



Reto Científico CESAR

¿Somos marcianos?

Búsqueda de indicadores de vida en Marte con las misiones de la Agencia Espacial Europea

Guía del profesor

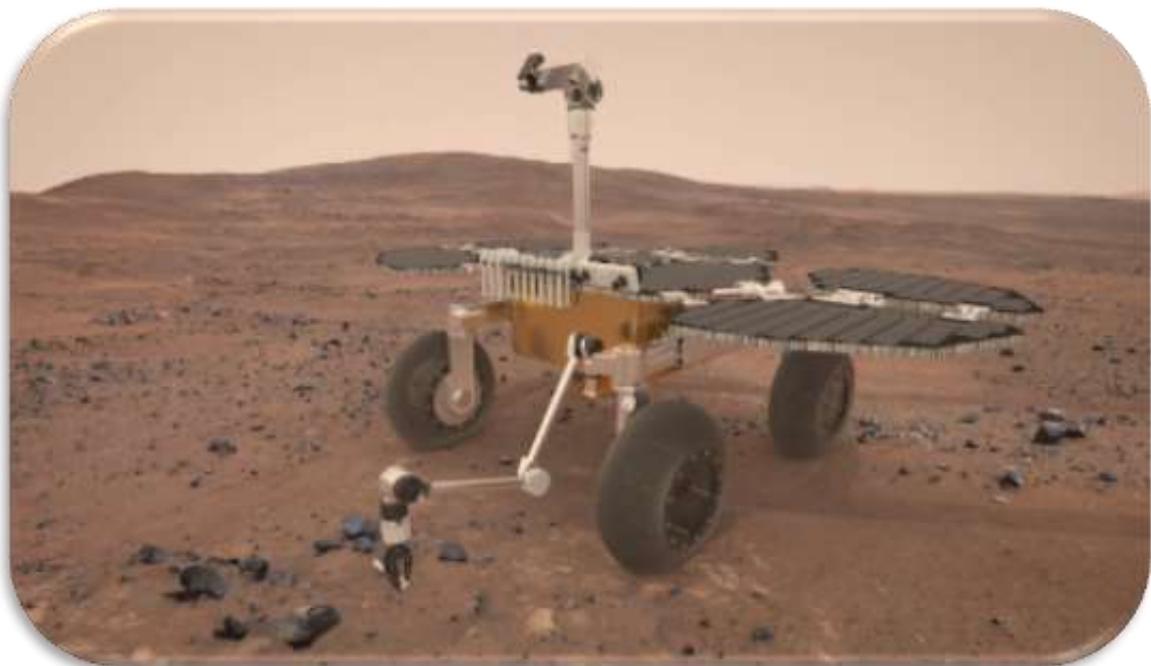




Tabla de contenidos

Didáctica	5
Tu Reto Científico	16
Fase 0	18
Fase 1	20
Actividad 1: Refresca conceptos	21
Actividad 2: Familiarización con coordenadas	21
Actividad 2.1: Identificación de coordenadas en un mapa terrestre	21
Actividad 2.2: Meridiano cero marciano	24
Actividad 2.3: Identificación de coordenadas en el mapa marciano	25
Actividad 2.4: Maqueta de Marte	27
Actividad 3: El origen de la vida	28
Actividad 3.1: ¿Qué es la vida?	28
Actividad 3.2: Trazas de vida extraterrestre	29
Actividad 3.2.1: Leed el siguiente artículo	30
Actividad 3.2.2: Leed sobre Rosalin Franklin y ExoMars 2022	30
Actividad 3.3: Experimento para la extracción de ADN	31
Actividad 4: Zonas habitables (o de habitabilidad)	31
Actividad 4.1: Zona de habitabilidad de nuestra estrella	31
Actividad 4.2: Estudia las zonas de habitabilidad de diferentes estrellas	34
Actividad 4.3: Pasado, presente y futuro del agua en Marte	37
Actividad 4.4: Extremófilos	39
Actividad 5: ¿Qué sabes de Marte?	40
Actividad 6: Conocimientos científicos que tenemos de la superficie de Marte	41
Actividad 6.1: La geología de Marte	41
Actividad 6.2: La atmósfera de Marte	44
Actividad 7: Exploración de Marte por la Agencia Espacial Europea	45



Actividad 7.1: Grandes hitos de la Agencia Espacial Europea en Marte	50
Actividad 8: Comprueba lo que has aprendido hasta ahora	54
Fase 2	55
Actividad 9: Pide una videollamada con el equipo de CESAR si es necesario.	56
Fase 3	58
Actividad 10: Prepara el amortizaje	59
Actividad 10.1: Familiarízate con Google Mars	60
Actividad 10.2: Equipo de ingenieros/as de vuelo (Equipo 1)	64
Actividad 10.2.1: Diseño de la órbita	64
Actividad 10.2.2: Selección de coordenadas (latitud, longitud) y altitud.	65
Actividad 10.2.4: Conclusión del Equipo 1.	74
Actividad 10.3: Equipo experto en eficiencia/seguridad del rover/coche marciano (Equipo 2)	76
Actividad 10.3.1: ¿Qué superficie de Marte deberíamos evitar en el aterrizaje?	76
Actividad 10.3.2: Busca zonas amplias	77
Actividad 10.3.3: Dibuja en Google Mars	78
Actividad 10.3.4: Selecciona una zona óptima	79
Actividad 10.3.5: Análisis de imagen de infrarrojos para descartar zonas arenosas	80
Actividad 10.3.6: Conclusión del Equipo 2	82
Actividad 10.4: Equipo experto en datos científicos de Marte (Equipo 3)	82
Actividad 10.4.1: Impactos que hacen historia	82
Actividad 10.4.2: Búsqueda de signos de agua	86
Actividad 10.4.3: ILD (Interior Layered Deposits) o depósitos en capas interiores	90
Actividad 10.5: Equipo experto en requerimientos de una misión robótica/no tripulada (rover) (Equipo 4)	91
Actividad 10.5.1: Ventajas/Desventajas de una misión robótica	91



Actividad 10.5.2: Requerimientos energéticos	92
Actividad 10.5.3: Buscamos vida. ¿Cómo?	94
Actividad 10.6: Equipo experto en una misión tripulada por astronautas para colonizar Marte. (Equipo 5)	96
Actividad 10.6.1: ¿Qué llevar a Marte?	97
Actividad 10.6.2: Requerimientos lumínicos	98
Actividad 10.6.3: Requerimientos de agua	98
Actividad 10.6.4: Zonas llanas amplias	99
Actividad 11: Comité de expertos	105
Actividad 11.1: Equipos pluridisciplinarios	105
Actividad 11.2: Elegir si se hace una misión tripulada/no tripulada o mixta	107
Actividad 11.3: Elegir un lugar de amortizaje	108
Actividad 11.4: ¡A votar la mejor misión!	109
Actividad 11.5: Conclusiones	110
Fase 4	112
Actividad 12: Evalúate	113
Actividad 13: Presenta tus resultados	113
Enlaces	115
Enlaces de la Fase 0	116
Enlaces de la Fase 1	116
Enlaces de la fase 3	117
Enlaces de la fase 4	117
Créditos:	117



Didáctica

Objetivos didácticos

Las 10 habilidades principales

en 2020

1. Solución a problemas complejos
2. Pensamiento crítico
3. Creatividad
4. Gestión de Personas
5. Trabajo en equipo
6. Inteligencia emocional
7. Criterio y Toma de Decisiones
8. Orientación al Servicio
9. Capacidad de negociación
10. Flexibilidad cognitiva

en 2015

1. Solución a problemas complejos
2. Trabajo en equipo
3. Gestión de Personas
4. Pensamiento crítico
5. Capacidad de negociación
6. Control de calidad
7. Orientación al Servicio
8. Criterio y Toma de Decisiones
9. Capacidad de escuchar
10. Creatividad

Figura I: Las 10 habilidades requeridas en el 2020 vs 2015. (Créditos: World Economic Forum).

El Equipo CESAR genera actividades para que los estudiantes puedan desarrollar diez de las habilidades que se han considerado necesarias para realizar un trabajo eficaz en el siglo XXI, como la resolución de problemas con un pensamiento crítico y creativo.

Los retos científicos CESAR están diseñados para desarrollar las habilidades de pensamiento establecido por el diagrama **de la taxonomía de Bloom**, yendo desde un orden inferior de pensamiento (*recordar, comprender*) a un orden superior (*evaluar, crear*), desarrollando habilidades de órdenes intermedios (como *aplicar métodos y conceptos para analizar eventos*).

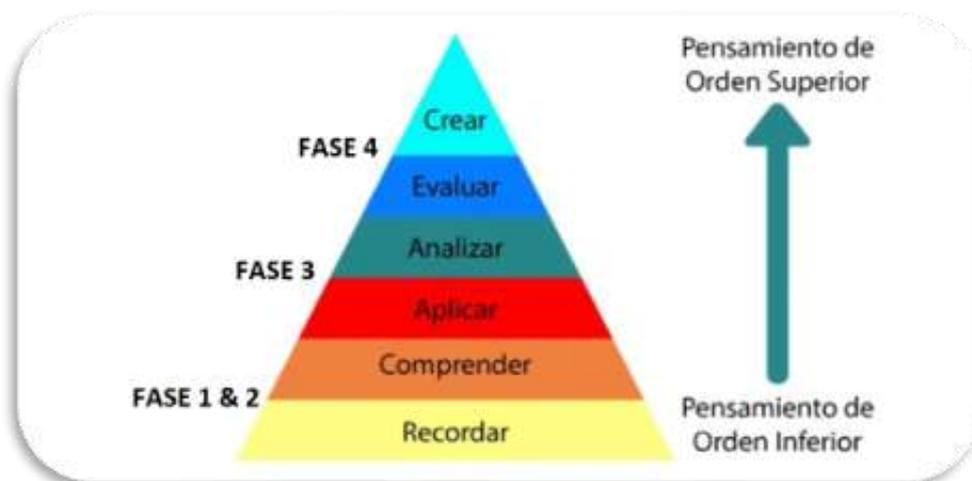


Figura II: Modificación del diagrama de Taxonomía de Bloom. (Créditos: UNIR)

Metodología Educativa:



Con el fin de alcanzar los [Objetivos de Aprendizaje](#) mencionados anteriormente, el Equipo CESAR recomienda usar algunas técnicas de enseñanza activas como, *la clase invertida (flipped classroom)*, *la resolución de problemas de la vida diaria (o retos empleando el método científico)* así como el *trabajo colaborativo*.

En este Reto Científico, los estudiantes emplearán *la clase invertida* en las Fases 0 y 1 para prepararse para la *resolución de problemas* en la Fase 3. La Fase 2 es opcional y consiste en una video llamada con el Equipo CESAR. En la Fase 4 los alumnos evaluarán su experiencia compartiéndola con la Comunidad Científica (el resto de la clase/centro y nosotros, Equipo CESAR).

Recomendamos que todas estas fases se ejecuten como trabajo colaborativo (haciendo uso de foros y blogs). Aquí detallamos los contenidos generales de cada una de las Fases:

- Tu Reto Científico: Presentamos el Reto a los estudiantes y les pedimos su ayuda.
- Fase 0: Poniendo las cosas en contexto
 - El papel de la Agencia Espacial Europea, su centro de Astronomía Espacial en España (ESAC) y El Equipo CESAR (en videos).
 - Modelos (roles) de profesiones científicas actualmente para que los alumnos puedan elegir una de ellas y construir sus Equipos. Recomendamos que los Equipos estén formados por 4-6 personas, cada uno de ellos con unas tareas bien definidas. Cuando sea posible, intentad equipos equilibrados en género y capacidades.
- Fase 1 y Fase 2: *recordar y entender* por medio de diferentes tipos de fuentes:
 - Fase 1: material de cv escolar & nuevos conceptos (videos, documentos, juegos,...)
 - Fase 2 (opcional): aprende de un experto
 - Para los profesores: charlas dadas por expertos en la materia en previous cursos de profesores CESAR.
 - Para la clase: Una video llamada con el Equipo CESAR para resolver dudas que hayan surgido hasta el momento en lo aprendido. En esta etapa, los estudiantes se han convertido ya en “expertos” del tema del Reto.
- Fase 3: *aplicando* los conceptos recién aprendidos siguiendo una metodología (procedimientos) para el *análisis y la solución de problemas de nuestro día a día* (su Reto).
- Fase 4:
 - *evaluando* su proceso de aprendizaje durante el Reto Científico (co-evaluación)
 - *creando* un producto final que muestre a la Comunidad (clase/colegio/nosotros) el proceso de aprendizaje. Con ello participaréis en el concurso de Retos CESAR.

Como muestra la Figura III, Los Retos Científicos CESAR deben ejecutar todas las Fases mencionadas. Fase 0 y 1, son las raíces para poder desarrollar los Retos

Científicos, y se ejecutan siempre en clase/casa. La Fase 2 (que se ejecuta por video llamada desde clase) es opcional.

En función del tipo de Fase 3, tenemos varios Tipos de Experiencias CESAR:

- Tipo I: Space Science Experience(s) @ESAC: En ESAC, (como se han ejecutado hasta el 2020), completamente ejecutadas por el Equipo CESAR. Duración total 1.5 horas, con 45 minutos para la Actividad y otros 45 min para el tour por los modelos de las misiones ESA.
- Tipo II : Space Science Experience(s) On-line: En clase/casa (Tipo I pero guiado por el/la profe). Duración total de 1 hora (MIXTA cuando se combine con Tipo I/III)
- Tipo III: Research Project On-line: En la clase/casa, completamente guiado por el/la profe. Duración total de varios días (Tipo II con más o todas las Actividades de la Guía).

