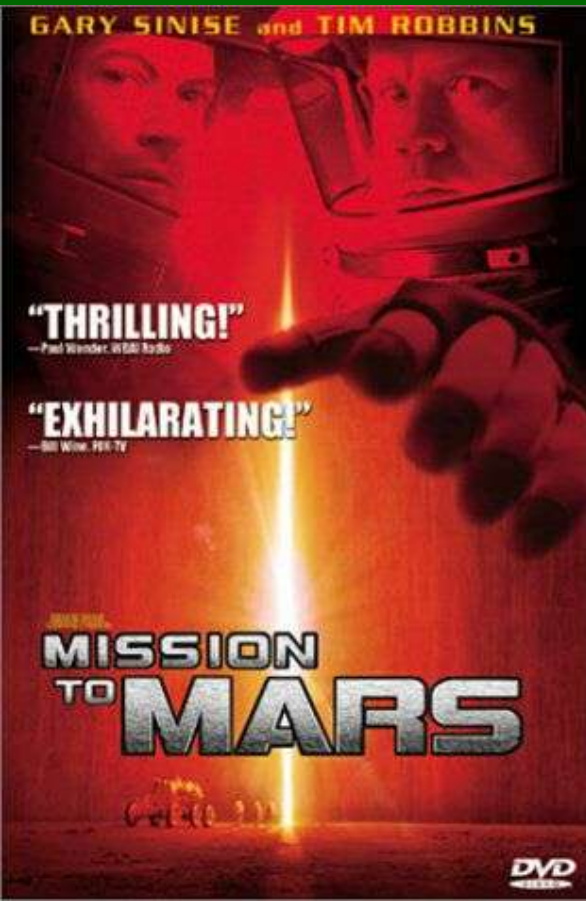
Name	Country	Launch	Outcome
Unnamed	USSR	10th October 1960	Launch failed
Unnamed	USSR	14th October 1960	Launch failed
Unnamed	USSR	24th October 1962	Failed to leave Earth orbit
Mars 1	USSR	1st November 1962	Intended flyby, contact lost 23rd March 1963
Unnamed	USSR	4th November 1962	Failed to leave Earth Orbit
Mariner 3	USA	5th November 1964	Shroud failed to jettison
Mariner 4	USA	28th November 1964	First successful flyby 14th July 1965
Zond 2	USSR	30th November 1964	Radio failed
Zond 3	USSR	18th July 1965	Contact lost soon after launch
Mariner 6	USA	24th February 1969	Successful flyby
Mariner 7	USA	27th March 1969	Successful flyby
Mars 1969A	USSR	27th March 1969	Launch failure
Mars 1969B	USSR	2nd April 1969	Launch failure
Mariner 8	USA	8th May 1971	Planned orbiter failed at launch
Cosmos 419	USSR	10th May 1971	Destroyed in Earth orbit
Mars 2	USSR	19th May 1971	Orbiter/lander failed at Mars
Mars 3	USSR	28th May 1971	Lander touched down, started to transmit,, signal lost after 20 seconds flew
Mariner 9	USA	30th May 1971	First successful orbiter
Mars 4	USR	21st July 1973	Intended orbiter flypast Mars

Misiones a Marte (II)

Name	Country	Launch	Outcome
Mars 5	USSR	25th July 1973	Orbiter operated only for few days
Mars 6	USSR	5th August 1973	Lander measured atmospheric composition for 148 seconds during descent, lost
Mars 7	USSR	9th August 1973	Lander separated at wrong time, missed Mars
Viking 1	USA	20th August 1975	First successful landing 20th July 1976
Viking 2	USA	9th September 1975	Landed 3rd September 1976
Phobos 1	USSR	7th July 1988	Programme error during cruise, batteries discharged
Phobos 2	USSR	12th July 1988	Reached Mars 29th, some orbit observations, lost near Phobos
Mars Observer	USA	25th September 1992	Contact lost just before orbit
Mars Global Surveyor	USA	7th November 1996	Orbiter still operating
Mars 96	USSR	16th November 1996	Failed during manoeuvre to leave Earth orbit
Pathfinder inc. Sojourner	USA	4th December 1996	First successful vehicle landing 4th July 1997
Nozomi (Planet B)	Japan	4th July 1998	Propulsion malfunction, scheduled to reach Mars in 2004
Mars Climate Orbiter	USA	11th December 1998	Lost 23rd September 1999