La Fase 4 siempre se ejecuta en clase/a para evaluar el proceso total de aprendizaje por Equipo

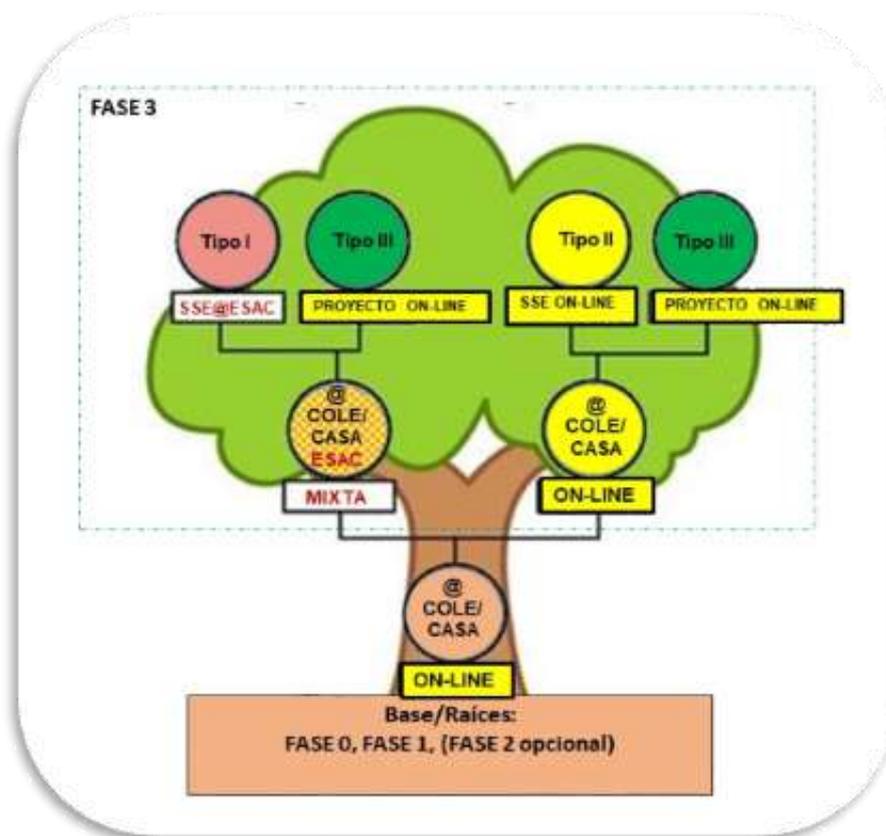


Figura III: Árbol de los Tipos de Experiencias CESAR. Vemos que la diferencia principal entre estas está en la Fase (Tipo I @ESAC, Tipo II y III en el cole/cason-line). En amarillo indicamos las ramas que pueden ejecutarse completamente on-line.(Créditos: teacherspayteachers.com

Los profes son los que mejor pueden juzgar el Tipo de Experiencia (Reto) para su clase y curso escolar. Por cada Tipo de Experiencia, te proponemos varias Aventura. El



profesor decide si cada Equipo de su clase realiza una Aventura y la ponen en común una vez finalizada o todos los Equipos realizan la misma Aventura(s) al tiempo (ver Tablas I,II y III). También puedes decidir realizar algunas de estas Actividades on-line, y cuando sea posible, solicitar las SSE en ESAC (Tipo I), ya bien conocidas, para el mismo Reto y diferente Aventura u otro Reto (mira la Figura III).

El Equipo CESAR recomienda seguir las fases en orden (para un proceso de aprendizaje más significativo) y no comenzar otra fase antes de completar la anterior. La Tabla de "[Resumen de Actividades](#)" mencionará si alguna de las Actividades previas es necesaria para realizar otra, **jéchale un vistazo!**

Os ofrecemos que nos contactéis, si lo veis necesario durante un Reto Científico en dos únicas ocasiones: en la fase 2 (con la clase) y en la fase 3 (sólo por el profe). Queremos prestaros apoyo a todos los centros así que la duración máxima es de 30 minutos

Para ver el contenido educativo y edades/cursos recomendados para cada Reto Científico id a la sección de [Ficha Didáctica](#) . Para ver de un vistazo los contenidos de cada Fase/Actividad id a la Tabla de "[Resumen de Actividades](#)". Cada Tipo de Experiencia contiene varias Aventuras, como se muestra en las Tablas I, II y III.

Experiencia Científica @ESAC (SSE @ESAC):

FASES	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u> (@ESAC)	<u>3</u> (@clase/CASA)	<u>4</u>	Duración mínima
ACTIVIDADES (Aventura 1)	3 videos	1,2,3,4,6,7	<u>9*</u>	10.1, 10.2	11	12-13	2,55h
ACTIVIDADES (Aventura 2)	3 videos	1,2,3,4,6,7	<u>9*</u>	10.1, 10.3	11	12-13	2,55h
ACTIVIDADES (Aventura 3)	3 videos	1,2,3,4,6,7	<u>9*</u>	10.1, 10.4	11	12-13	2,55h
ACTIVIDADES (Aventura 4)	3 videos	1,2,3,4,6,7	<u>9*</u>	10.1, 10.5	11	12-13	2,55h
ACTIVIDADES (Aventura 5)	3 videos	1,2,3,4,6,7	<u>9*</u>	10.1, 10.6	11	12-13	2,55h

Experiencia Científica online (SSE online):

FASES	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u> (@clase/CASA)	<u>4</u>	Duración mínima
ACTIVIDADES (Aventura 1)	3 videos	1,2,3,4,6,7	<u>9*</u>	10.1, 10.2,11	12-13	2,55h
ACTIVIDADES (Aventura 2)	3 videos	1,2,3,4,6,7	<u>9*</u>	10.1, 10.3,11	12-13	2,55h
ACTIVIDADES (Aventura 3)	3 videos	1,2,3,4,6,7	<u>9*</u>	10.1, 10.4,11	12-13	2,55h
ACTIVIDADES (Aventura 4)	3 videos	1,2,3,4,6,7	<u>9*</u>	10.1, 10.5,11	12-13	2,55h
ACTIVIDADES (Aventura 5)	3 videos	1,2,3,4,6,7	<u>9*</u>	10.1, 10.6,11	12-13	2,55h

- **Table III: Research Project: All Activities**



FASES	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u> (@clase/CASA)	<u>4</u>	Duración mínima
ACTIVIDADES	videos	1,2,3,4,5,6,7,8	<u>9*</u>	10,11	12,13	4,05h

Proyecto de investigación: Todas las Actividades

REALMENTE IMPORTANTE:

- ✓ Como profe, **regístrate en la Comunidad CESAR[aquí](#)** (si nos descubres ahora, puede llevar un poco de tiempo – no es un proceso automático – pero no te arrepentirás :))
- ✓ **Una vez que eres parte de la Comunidad CESAR**, pide las Experiencias Científicas del CESAR para vivir con tu clase y **serás guiado en el proceso**:
 - Pincha [aquí](#) para solicitar una Experiencia on-line – Tipo II & III
 - Pincha [aquí](#) para solicitar una Experiencia combinada -Tipo I (Por ahora, sólo disponible en la provincia de Madrid)
- ✓ **Las Guías son muy extensas (con muchas herramientas)/flexibles para construir tu mejor Experiencia con tu clase.**

¡Es tu momento! ¡Elige tu Aventura!

Ficha didáctica

Datos básicos	Los estudiantes deberán saber...
<p>Rango de edades: 14 - 17 años</p> <p>Tipo: Práctica</p> <p>Complejidad: Media</p> <p>Tiempo de preparación: de 2 a 4 horas dependiendo de la experiencia elegida</p> <p>Tiempo requerido: Entre dos horas y un trimestre en función del formato elegido</p> <p>Ubicación: Interior</p> <p>Incluye el uso de: Ordenadores o tabletas, internet, Google Earth Pro</p>	<p>Usar mapas físicos.</p> <p>Distinguir latitud y longitud en globos terráneos.</p> <p>Conceptos básicos de biología. ¿Qué es la vida?</p> <p>Identificar y explicar características de las principales formas de energía: luminica, térmica, eléctrica, etc.</p> <p>Entender la representación gráfica de una tabla de valores.</p> <p>Conceptos básicos de geometría: rectas paralelas y perpendiculares, ángulos y sus relaciones..</p>
Currículum	Los estudiantes aprenderán...
<p>Física y química: El método científico, trabajo de laboratorio. Energía térmica: El calor y su temperatura.</p> <p>Matemáticas: utilización de medios tecnológicos en el proceso de aprendizaje (recogida ordenada de datos, representación de gráficas).</p> <p>Geografía e Historia: El medio físico: los movimientos de la Tierra y sus consecuencias.</p> <p>Biología y Geología: El planeta Tierra. Movimientos y características de esos movimientos.</p>	<p>Cuáles son los factores más importantes para que la vida sea viable en un planeta.</p> <p>La importancia de trabajar con un equipo multidisciplinar para sacar mejores conclusiones.</p> <p>Analizar la importancia de estudiar todos estos datos y su utilidad en la ciencia y la sociedad.</p>
Necesitarás...	Los estudiantes mejorarán...
<p>Instalación del programa gratuito Google Earth Pro en caso de hacer el Reto 3. Esferas de Porexpan (opcionales).</p>	<p>Su comprensión del pensamiento científico.</p> <p>Las estrategias del método científico.</p> <p>El trabajo en equipo y la comunicación.</p> <p>Habilidades de evaluación y análisis de resultados.</p> <p>La aplicación de conocimientos teóricos a situaciones reales.</p>

Resumen de Actividades

Fase	Actividad	Material	Resultados	Requerimientos	Tiempo
Fase 0	Poniendo las cosas en contexto	VIDEOS: a) Esto es ESA [en inglés, con subtítulos en castellano] b) ESAC: Una ventana al Universo de ESA c) Presentation a ESA/ESAC/CESAR by Dr. Javier Ventura d) Otros videos	Los estudiantes se familiarizan con: <ul style="list-style-type: none"> • ESA • ESAC • El Equipo CESAR 	Ninguno	10 - 20 min
Fase 1	1. Refresca conceptos		Los estudiantes recordarán definiciones dadas en sus cursos académicos y relacionadas con el caso científico.	Ninguno	3 min
Fase 1	2. Familiarización con coordenadas 2.1. Identificación de coordenadas en un mapa terrestre 2.2. Meridiano cero marciano 2.3. Identificación de coordenadas en el mapa marciano 2.4. Maqueta de Marte	Material necesario: <ul style="list-style-type: none"> • Google Earth Pro • Esferas de porexpan Recurso web: Maqueta esférica de Marte	Los estudiantes mejorarán: <ul style="list-style-type: none"> • Su visión espacial. • La comprensión de paralelos y meridianos • Extrapolación de mediciones en la Tierra a otros planetas. 	Ninguno	30 min
Fase 1	3. El origen de la vida 3.1 ¿Qué es la vida? 3.2 Trazas de vida extraterrestre 3.3 Extracción de ADN	ESA KIDS: Rosetta Recursos web: Artículo sobre Rosetta Artículo sobre R. Franklin Experimento del ADN	Los estudiantes mejorarán: <ul style="list-style-type: none"> • La extracción de información útil a partir de fuentes de información fiables. • Sus habilidades para comunicar los resultados y trabajar en equipo. 	Ninguno	15 min – 1 hora

Fase 1	<p>4. Zonas habitables</p> <p>4.1. Zona de habitabilidad de nuestra estrella</p> <p>4.2. Estudia las zonas de habitabilidad de diferentes estrellas</p> <p>4.3. Pasado, presente y futuro del agua en Marte</p> <p>4.4. Extremófilos</p>	<p>Ficha de la actividad</p> <p>Recursos web:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Twitter 1 • Twitter 2 • Prensa 1 • Prensa 2 • Wikipedia • Sociedad Española de Astronomía • Video: Mundo anillo <p>Simulador de zonas de habitabilidad</p> <p>ESA educación - Extremófilos</p>	<p>Los estudiantes mejorarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sus conocimientos sobre por qué hay vida en la Tierra • La comprensión de los factores claves para vida • Sus habilidades para trabajar en equipo y comunicarse. 	Ninguno	1 hora
Fase 1	5. ¿Qué sabes de Marte?	<p>Ficha de la actividad</p> <p>Recurso web:</p> <p>Cuadernillo CESAR sobre Marte</p>	<p>Los estudiantes mejorarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sus conocimientos sobre Marte 	Ninguno	10 min
Fase 1	<p>6. Conocimientos científicos que tenemos de la superficie de Marte</p> <p>6.1. La Geología de Marte</p> <p>6.2. La atmósfera de Marte</p>	<p>Ficha de la actividad</p>	<p>Los estudiantes entenderán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conceptos básicos sobre las características de Marte 	Es recomendable haber visto los materiales de la Actividad 5	10 min
Fase 1	<p>7. Exploración de Marte por la Agencia Espacial Europea</p> <p>7.1. Grandes hitos de la Agencia Espacial Europea en Marte</p>	<p>Ficha de la actividad</p> <p>Historia de exploración de Marte</p> <p>Logros de la misión Mars Express</p> <p>Mars Express</p> <p>ExoMars</p> <p>Misiones 2020-2030</p> <p>Flota de naves de la ESA</p> <p>Marte</p>	<p>Los estudiantes mejorarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La capacidad de extrapolar situaciones en la Tierra a otros planetas. • La relación de conceptos entre diferentes áreas de aprendizaje, (Geología, Biología, Física o Química) 	Es necesario haber realizado la Actividad 6 y recomendable la Actividad 3, 4 y 5.	40 - 50 min

		ExoMars			
Fase 1	8. Comprueba lo que has aprendido hasta ahora	cuestionario	Los estudiantes mejorarán en: <ul style="list-style-type: none"> • Su capacidad de autoevaluación 		30 - 40 min
Fase 2	9. Pide una video-llamada con el Equipo CESAR si es necesario	http://cesar.esa.int/index.php?Section=Scientific_Cases&Id=24&ChangeLang=es	Los estudiantes pueden tener información de primera mano de expertos de la Agencia Espacial Europea	Conveniente haber realizado Actividades 1 a 6.	30 - 40 min
Fase 3	10. Prepara el amortizaje 10.1. Familiarízate con Google Mars 10.2. Equipo de ingenieros/as de vuelo (Equipo 1) 10.3. Equipo experto en eficiencia/seguridad del rover/coche marciano (Equipo 2). 10.4. Equipo experto en datos científicos de Marte (Equipo 3) 10.5. Equipo experto en requerimientos de una misión robótica/no tripulada (rover) (Equipo 4) 10.6. Equipo experto en una misión tripulada por astronautas para colonizar Marte. (Equipo 5)	Ficha de la actividad Google Earth Pro Recursos web: Simula tu lanzamiento Exomars 2022 Encuesta ¿Qué nos llevamos a Marte?	Los estudiantes serán capaces de: <ul style="list-style-type: none"> • Observar e interpretar imágenes de mapas que no representan el espectro visible. • Analizar los datos y sacar conclusiones lógicas. • Trabajar mejor en equipo y exponer resultados. • Entender la importancia de un equipo multidisciplinar 	Conviene haber realizado al menos las actividades 4, 5 y 6	25 min

Fase 3	<p>11. Comité de expertos</p> <p>11.1. Equipos pluridisciplinarios</p> <p>11.2. Elegir si se hace una misión tripulada/no tripulada o mixta</p> <p>11.3. Elegir un lugar de amortizaje</p> <p>11.4. ¡A votar la mejor misión!</p> <p>11.5. Conclusiones</p>	Recomendable un proyector.	<p>Los estudiantes mejorarán en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Discusión y defensa de resultados. • Habilidades de debate 	Imprescindible haber realizado la actividad 10	15 min
Fase 4	12. Evalúate	cuestionario	<p>Los estudiantes comprobarán si han interiorizado los conceptos.</p> <p>Los estudiantes mejorarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Su entendimiento del método científico y pensamiento crítico. • Sus estrategias para trabajar como científicos/as. • Su habilidad evaluativa. • Su habilidad para aplicar conocimientos teóricos a situaciones de la vida real. 	Necesario haber realizado al menos la fase 3 completa	10 min
Fase 4	13. Presenta resultados tus	Formato libre que elijan los estudiantes	<p>Los estudiantes mejorarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sus habilidades para trabajar en equipo y comunicarse. • Su conocimiento sobre topografía. 	Necesario haber realizado al menos las Actividades 4, 5 y 6 y la fase 3 completa.	



Tu Reto Científico

En busca del marciano perdido

Un filósofo griego, Anaxagoras en el s. VI a.C., planteó una teoría (no demostrada aún), llamada **panspermia** (“pan”, todo y “sperma”, semilla), que cree que la vida pudo haberse originado en algún lugar del Universo y llegar a la Tierra, incrustada en restos de cometas y meteoritos.

¿Es posible que la vida en la Tierra sea de origen marciano? ¿Te imaginas ser un marciano?

Científicamente todavía no hemos encontrado rastros de vida en Marte, pero seguimos planificando misiones que nos ayuden a descubrir si existe.

¿Os gustaría viajar con nosotros a Marte para buscar rastros de vida y tratar de confirmar/desmentir esta teoría? ¡Pasaríais a la historia!

¿Te atreves a intentarlo?

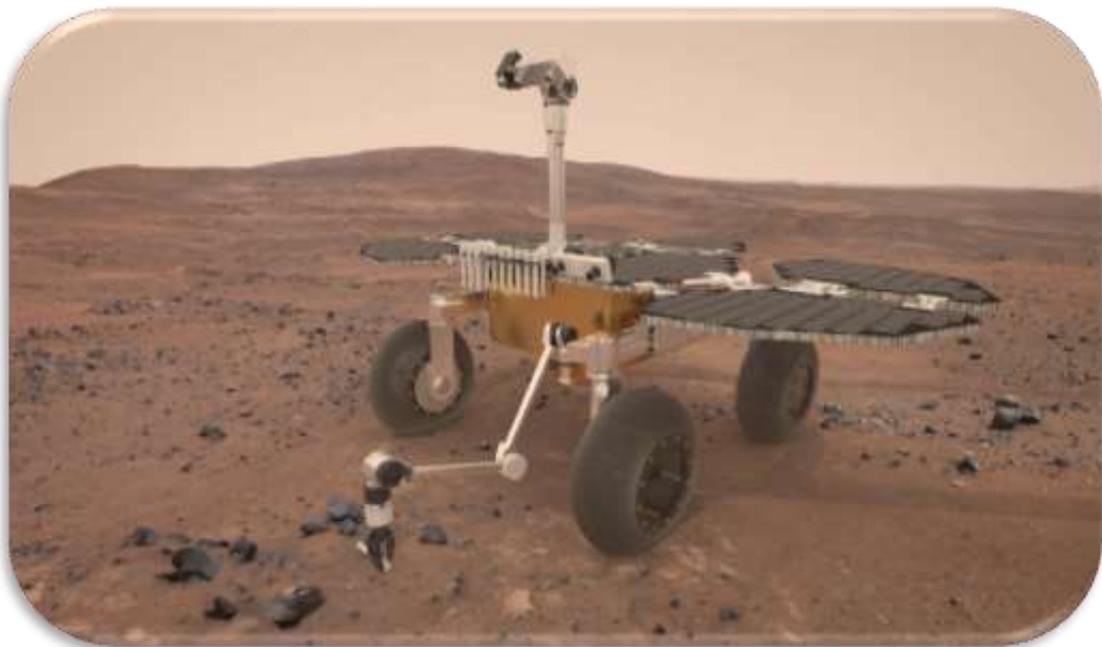


Figura 1 rover (Créditos: [ESA](#)).



Fase 0

Para ponernos en contexto os recomendamos ver estos videos:

- [Esto es ESA](#)
- [ESAC: La ventana de la ESA al Universo](#)
- [Presentación a ESA/ESAC/CESAR por Dr. Javier Ventura](#)

Trabajareis en **equipos** de (4-6) personas, teniendo cada uno un papel específico. Rellenad la Tabla 0 con el nombre del equipo y de los miembros del equipo asociados a varias profesiones relacionadas con el espacio.

Identificador del Reto ID	Número del Equipo (1-6):			
Miembros				
Profesiones	Matemátic@/Ingenier@ de software	Astrofísic@	Ingenier@	Químic@/Físic@
Roles	Lidera la correcta ejecución de los cálculos	Está a cargo de la planificación de las observaciones de las misiones espaciales de la ESA/Mars.	Encargada de encontrar la mejor estrategia acordada por el Equipo y de su correcta ejecución.	Lidera investigaciones sobre los procesos energéticos y composición de los objetos celestes.
Referencia (femenina)	Katherine Johnson 	Vera Rubin 	Samantha Cristoforetti 	Marie Curie 
	Steve Wozniak 	Matt Taylor 	Pedro Duque 	Albert Einstein 
(masculina)				

Tabla 0: Define el identificador de tu reto (un número único), el Número de tu Equipo (1-6) y el nombre de los miembros del Equipo, cada uno de ellos con unas tareas definidas dentro del Equipo.

Nota: El documento hace uso de las [Unidades del Sistema Internacional](#).

Nota: Si en algún momento se tienen dudas sobre algunos términos astronómicos [aquí](#) tenéis un glosario creado por la Sociedad Española de Astronomía.



Fase 1

Actividad 1: Refresca conceptos

Nuestro reto implica buscar un lugar (localización) óptimo y coordenadas precisas donde amartizar. La forma aproximadamente esférica de Marte nos permite usar un sistema de coordenadas geográficas para poder localizar lugares y situarnos fácilmente en su superficie. Estas coordenadas son la **latitud** y la **longitud**.

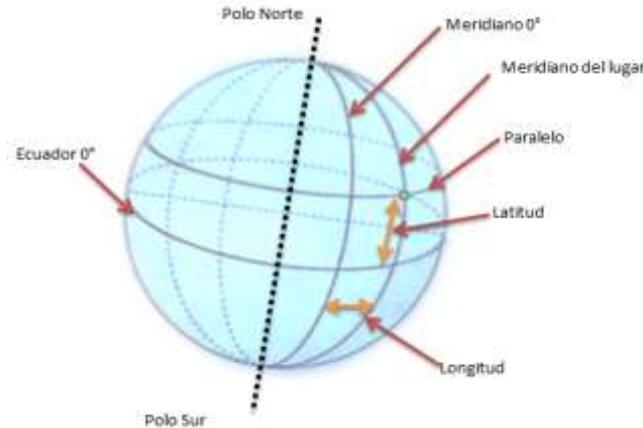


Figura 1. Coordenadas geográficas (Créditos: [Cibertareas](#))

La **longitud** es la distancia (medida en unidades angulares) entre el meridiano de un lugar y el meridiano cero (en el caso de la Tierra el de Greenwich). Sus unidades son grados, minutos y segundos de arco y se mide de 0 a 180° hacia el Este o hacia el Oeste desde el meridiano cero. También se puede medir como 360° hacia el Este.

La **latitud** es la distancia angular entre el paralelo de un lugar y el Ecuador, se expresa en las mismas unidades que la longitud y se mide de 0 a 90° hacia el Norte o el Sur. También se puede medir de 0 a 90° o de 0 a -90° Norte. (Si usas números negativos, la referencia es siempre el Norte geográfico).

Actividad 2: Familiarización con coordenadas

Actividad 2.1: Identificación de coordenadas en un mapa terrestre

En esta actividad tendréis que aprender a utilizar coordenadas geográficas. Para ello se utilizará el programa Google Earth Pro.

1. Abrid el programa Google Earth Pro. Os aparecerá la imagen de la figura 2:



Figura 2. Mapa de la Tierra. (Créditos: Google Earth)

2. En la barra de menú de arriba tenéis que seleccionar la opción “Ver” y ahí seleccionar la opción “Cuadrícula” como indica la imagen de la figura 3:

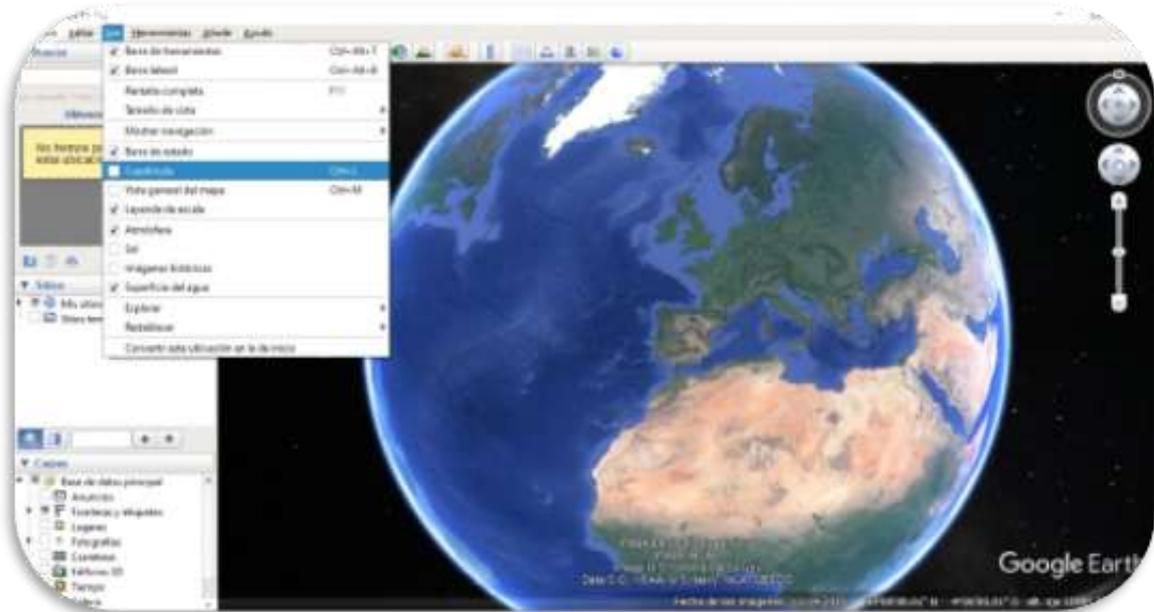


Figura 3. Mapa de la Tierra. (Créditos: Google Earth)

3. Los paralelos y los meridianos aparecerán en el globo terráqueo, como se muestra en la figura 4:

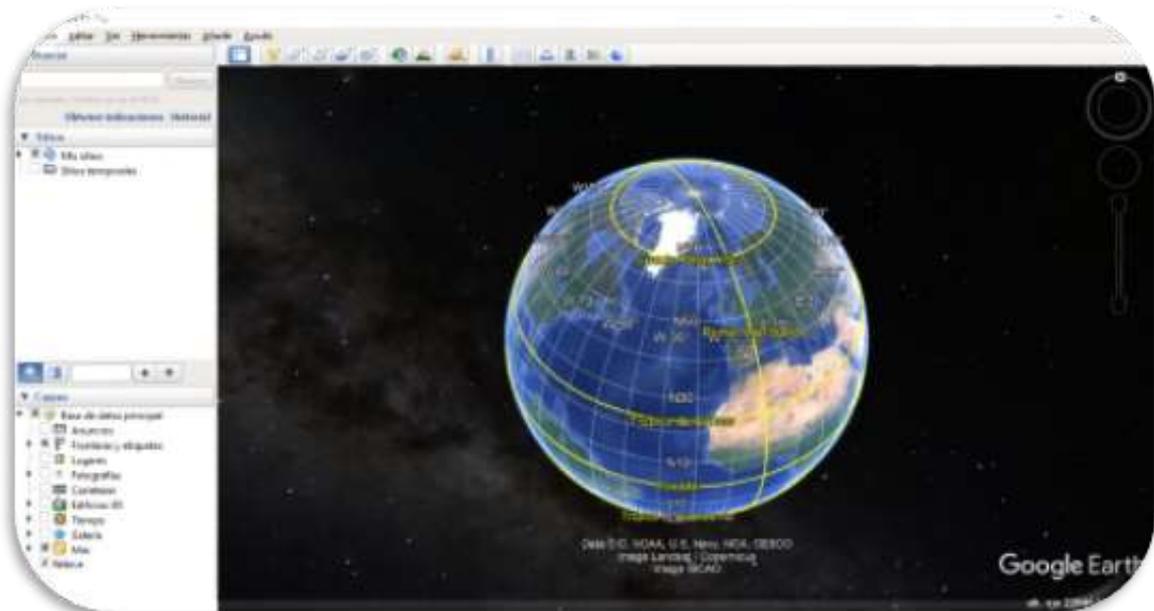


Figura 4. Mapa de la esfera terrestre con coordenadas (Créditos: Google Earth)

Relaciona en la *Tabla 1* cada una de las coordenadas dadas (latitud, longitud) con uno de los siguientes lugares: Guayana Francesa, ESAC (Madrid), Real Observatorio de Greenwich, Polo Sur, Baikonur y Cabo Cañaveral. Podéis usar Google Earth Pro.