Misiones a Marte (III)

Name	Country	Launch	Outcome
Mars Odyssey	USA	7th April 2001	Orbiter still operating
Mars Express and Beagle 2	ESA/UK	2nd June 2003	In operation
MER1 (Spirit)	USA	10th June 2003	In operation
MER2 (Opportunity)	USA	7th July 2003	In operation

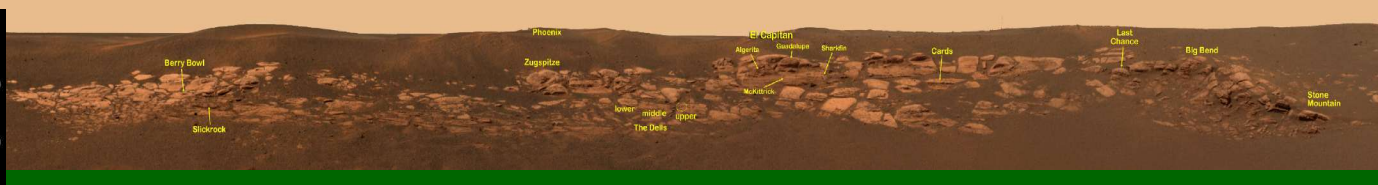
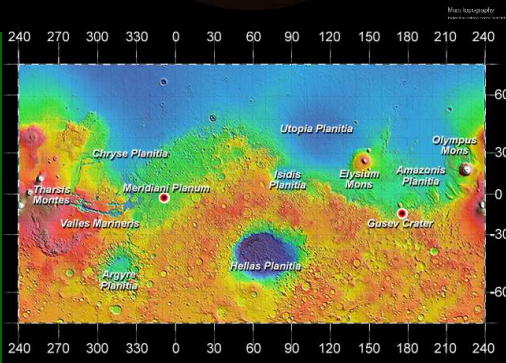
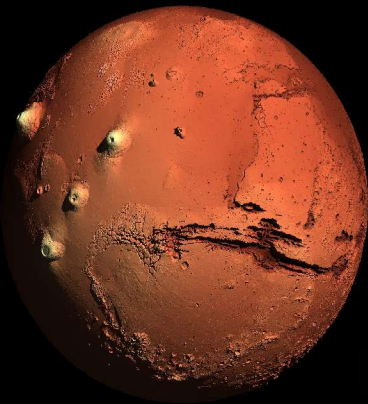


37 misiones
12 éxitos

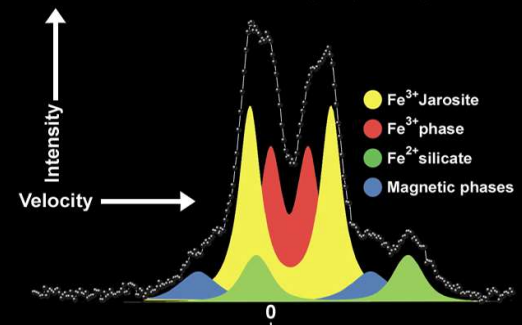


Hallazgo de Jarosita en Marte

La jarosita, descubierta en 1852 en España, en el barranco de **El Jaroso**, **Sierra Almagrera (Almería)**, constituye hasta el momento, la evidencia más contundente relacionada con la presencia de agua en Marte. En España aparece también, entre otras localidades, en Río Tinto, Cartagena y Hiedelaencina y en el **Centro de Astrobiología** se está estudiando desde distintas perspectivas: mineralógicas, microbiológicas, geoquímicas, etc



Mössbauer Spectrum of El Capitan: Meridiani Planum
Jarosite: $(K, Na, X^{+1})Fe_3(SO_4)(OH)_6$



Fotos: Cortesía NASA

Composición: CAB (CSIC/INTA)

Asociado al NASA Astrobiology Institute