Coordenadas	Lugar
Latitud 40°26' 37.7" N	ESAC (Madrid)
Longitud 3°57' 10.6" O	
Latitud 45°37'0" N	Baikonur
Longitud 63°19' E	
Latitud 4°55'60" N	Guayana Francesa
Longitud 52°20' O	
Latitud 28°23'18" N	Cabo Cañaveral
Longitud 80°36'13" O	
Latitud 51°28'40" N	Real Observatorio de Greenwich
Longitud 0°00'05" O	
Latitud 90°00'00" S	Polo Sur
Longitud Todas	

Tabla 1. Tabla con coordenadas de diferentes lugares

Actividad 2.2: Meridiano cero marciano

Una vez que ya tenemos claro cómo localizar un punto en la Tierra vamos a intentar hacer lo mismo en Marte. Para ello vamos a utilizar un mapa topográfico de la superficie marciana, esto es, Google Mars.

Lo primero que haremos será entender un poco mejor la altitud de Marte, ya que en este planeta se encuentran los montes más altos del sistema Solar. Para ello, pinchad en el siguiente enlace de [Google Mars](#) y observad la escala de colores que hay abajo a la izquierda (*Figura 5*).

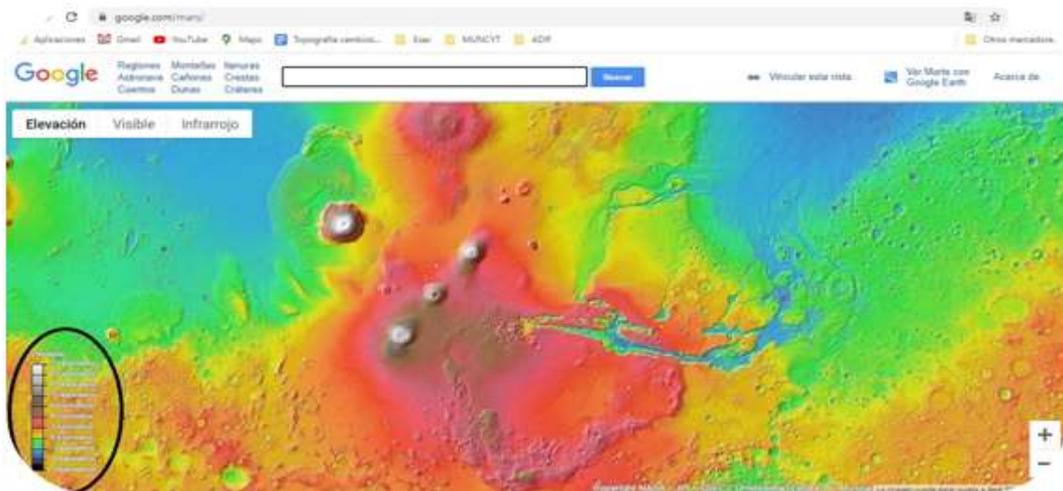


Figura 5. Imágenes de la superficie de Marte. (Créditos: Google Mars)

Como se puede observar se sigue el mismo código de colores que en la Tierra, pero esto no significa que en Marte haya océanos de agua líquida ni que la cima de las montañas esté nevada. Simplemente es un código de colores.

En Marte la posición del meridiano cero está en el **cráter Airy-0**. Para localizarlo se siguen los siguientes pasos:

1. Seleccionad en el menú superior izquierdo la opción “Cráteres” y buscad el nombre de Airy-0 (también se puede poner el nombre directamente en el buscador de arriba).
2. ¿Qué profundidad aproximada tiene el cráter teniendo en cuenta la escala de colores? Comparad esa profundidad con algún accidente geográfico en la Tierra muy profundo.

Aproximadamente el cráter Airy-0 tiene una profundidad de 2300 m.

En la Tierra tenemos diferentes accidentes geográficos bastante profundos como:

- El abismo Challenger en la fosa de las Marianas (-11.034 m) es el lugar más profundo de nuestro planeta.
- El cañón Denman (-3.500 m) es el lugar más profundo de la Tierra no cubierto por agua. Se encuentra en la Antártida bajo el glaciar

Actividad 2.3: Identificación de coordenadas en el mapa marciano

Ahora se buscarán las coordenadas de un lugar en la superficie de Marte y se situarán en una esfera simulando el globo marciano, es decir, Marte.

1. Pinchad en este enlace: [Google Mars](#)

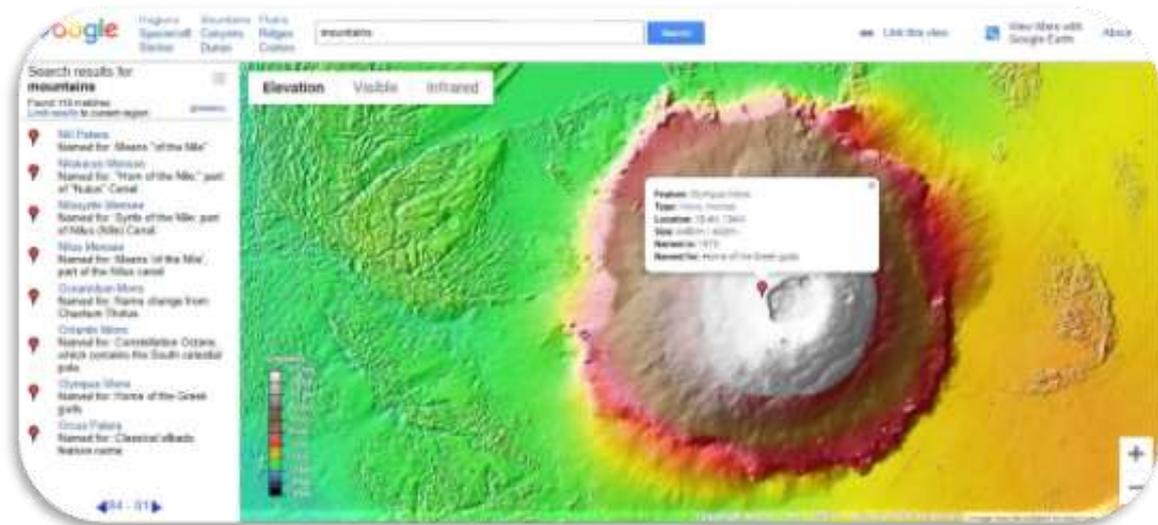


Figura 6. Mapa de montañas de Marte (Créditos: [Google Mars](#))

2. Seleccionad en el menú, arriba a la izquierda, la opción “Montañas” y se desplegará a la izquierda un menú con las diferentes montañas de Marte como aparece en la figura 6. Escribid algunas de ellas.

Cada grupo podrá elegir diferentes montañas. Aquí se mencionan tres tipos diferentes de ellas:

- Olympus Mons (Mons hace referencia a una gran montaña aislada. Su plural es Montes)
- Albor Tholus (Tholus hace referencia a una pequeña cúpula con forma de montaña. Su plural es Tholi)
- Alba Patera (Patera hacer referencia a un cráter irregular o uno complejo con bordes festoneados. Su plural es Plateae)

3. Buscad la montaña que se observa en la *Figura 6* (Olympus Mons) y pinchad en su punto más alto. Escribid la información que Google Mars os da de este punto.

Olympus Mons
Localización: 18,4° N y 134° W
Tamaño 648 km

Sobre todo tienen que fijarse en las coordenadas, que son las que van a tener que utilizar después: 18,4° N y 134° W (N Norte y W oeste).

4. Fijáos en las coordenadas de Olympus Mons y marcad sobre la *Figura 7* la posición que tiene. (Elegid y marcad como meridiano cero el que consideréis más adecuado. Pista: para recordar cómo se indican las coordenadas de latitud y longitud podéis revisar las Actividades anteriores).

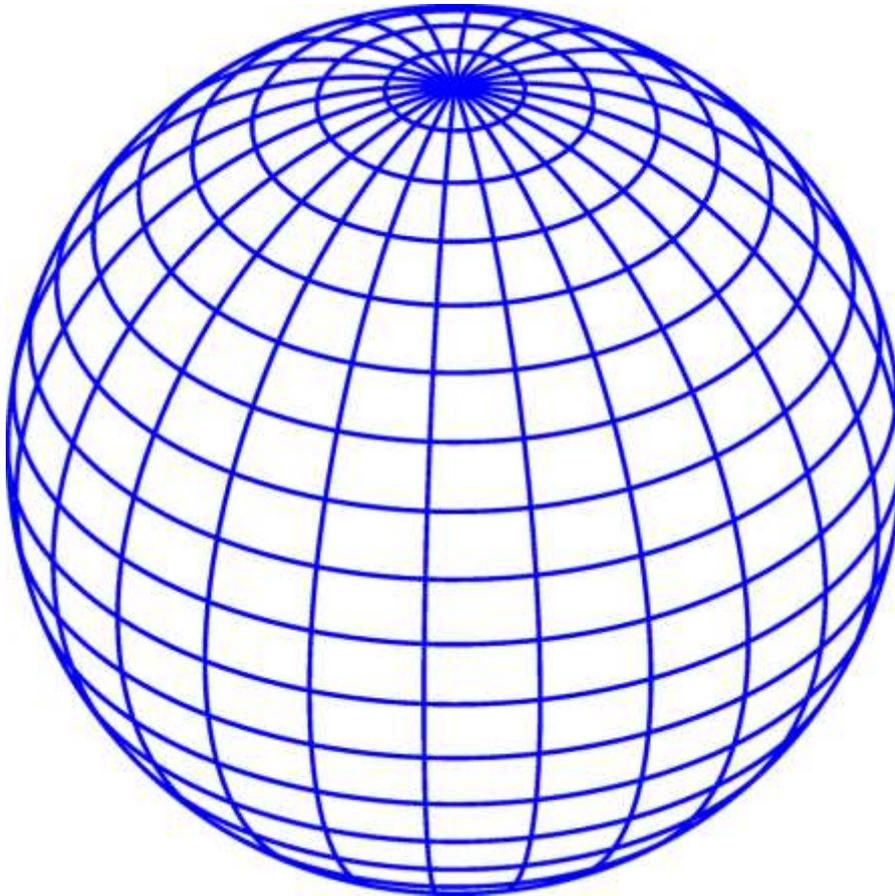


Figura 7. Meridianos y paralelos (Créditos: <https://www.pngegg.com/es/png-tauhu>)

Los grupos pueden marcar cualquier meridiano como el cero. Simplemente tendrán que darse cuenta (contando la cantidad de meridianos que hay) de que la separación entre ellos es de 15° .

Actividad 2.4: Maqueta de Marte

En el siguiente [enlace](#) podéis descargar la imagen de la *Figura 8*, recortarla y pegarla a una superficie esférica de poliespán u otro material. Para que vuestro planeta Marte quede bien debéis tener en cuenta que el ancho de la *Figura 8* tiene que ser igual al círculo máximo de vuestra esfera.

El **círculo máximo** es la línea que divide la esfera en dos hemisferios iguales (en la Tierra sería el Ecuador). Podéis calcular su **longitud** de la siguiente forma:

$$L = \pi \cdot D$$

donde D es el **diámetro** de vuestra esfera.

Si os fijáis **la altura** de la *Figura 8* es la mitad de esta longitud:

$$l = (\pi \cdot D)/2$$

Donde D vuelve a ser el **diámetro** de vuestra esfera.

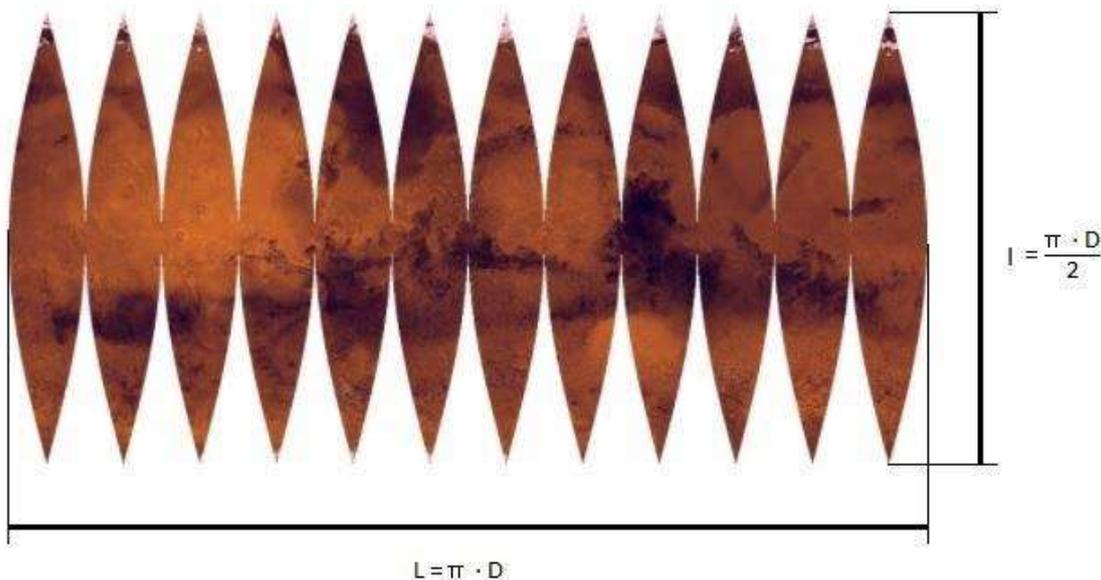


Figura 8. Globo marciano. (Créditos: [Making globes of the planets](#))

Actividad 3: El origen de la vida

Actividad 3.1: ¿Qué es la vida?

1. ¿A qué llamamos vida? Razonad vuestra respuesta.

El término vida desde la biología, hace referencia a aquello que distingue a los animales, plantas, hongos, protistas, arqueas y bacterias del resto de las realidades naturales. Implica las capacidades de organización, crecimiento, metabolizar, responder a estímulos externos, reproducción (en algunas definiciones) y muerte.

2. ¿Qué hipótesis pensáis que se han dado a lo largo de la historia que expliquen el origen de la vida?

Una de las más famosas es la basada de Miller-Urley, en el año 1953. Cogió la atmósfera primigenia de la Tierra (rica en metano e hidrógeno), agua, sales minerales y una corriente eléctrica (asemejándose a rayos eléctricos). Y aparecieron las primeras moléculas orgánicas.

Pero hoy en día, se ha visto que esa atmósfera rica en metano e hidrógeno, es común en Júpiter y Saturno (también en una de las lunas de Saturno, Titán), pero no en la atmósfera terrestre.

Para que se formara el caldo de cultivo, para la vida, en la Tierra, nos tenemos que ir a chimeneas hidrotermales o a capas de arcillas. Pero es difícil. Esto apoya mucho a la teoría de la panspermia.

Después de tener moléculas orgánicas, viene la teoría del mundo ARN, donde una molécula de ARN (tiene también capacidad catalítica, así que se puede replicar (reproducir), crecer, metabolizar por sí misma. De esta molécula de ARN se pasaría a crear una interacción ARN-proteínas, y desde allí, se pasaría al paso de ARN-ADN. se envuelve en una bicapa lipídica y tenemos la primera célula

3. ¿Qué experimentos se os ocurren para detectarla?

Principalmente buscar moléculas orgánicas complejas, que solo se puedan originar por la vida.

Encontrar ADN o ARN sería estupendo. Una célula viva aún más. También se podría estudiar el utilizar las mismas técnicas para detectar enfermedades o distintos microorganismos (patógenos o no) a simplemente encontrar vida, como la famosa PCR, o reacciones de antígeno-anticuerpo.

4. ¿Creéis que cuando se buscan restos de vida extraterrestre se hace de un modo parecido a la búsqueda de estos en la Tierra? Razonad vuestra respuesta.

De primeras, la materia orgánica y el agua son muy comunes en nuestro Sistema Solar y en nuestro Universo. Es una combinación que sabemos que funciona y sería lo primero a buscar. Algo parecido a lo que tenemos en la Tierra.

Pero hay que tener los ojos abiertos por si lo que encontramos, no es tan parecido. Una base de silicio, en vez de carbono es una hipótesis recurrente. El problema es que el silicio no tiene tanta variabilidad como el carbono (por ejemplo, no puede hacer dobles y triples enlaces).

Usar solventes distintos al agua (pasar, por ejemplo del agua, al amoníaco y de ahí al metano-etano), están muy en auge, para intentar predecir vida en Titán, a -180°C .

Todas las evidencias con las que contamos sitúan el origen de la vida alrededor de unos 4.000 millones de años atrás. La idea general es que la vida se originó a partir de materia sin vida (inerte) cuando se dieron las condiciones idóneas, pero también existen otras hipótesis como un posible origen extraterrestre.

Llamamos **origen de la vida** al momento donde las moléculas comunes del universo (y de nuestro planeta) se unieron para formar los primeros compuestos anteriores a la vida, pero no nos queda tan claro cómo o dónde apareció.

La búsqueda de vida en los cuerpos celestes se realiza siguiendo las huellas que ésta pudo haber dejado en ellos.

Como un cazador sigue las pistas que su presa deja en el terreno, los astrobiólogos interpretan los rastros moleculares de lo que pudo haber sido hace mucho tiempo una actividad biológica sobre la Tierra, Marte, la Luna o cualquier meteorito caído sobre la Tierra.

Actividad 3.2: Trazas de vida extraterrestre

Desde la Agencia Espacial Europea se han realizado y se siguen realizando diferentes misiones para intentar encontrar **trazadores biológicos** en otros cuerpos celestes y así entender un poco mejor nuestra propia existencia. Estos trazadores biológicos pueden ser, por ejemplo, moléculas indicativas de procesos biológicos.

Una de las misiones más importantes en este cometido fue la misión Rosetta, que viajó hasta un cometa durante 10 años para estudiar su composición. Más concretamente, para estudiar si el agua del cometa era igual a la de la Tierra o no. A pesar de que la misión finalizó hace unos años aún se siguen analizando muchos de los datos que se consiguieron.



Actividad 3.2.1: Leed el siguiente artículo

Leyendo el siguiente [artículo](#) que explica los descubrimientos de la misión y reproduciendo el siguiente [video](#), contestad a las cuestiones siguientes:

¿Qué compuestos descubrió Rosetta esenciales para la vida?

Glicina, un aminoácido básico para formar proteínas, y fósforo, un ingrediente base para la vida.

¿Dónde se encuentran en el organismo de los seres vivos estas dos sustancias encontradas en el cometa?

La glicina en proteínas y el fósforo, principalmente en ADN (ácido desoxirribonucleico) y ARN (ácido ribonucleico). El fósforo también es esencial como moneda energética del metabolismo de la célula, ya que forma el ATP (adenosin trifosfato)

¿Sabrías explicar qué significa ADN?

Ácido desoxirribonucleico. El ADN es un ácido nucleico que es responsable de la transmisión hereditaria y también contiene las instrucciones genéticas usadas en el desarrollo y funcionamiento de todos los organismos vivos y algunos virus.

Actividad 3.2.2: Leed sobre Rosalin Franklin y ExoMars 2022

Otra de las grandes misiones de la Agencia Espacial Europea en busca de vida es ExoMars. Esta misión ya ha dado muchos frutos pues lleva años en marcha, pero en 2022 está previsto el lanzamiento de un rover (vehículo diseñado para explorar algunos cuerpos celestes) que aterrice en el planeta rojo.

Leed el siguiente [artículo](#) y averiguad por qué es conocida la científica Rosalin Franklin y su relación con la próxima misión de la Agencia Espacial Europea.

Rosalind Franklin fue una científica británica licenciada en química y experta en cristalografía de rayos X (técnica que utiliza la luz para estudiar la estructura de materiales pequeños que no podemos examinar a simple vista). Nos ayudó a saber que el ADN tiene forma de doble hélice con su famosa fotografía 51.

La ESA mantiene la tradición de poner a sus misiones el nombre de grandes científicos como, por ejemplo, Newton, Planck o Euclides, así que el nombre está muy bien elegido porque el rover Rosalind Franklin buscará en Marte los elementos que originan la vida.



Actividad 3.3: Experimento para la extracción de ADN

Os proponemos el siguiente [experimento](#) para concluir la actividad.

¿Habéis conseguido extraer ADN? ¿Ha sido fácil? Contadnos vuestra experiencia.

Aquí los alumnos tendrán que escribir sus impresiones al hacer el experimento. Si les ha resultado fácil, difícil, interesante o si han aprendido cosas que no sabían.

Actividad 4: Zonas habitables (o de habitabilidad)

Hipótesis inicial.

¿Habéis visto/leído en las noticias que se han descubierto planetas habitables? ¿A qué pensáis que se refieren?

Es una hipótesis. Hay que hacer hincapié en que todas las hipótesis son igual de válidas, que no tengan vergüenza y no lo pasen mal si no tienen mucha idea sobre el tema. Es una idea inicial desde la que empezamos a trabajar para luego, sacar unas conclusiones. Cada grupo tendrá diferentes ideas y sería interesante que las pusieran en común.

Actividad 4.1: Zona de habitabilidad de nuestra estrella

Haced cinco equipos para realizar el siguiente experimento.

Cada equipo se informará sobre la vida en otros planetas y sobre la “zona habitable” en diferentes medios de comunicación. Además de los links que os dejamos podéis ampliar la información con otros artículos.

- Equipo 1: buscad en twitter
 - https://twitter.com/search?q=zona%20de%20habitabilidad&src=typed_query
 - <https://twitter.com/OuterWorlds/status/1278775110199959552>
- Equipo 2: buscad en prensa
 - <https://www.meganoticias.cl/mundo/293927-estudiante-descubre-nuevos-planetas-1ab.html>
 - https://www.eldiario.es/tecnologia/confirman-proxima-exoplaneta-situado-habitabilidad_1_5978683.html
- Equipo 3: buscad en Wikipedia
 - https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_de_habitabilidad
- Equipo 4: buscad en la Sociedad Española de Astronomía
 - <https://www.sea-astronomia.es/glosario/zona-de-habitabilidad>



- Equipo 5: buscad en el siguiente vídeo que se proyecta en diferentes planetarios
 - vimeo ([El mundo anillo](#))

Una vez os hayáis informado vamos a intentar obtener algunas conclusiones. Para ello intentad contestar a las siguientes preguntas.

Escribe el nombre de tu Equipo y el medio usado (Twitter, prensa, wikipedia, páginas especializadas o documentales).

Cada equipo escribe en qué tipo de medio se ha informado. Pueden buscar más información pero siempre en el mismo tipo de medio.

¿A qué llamamos zona de habitabilidad?

En astrofísica, se denomina zona de habitabilidad estelar a la región alrededor de una estrella en la que el flujo de radiación incidente permitiría la presencia de agua en estado líquido sobre la superficie de cualquier planeta (o satélite) rocoso que se encontrase en ella y que contase con una masa comprendida entre 0,5 y 10 masas terrestres y una presión atmosférica superior a 6,1 mbar, correspondiente al punto triple del agua a una temperatura de 273,16 K.

Cada equipo dará una definición diferente pues en los enlaces que tienen que ver/leer puede variar lo que encuentren.

¿Marte reúne las condiciones necesarias para hallar vida? Justificad la respuesta.

Sí. Según los últimos datos científicos, sobre todo de Curiosity en cráter Gale, junto con experimentos en cámaras planetarias (laboratorios en la Tierra que asemejan condiciones de otros planetas y satélites del Sistema Solar) la vida de la Tierra (microorganismos extremófilos) podría vivir en las condiciones marcianas, sobretodo enterrada en el subsuelo marciano.

¿Qué os ha parecido el medio de información empleado? ¿Es suficiente esta información o pensáis que sería necesario contrastar esta noticia?

En esta parte de la actividad sería interesante que comenten con los diferentes grupos sus opiniones así como las respuestas halladas.

Se darán cuenta que el encontrar información veraz cuesta más en unos medios que en otros y que muchas veces las noticias son muy sensacionalistas (incluso en el ámbito científico) dejando un poco de lado la rigurosidad.

En todos los medios podrán encontrar buena información pero hay que elegir bien los artículos, las personas a las que se siguen o los documentales que se ven.

La zona de habitabilidad depende principalmente de dos factores: la **masa** de la estrella y su **edad**. A medida que evoluciona una estrella va cambiando su temperatura y su luminosidad.

La *Figura 9* compara la zona de habitabilidad de nuestro sistema solar, mostrando los planetas más internos como referencia, con el sistema planetario extrasolar Gliese 581 y sus seis planetas descubiertos hasta la fecha.

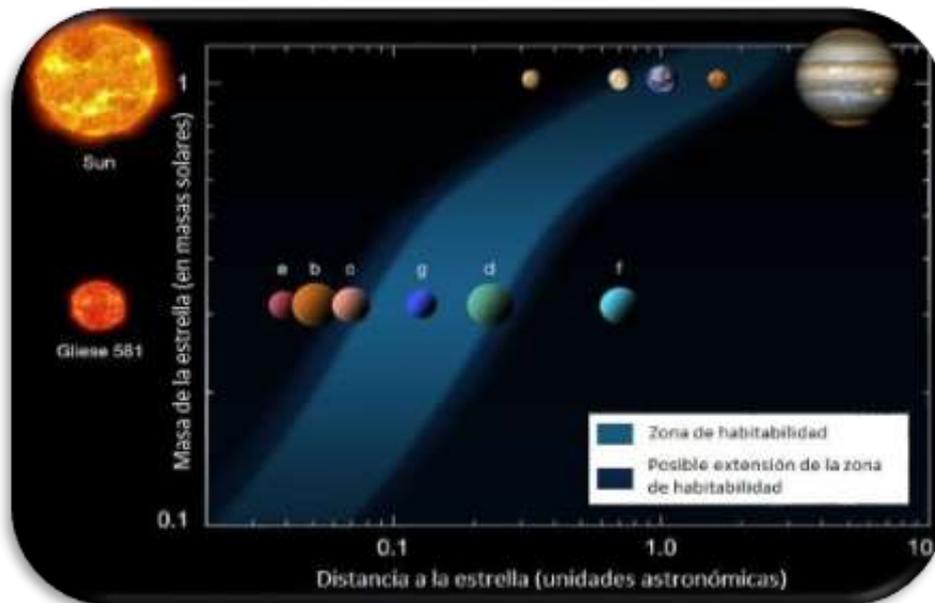


Figura 9. Gráfica de la zona de habitabilidad (Créditos: OpenMind-BBVA)

Nuestro planeta no está ni lejos ni cerca del Sol, eso hace que la temperatura media del planeta sea de 15° C, permitiendo así poder encontrar agua en estado líquido en su superficie.

Si la Tierra fuera más pequeña, su masa no podría atraer por gravedad a su atmósfera protectora y además sería tan espesa y densa que no dejaría pasar la luz del sol. La atmósfera terrestre deja pasar la luz visible, con la que realizan los procesos vitales los vegetales, y sin embargo atrapa las radiaciones de alta energía por su composición rica en oxígeno (de origen biológico). Esta composición permite la formación de ozono, una molécula compuesta por tres átomos de oxígeno.

Después de todo lo que hemos ido viendo, podríamos concluir que la **zona de habitabilidad** se puede definir como la región alrededor de una estrella en la que el flujo de radiación incidente permitiría la presencia de agua en estado líquido, sobre la superficie de cualquier planeta (o satélite) rocoso que se encontrara en ella. Este cuerpo rocoso debe tener una masa comprendida entre 0,5 y 10 masas terrestres y una presión atmosférica superior a 6,1 mbar. Estas condiciones corresponden al punto triple del agua (punto en el que el agua es estable tanto de forma sólida, como líquida y gaseosa) a una temperatura de 273,16 K.

El motivo de buscar esta zona de habitabilidad es que consideramos que el agua líquida es imprescindible para la vida, lo cual no tiene por qué ser rigurosamente cierto.

Actividad 4.2: Estudia las zonas de habitabilidad de diferentes estrellas

Para llevar a cabo esta actividad vamos a utilizar un simulador que nos ayudará y simplificará muchísimo todo lo que tendremos que hacer.

Hemos visto en la [Actividad 4.1](#) lo que era la zona de habitabilidad y este simulador la recreará perfectamente para diferentes estrellas.

1. Pinchad en el enlace del [simulador](#) y veréis la siguiente pantalla (*Figura 10*).

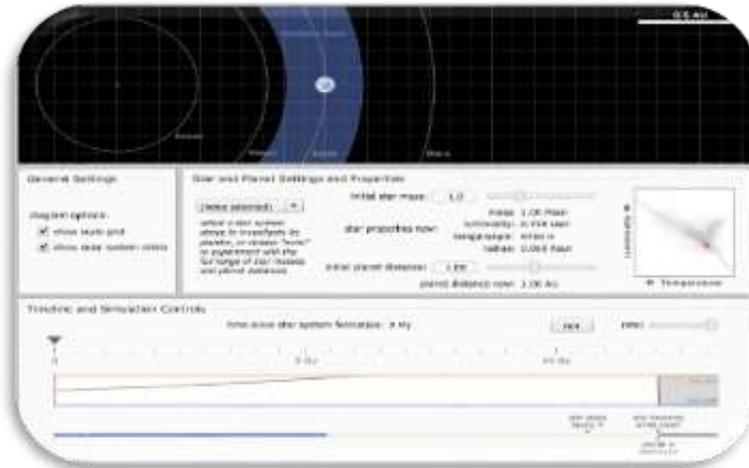


Figura 10. Simulador página inicial (Créditos: University of Nebraska-Lincoln)

Nota: Si no se consigue ver esta página habrá que darle permisos en la barra del navegador para que se ejecute "Flash".

2. Fijáos en el menú de opciones para ver los diferentes parámetros:
 - Parámetros de entrada (que se pueden modificar):
 - Nombre de la estrella (unas cuantas ya predefinidas)
 - Masa de la estrella
 - Distancia del planeta en su órbita alrededor de la estrella
 - Edad de la estrella (cómo evoluciona la estrella con el tiempo)
 - Parámetros de salida (resultado de los de entrada)
 - Luminosidad
 - Temperatura
 - Diagrama Hertzsprung-Russell (gráfica luminosidad-temperatura)
 - Fase de vida de la estrella
 - Impacto en el planeta

Ahora tenéis dos opciones:

- Podéis elegir una de las estrellas predeterminadas y variar la proximidad del planeta a ella. (*Figura 11a*)
- No elegir ninguna, modificar la masa y la proximidad del planeta. (*Fig. 11b*)

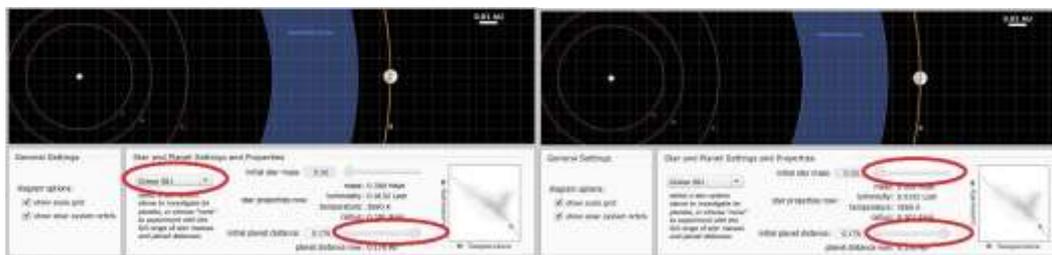


Figura 11. a. variación de la estrella, b. variación de la masa. (Créditos: University of Nebraska)

- Eligid la opción a o b y tomad una estrella para vuestro estudio con el fin de ver cómo funciona el simulador de zona de habitabilidad. Presionad “run” para ver como evoluciona con el tiempo. ¿Qué veis al dejar correr el simulador?

Aparecerá en la línea temporal la gráfica de cuándo estará, o no, nuestro planeta en la zona de habitabilidad.

También se podrá ver la gráfica de la luminosidad frente a la temperatura, también conocido como diagrama H-R (Hertzsprung-Rusell).

Nota: El simulador dibuja el rango de la zona de habitabilidad (CHZ, Circumstellar Habitable Zone) para distintas estrellas, dada su masa. La masa vendrá dada en masas solares (M_{sun}) para poder comparar las zonas de habitabilidad con las distancias en nuestro Sistema Solar. Recordad también que $1 \text{ UA} = 150.000.000 \text{ km}$ (distancia de la Tierra al Sol).

Una vez que hayáis experimentado con el simulador ya podéis hacer diferentes equipos para investigar distintas estrellas. También se puede realizar de forma individual donde cada uno elegirá una estrella predeterminada.

Tendréis que rellenar la *Tabla 2*:

Nombre de la estrella, masa (M_{sun}) y tiempo de vida (My o Gy)				
Edad (My o Gy)	Luminosidad estelar (L_{sun})	Distancia interior CHZ (ua)	Distancia exterior CHZ (ua)	Ancho del CHZ (ua)
Inicial				
Media				
Final				

Tabla 2. Tabla de rango de habitabilidad

Se muestra el ejemplo para el Sol en la *Tabla 2a*:

Sol, 1 (Msun) y 12 (Gy)				
Edad (My o Gy)	Luminosidad estelar (Lsun)	Distancia interior CHZ (ua)	Distancia exterior CHZ (ua)	Ancho del CHZ (ua)
Inicial 0 Gy	0,379	0,817	1,170	0,353
Media 6 Gy	1,170	1,030	1,480	0,450
Final 12 Gy	130,000	8,100	11,600	3,500

Tabla extra. Tabla de rango de habitabilidad con datos del Sol

¿Cómo varían la luminosidad y el ancho de la zona de habitabilidad para las edades?

La luminosidad va aumentando lentamente hasta que la estrella se convierte en una enana blanca, que disminuye rápidamente.

El ancho de la zona de habitabilidad va aumentando, poco a poco, con el tiempo según aumenta la luminosidad de nuestra estrella hasta que se convierte en una enana blanca y disminuye rápidamente. Además cuanto más aumenta la luminosidad más se aleja la zona de habitabilidad de la estrella.

Comentad con el resto de equipos vuestros resultados, ¿qué conclusión general se puede obtener sobre la dimensión y la distancia a la estrella de la CHZ para los diferentes tipos de estrellas? Mirad la *Figura 12*.

Para todos los sistemas planetarios la zona de habitabilidad empieza siendo más estrecha y, poco a poco, se va haciendo más ancha según evoluciona su estrella. También ocurre, para todos los casos, que cuando aumenta la luminosidad la zona de habitabilidad se va alejando de la estrella. En el momento en el que la estrella evoluciona, ya sea a enana blanca, a estrella de neutrones o a agujero negro, la zona de habitabilidad se reduce rápidamente.

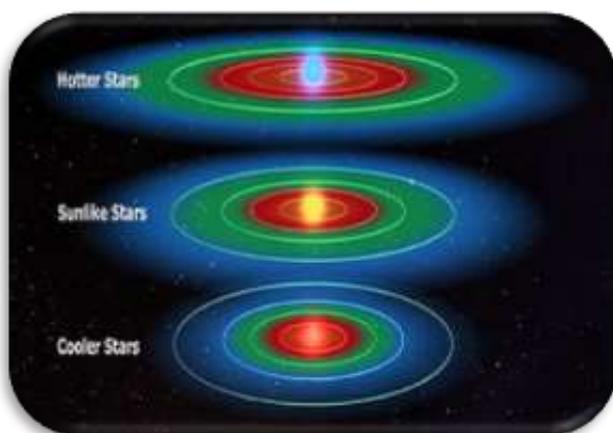


Figura 12. Comparación zonas de habitabilidad para diferentes tipos de estrellas (Créditos: [Circumstellar Habitable Zones - Habitable Zones - NAAP](#))

Actividad 4.3: Pasado, presente y futuro del agua en Marte

En la [Actividad 4.2](#) se ha hablado de la zona de habitabilidad entorno a otras estrellas que no eran la nuestra. Ahora vamos a centrarnos en el Sol y en el planeta Marte para entender un poco mejor la existencia, o no, de agua líquida en la superficie del planeta rojo.

Si no ha sido realizada, id a la [Actividad 4.2](#) para saber cómo manejar mejor el simulador que vamos a utilizar.

1. Pinchad en el enlace del [simulador](#) y aparecerá la pantalla inicial como muestra la *Figura 13*.
2. Aseguraos de que la masa inicial sea 1 masa solar (Msun).

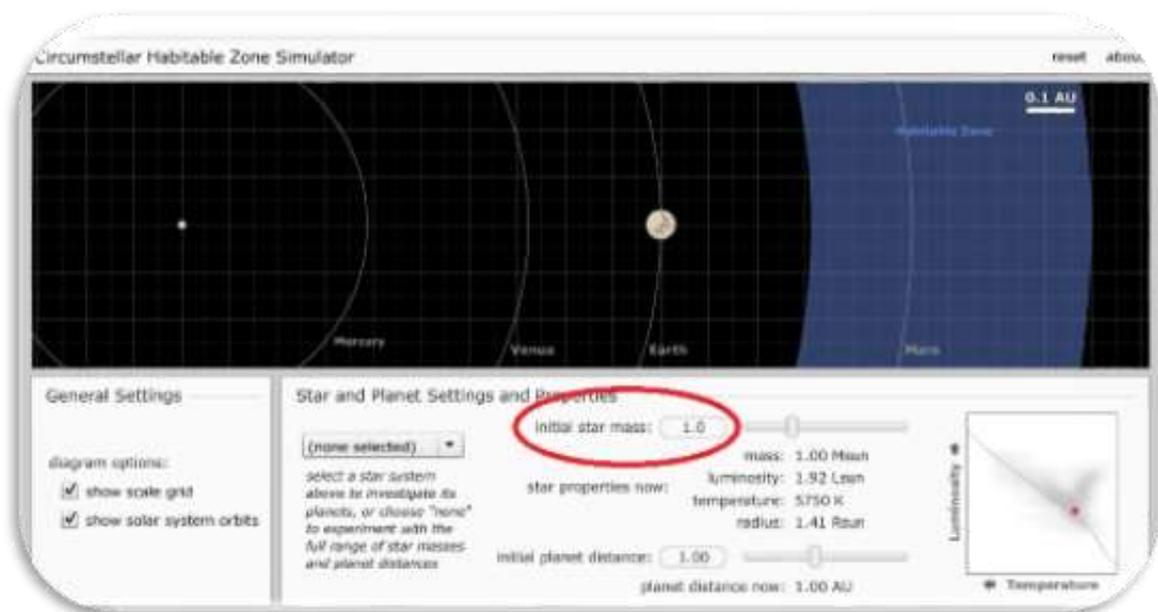


Figura 13. Simulador con masa inicial 1 Msun (Créditos: University of Nebraska-Lincoln)

3. Fijáos en la ventana de la línea temporal, que indica la edad de la estrella, y bajad la velocidad de la simulación (*Figura 14*).

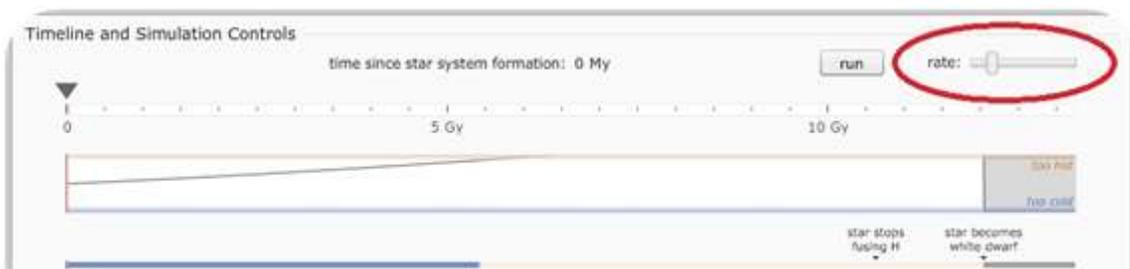


Figura 14. Línea temporal del simulador (Créditos: University of Nebraska-Lincoln)

4. Presionad “run” y observad en la ventana superior (imagen de los planetas y la estrella) en qué periodos Marte se encuentra en la zona de habitabilidad para poder rellenar la *Tabla 3*. (Nota: también se puede observar la zona de habitabilidad en la línea azul que se genera en la parte baja de la línea temporal) (*Figura 15*).

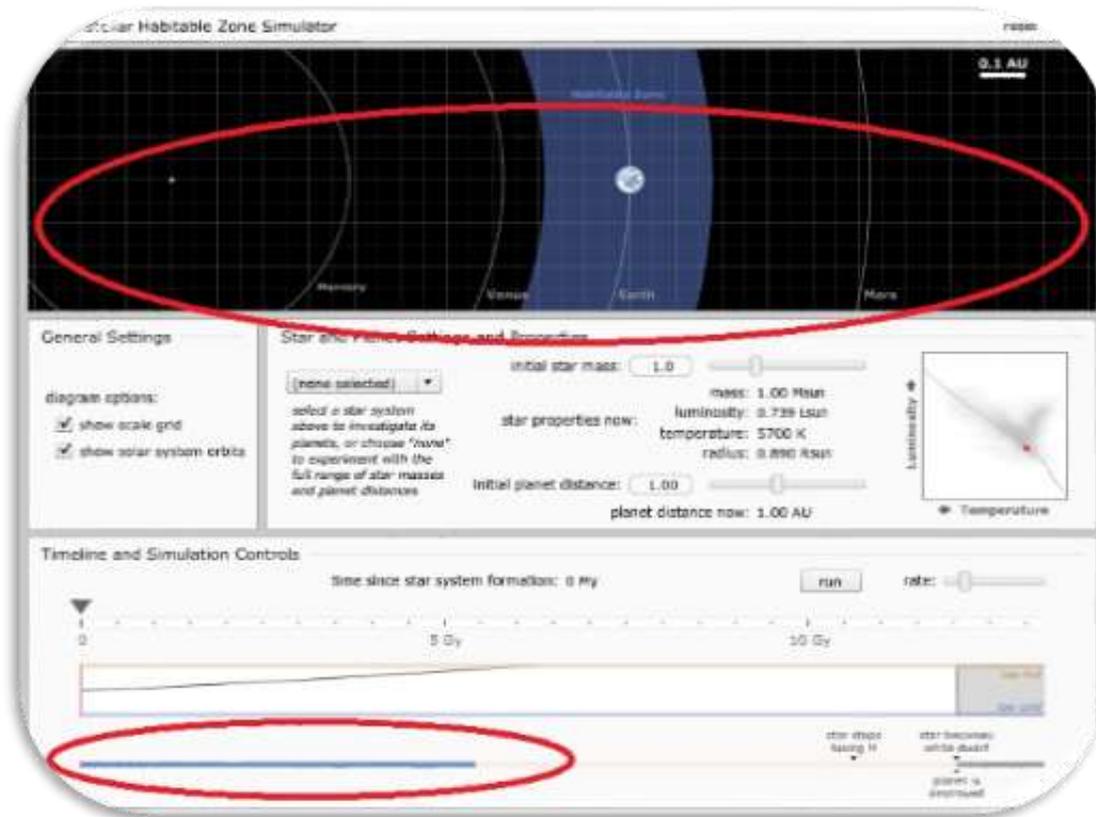


Figura 15. Línea temporal del simulador (Créditos: University of Nebraska-Lincoln)

Rango de edad del Sol	Marte en zona de habitabilidad
0 - 6,9 Gy (Giga years)	No
6,9 Gy - 11,1 Gy	Sí
11,1 Gy - 13,2 Gy	No

Tabla 3. Zona de habitabilidad en Marte

Actividad 4.4: Extremófilos

En las actividades anteriores se ha estado relacionando la vida con ambientes en los que tiene que existir agua líquida en la superficie del planeta o cuerpo rocoso, ya que cuando hablamos de organismos o seres vivos solemos pensar en nuestras mascotas, una ballena, una mariquita o las plantas de nuestra casa, pero en realidad este concepto abarca a un grupo mucho mayor. Entre ellos se encuentran organismos llamados **extremófilos** y su característica principal es que viven en entornos que a simple vista nos parecerían tremendamente hostiles.

Algunos viven en temperaturas límite tanto frías como calientes, otros son capaces de vivir en lugares donde no llega ni un rayo de sol, donde hay una radiación extrema o donde la acidez del medio lo hace un lugar inhóspito.



Figura 16: Imagen de un extremófilo. (Créditos: BBC)

Intentad averiguar cuál es el organismo que aparece en la *Figura 16*, sabiendo que es uno de los extremófilos más famosos, y elegid lo que más os llame la atención de él (podéis elegir varias características).

Es un tardígrado, también conocido como oso de agua. Tiene muchas características interesantes como pueden ser:

- Sobreviven en el vacío.
- Soportan la radiación ionizante
- Soportan altísimas presiones (casi 6000 atmósferas)
- Sobreviven en un rango muy grande de temperaturas,

Se recomienda realizar [esta actividad educativa](#) de extremófilos diseñada por ESA Educación. ¿Se os ocurre algún extremófilo que pudiera vivir en Marte?

Sí, sobretodo microorganismos del subsuelo terrestre. Por ejemplo, microorganismos quimiolitotrofos, que pueden crear materia orgánica a través de obtener energía de reacciones redox que hay en rocas o en disolución en zonas volcánicas. Por ejemplo, microorganismos extremófilos de Río Tinto, un río de Huelva que es completamente rojo por tener grandes cantidades de hierro, podrían vivir en el subsuelo de Marte, sin problemas. Es más, los minerales de Río Tinto se encuentran también en Marte. Son condiciones de origen biológico en la Tierra.

Actividad 5: ¿Qué sabes de Marte?

En la siguiente actividad vais a conocer todo lo que necesitareis saber sobre Marte para diseñar vuestro reto.

Consultad la siguiente infografía (figura 16) sobre Marte y rellenad la *Tabla 4*:

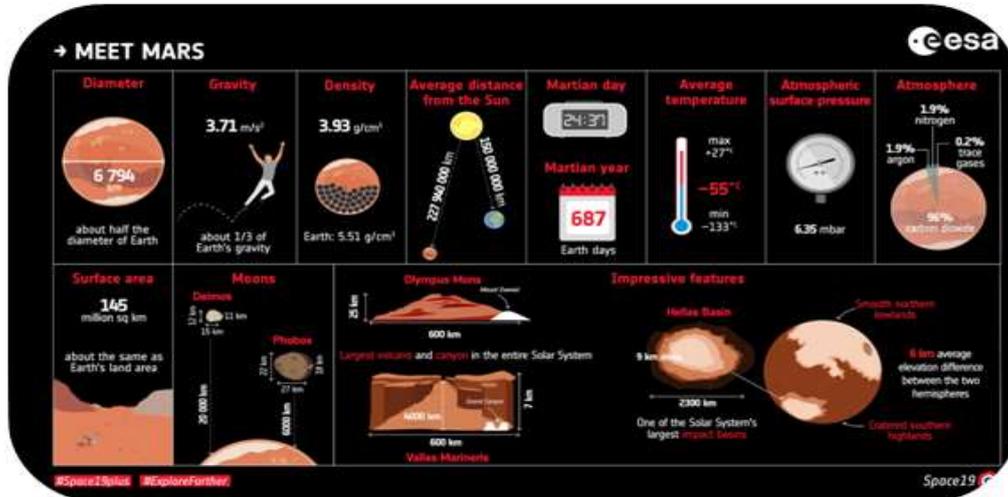


Figura 17: Información importante de Marte comparado con la Tierra. (Créditos: ESA)

	Tierra	Marte
Radio	6 371 km	3 389 km
Color	Predominantemente azul	Marrón rojizo
Inclinación del eje de rotación	23.26°	25.19° Pero muy variable
Presión Atmosférica	1 013.25 mbar	6.35 mbar
Composición Atmosférica	78% N ₂ , 21% O ₂ , 0.93% Ar 0.04% Trazas de otros gases	96% CO ₂ , 1.9% Ar, 0.2% Trazas de otros gases
Gravedad	9.78 m/s ²	3.71 m/s ²
Casquetes polares	Sí, en el polo norte y el polo sur	Sí, norte (hielo de H ₂ O) y sur (hielo de H ₂ O y CO ₂)
Temperatura media	14.05°C	-55°C

Tabla 4. Comparación entre la Tierra y Marte

Para más información sobre Marte leed el [Cuadernillo CESAR sobre Marte](#) si es necesario.



Actividad 6: Conocimientos científicos que tenemos de la superficie de Marte

Actividad 6.1: La geología de Marte

Hipótesis

¿Pensáis que la historia geológica de Marte y de la Tierra es parecida o diferente? Contadnos vuestra versión de la historia:

La historia geológica de Marte está congelada en el tiempo. Los depósitos más nuevos pueden tener unos 3 000 millones de años. Se puede estudiar cómo eran los planetas prácticamente al origen de su formación, algo que en la Tierra, quedan muy pocas muestras para estudiarlo

Nota:

- Giga años (miles de millones) = 10^9 años (Gyr en inglés o Billion years)
- Mega años = millones de años = 10^6 años (Myr en inglés)
- Billón de años = 10^{12} años (Trillion years en inglés)

La historia geológica de Marte se divide en tres grandes periodos:

El periodo **Noáico** es el período más antiguo de Marte, y abarca entre 4 100 y 3 700 millones de años (Ma) atrás (4.1 y 3.7 Gy o billion years). En esta época el planeta era más caliente y húmedo de lo que es ahora. Grandes cantidades de agua líquida corrían por su superficie, excavando grandes túneles. En esa época Marte tenía un campo magnético que protegía la superficie del viento solar.

El periodo **Hespérico**, duró entre 3 700 y 3 000 Ma (3.7 y 3 Gy). Se caracterizó por un amplio vulcanismo y grandes inundaciones. Durante esta época, grandes cantidades de lava se depositaron, y el agua líquida se encontraba menos extendida y más ácida.

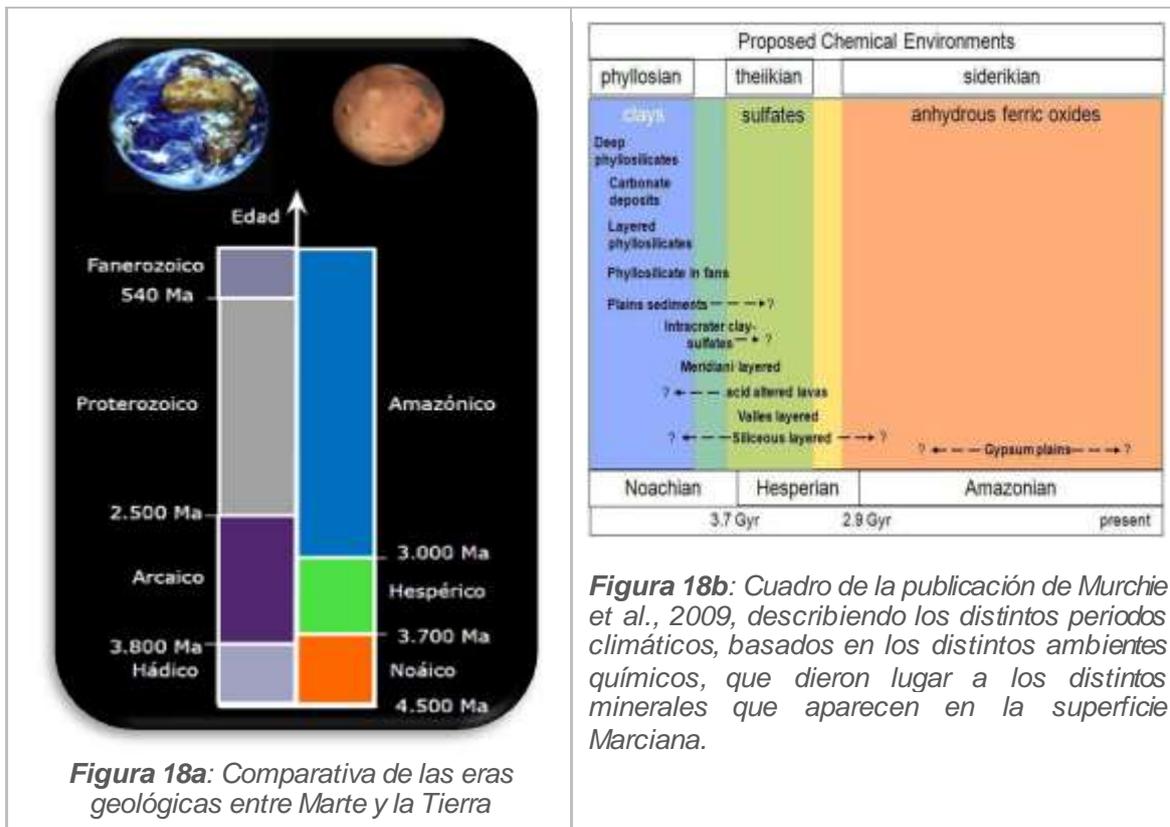
El periodo **Amazónico**, se extiende desde hace 3 000 Ma a la actualidad (< 3 Gy). En esta etapa los campos magnéticos de Marte desaparecieron. Esto permitió al viento solar dividir el agua de la atmósfera en las moléculas que la forman, hidrógeno y oxígeno. La atmósfera marciana no pudo retener el hidrógeno y este fue arrastrado por el viento solar al espacio. Por otro lado, el oxígeno oxida el planeta: el color rojizo de Marte se debe al óxido de hierro causado por este motivo.

Después de leer todo lo anterior, ¿en qué periodo pensáis que hubo mayor probabilidad de existir vida en Marte? ¿Por qué?

En el Noáico, ya que Marte tenía las mismas condiciones que la Tierra primigenia, cuando se originó la vida en la Tierra. Marte tenía una atmósfera más densa que la actual, rica en CO₂, con mayor presión superficial, y la temperatura más elevada. Esto hacía que pudiera haber de forma estable, agua en estado líquido en la superficie. Además estaba protegido por un campo magnético, como en la Tierra

Algo curioso que se observa es que cuando termina la mejor época para el desarrollo de vida en Marte, el Noáico, es casi justo cuando aparecen las primeras trazas de vida en la Tierra, en el Arcaico. ¿Casualidad o causalidad? ¿La vida en Marte pudo llegar a la Tierra en esa época? Escribid vuestra teoría.

Según la teoría de la panspermia, la vida de la Tierra (microorganismos extremófilos que viven dentro de las rocas (endolíticos) pueden sobrevivir a la entrada en la atmósfera de un meteorito (se funde el exterior del meteorito, pero en interior se queda a temperaturas aptas para la vida). Así que según esta teoría, los marcianos existen y somos nosotros, ya que la vida en la Tierra pudo venir de Marte en un meteorito.



Elegid la opción más adecuada para la *Tabla 5* con la información de los distintos periodos/edades de Marte. Para ello debéis fijaros en la *Figura 18 a y b* y en la explicación de las eras geológicas (Noáico, Hespérico y Amazónico).

Nombre del periodo	Periodo de Tiempo	Clima	Minerales predominantes	Vulcanismo	Campo magnético
Noáico	4 500 - 3 700 Ma	Más cálido y Húmedo	Filosilicatos y arcillas	Sí	Sí
Hespérico	3 700 - 3 000 Ma	Lluvia ácida	Sulfatos	Sí y mucho	No
Amazónico	3 000 Ma - presente	Frío y seco	Óxido de hierro	Casi inexistente	No

Tabla 5: Periodos de Marte

¿Coinciden las eras geológicas marcadas por cráteres de impacto (Noachian, Hesperian, Amazonian) con las eras basadas en ambientes geoquímicos (Phyllosian, Theiikian, Siderikian)?

Como se puede observar, la era Phyllosian, Theiikian y Siderikian concuerdan en gran medida en el tiempo con la era Noaica, Hespérica y Amazónica, aunque no al 100%

Con la llegada de la misión Mars Express de la ESA y el instrumento OMEGA, un espectrómetro que utiliza luz visible e infrarroja para crear mapas mineralógicos de Marte, se vio que entre distintas épocas marcianas, aparecían distintos minerales (Figura 16b)

¿Qué creéis que ocurrió en Marte, como cambios climáticos globales, para cambiar la mineralogía de esa forma? ¿Qué pudo provocar la acidificación del planeta en la era Theiikian? ¿Y la oxidación del planeta en la era Siderikian? Cuenta que no es algo local, sino algo que ocurrió en todo el planeta. ¿Podría ocurrir en la Tierra?

Lo que parece que ocurrió es que primero se activaron los grandes volcanes del planeta, en la era Theiikian, soltando una gran cantidad de SO₂ y otros gases a la atmósfera, y creando una importante lluvia ácida por todo el planeta.

Después, en la era Siderikian, el campo magnético que protegía la superficie del planeta del viento solar, dejó de hacerlo, y el viento solar dio de lleno en la superficie marciana. Al estar en contacto, ese viento solar, con el vapor de agua de la superficie, esas moléculas de agua se rompen la molécula del agua por fotólisis, y separa el H₂O en sus dos componentes principales, oxígeno e hidrógeno.

El hidrógeno es un gas muy ligero, y como la gravedad de Marte es tres veces más pequeña que la de la Tierra, es fácilmente barrido hacia el espacio exterior, mientras que el oxígeno del agua, oxida el planeta.

Actividad 6.2: La atmósfera de Marte

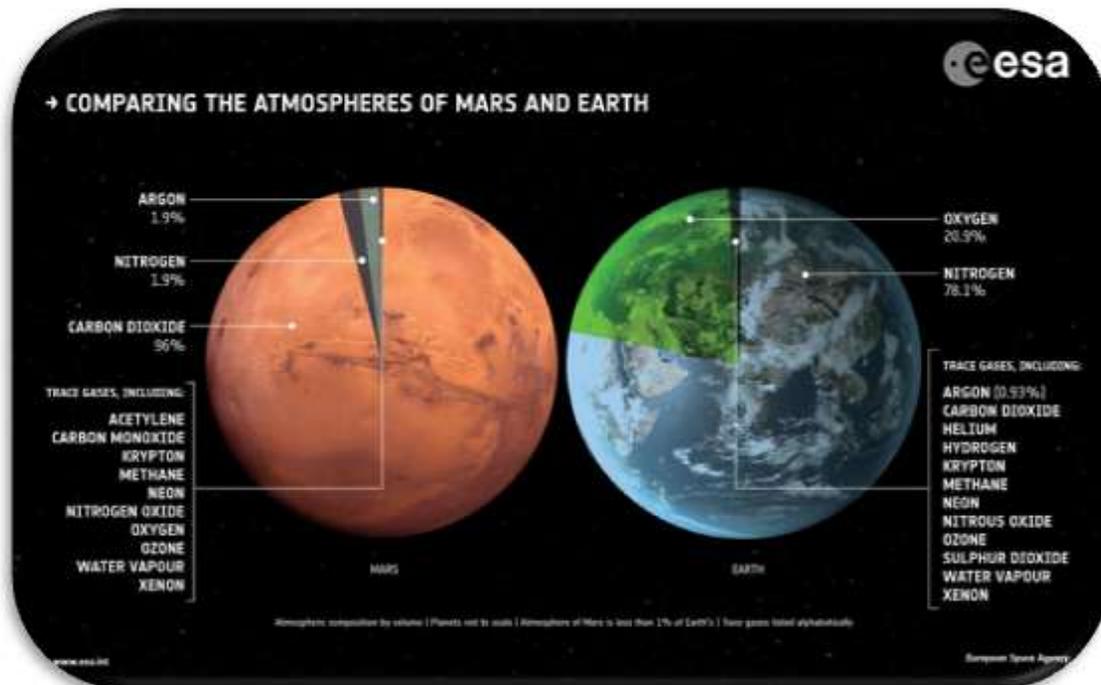


Figura 19: Comparación de la atmósfera marciana con la terrestre. (Créditos: ESA)

La atmósfera marciana es mucho más tenue que la terrestre. La presión superficial de su atmósfera es 100 veces más baja que la terrestre y debido a que es un planeta con menos gravedad que la Tierra y sin la protección de un campo magnético en la actualidad, Marte cada vez va perdiendo más atmósfera y será aún más tenue con el tiempo.

Como vemos en la *Figura 19*, su atmósfera está compuesta, principalmente por dióxido de carbono (CO_2) (96%), seguido del nitrógeno (N_2) y del argón (Ar), casi un 2% cada uno. Todo lo demás son trazas, encontrándose oxígeno (O_2), vapor de agua o metano (CH_4), en esas trazas.

El problema de Marte es que, además de la pérdida continua de atmósfera, esta no se renueva, pues el vulcanismo lleva extinto o muy disminuido por muchos millones de años, y su tectónica de placas es un tema muy controvertido para diferentes grupos científicos (unos piensan que nunca ha habido y otros que solo hubo al comienzo de la historia geológica). El dióxido de carbono (CO_2) no se recicla ni se renueva. Esto es importante porque es el gas de efecto invernadero principal del planeta (¡ojo!, aunque supone el 96% de la composición de la atmósfera, esa atmósfera es muy tenue, 100 veces más tenue que la de la Tierra), y sin su renovación, el efecto invernadero del planeta es casi inexistente.

Escribid con su formulación química las diferentes moléculas y átomos que se encuentran en la atmósfera de Marte.

CO_2 , N_2 , Ar, O_2 , CO, H_2O , N_2O , Ne, Kr, $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$, Xe, O_3 , H_2O_2 , CH_4

Actividad 7: Exploración de Marte por la Agencia Espacial Europea

Marte es el planeta, a excepción de nuestra propia Tierra, al que más misiones se han enviado para descubrir sus secretos. Desde que empezó la carrera y exploración espacial en los años 60, unas 40 misiones se han enviado a Marte, de las cuales, más de la mitad han fracasado total o parcialmente, como podemos ver en la *Figura 20*. Los científicos llegaron a decir que “el demonio de Marte” volvía a hacer de las suyas, esa fuerza misteriosa que saboteara las misiones que se dirigían al planeta rojo, ya que muchísimas misiones se perdieron en el espacio o se estrellaron en el planeta sin éxito.

La primera misión que llegó con éxito al planeta rojo fue la Mariner 4 (NASA), que en 1964 tomó 22 fotografías de la superficie de Marte. Mars 2 (Rusia, 1971) fue la primera misión que se puso en órbita, y Mars 3, su sonda hermana, consiguió tanto ponerse en órbita como soltar un módulo de amortizaje que duró activo unos 20 segundos.

Pero no fue hasta mediados de los 70 cuando las famosas Vikings (NASA) llegaron a Marte, fotografiaron la mayor parte de la superficie del planeta y realizaron los primeros test para ver si podía haber vida en Marte. Se realizaron tres test metabólicos, dos dieron positivo y uno negativo, pero los positivos podían explicarse por procesos abióticos, con lo cual, la conclusión científica fue que “no se puede demostrar que hay vida en Marte”. Esa frase fue traducida por la prensa y por los políticos como “no hay vida en Marte”. Esto hizo que prácticamente se cancelaran todas las misiones a Marte durante más de 15 años, hasta mediados de los 90, donde se retomaron las misiones a Marte.



La Agencia Espacial Europea ha protagonizado dos grandes misiones a Marte, Mars Express (*Figura 21*) y ExoMars (esta segunda misión se divide en ExoMars 2016 y Exomars 2022) (*Figura 23*).



Figura 21: Sonda Mars Express orbitando alrededor de Marte. Créditos: ESA

La misión Mars Express llegó a Marte en 2003 y desde entonces sigue funcionando. Su nombre viene de la rapidez con la que se hizo la misión, ya que se utilizó y adaptó gran parte de la tecnología utilizada para la misión Rosetta en realizar de forma exprés otras dos misiones, Mars Express y Venus Express. La misión estaba compuesta por dos partes, el satélite orbital Mars Express Orbiter y el módulo de amartizaje, el Beagle 2, que quería realizar experimentos geoquímicos y exobiológicos en la superficie del planeta. El amartizaje del Beagle 2 fracasó, pero Mars Express Orbiter ha conseguido grandes logros científicos, como se puede ver en la *Figura 22*.

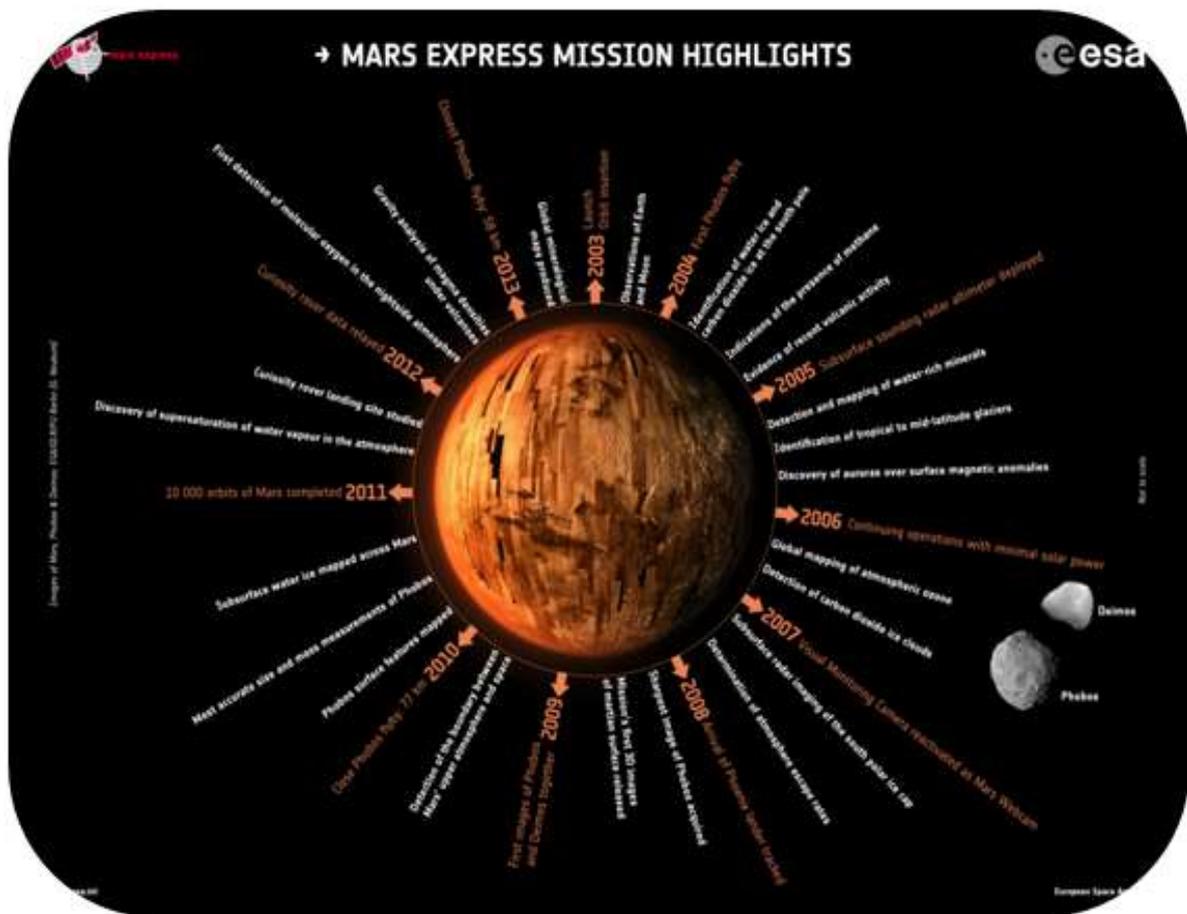


Figura 22: Momentos clave de los descubrimientos de la misión Mars Express. Créditos: ESA

Gracias a la misión Mars Express se ha conseguido mapear casi toda la superficie del planeta y sus lunas, Fobos y Deimos. Se ha podido confirmar que hay hielo de agua y CO₂ en Marte y se han hecho mapas de la composición mineralógica de la superficie marciana. Gracias a esta misión, se han encontrado los famosos minerales hidratados de Marte, los cuales nos dicen que su pasado fue mucho más cálido y húmedo que ahora. Mars Express incluso ha encontrado un [lago de hielo líquido](#) bajo la superficie del polo sur de Marte. También ha analizado en detalle la atmósfera marciana, detectando metano y otros gases interesantes.

ExoMars es la otra gran misión de la Agencia Espacial Europea, en colaboración con Roscosmos, la agencia espacial rusa. Esta misión está centrada en buscar vida en Marte, y se dividió en 2 misiones, ExoMars 2016 y ExoMars 2022. Su nombre viene de “Exobiology on Mars” y su principal finalidad es encontrar restos de vida pasada o presente en Marte, además de estudiar el agua y la atmósfera marciana, y de preparar una posible nueva misión de retorno de muestras de Marte a la Tierra.



Figura 23: Representación artística de la misión ExoMars. Créditos: ESA

Se dividió en dos partes para intentar luchar contra ese “demonio marciano” que hace tan difícil llegar y amortizar de forma segura. El amortizar de forma segura en Marte es un asunto pendiente tanto para la Agencia Espacial Europea como para Roscosmos. Por eso, se realizó una primera parte de la misión en el 2016, donde se llevó un módulo de amortizaje, la sonda Schiaparelli EMD (del inglés *Entry, Descent and Landing Demonstrator Module*). Parece ser que el “demonio de Marte” volvió a hacer de las suyas, pero de los errores se aprende y el módulo orbital de ExoMars, el TGO (*Trace Gas Orbiter*) está realizando una recopilación de datos valiosísimos para prepararnos para la segunda parte de la misión, en el 2022, además de ayudarnos en siguientes misiones como la [“Mars Sample Return mission”](#), donde se irá a Marte y se traerán de vuelta a la Tierra muestras marcianas.

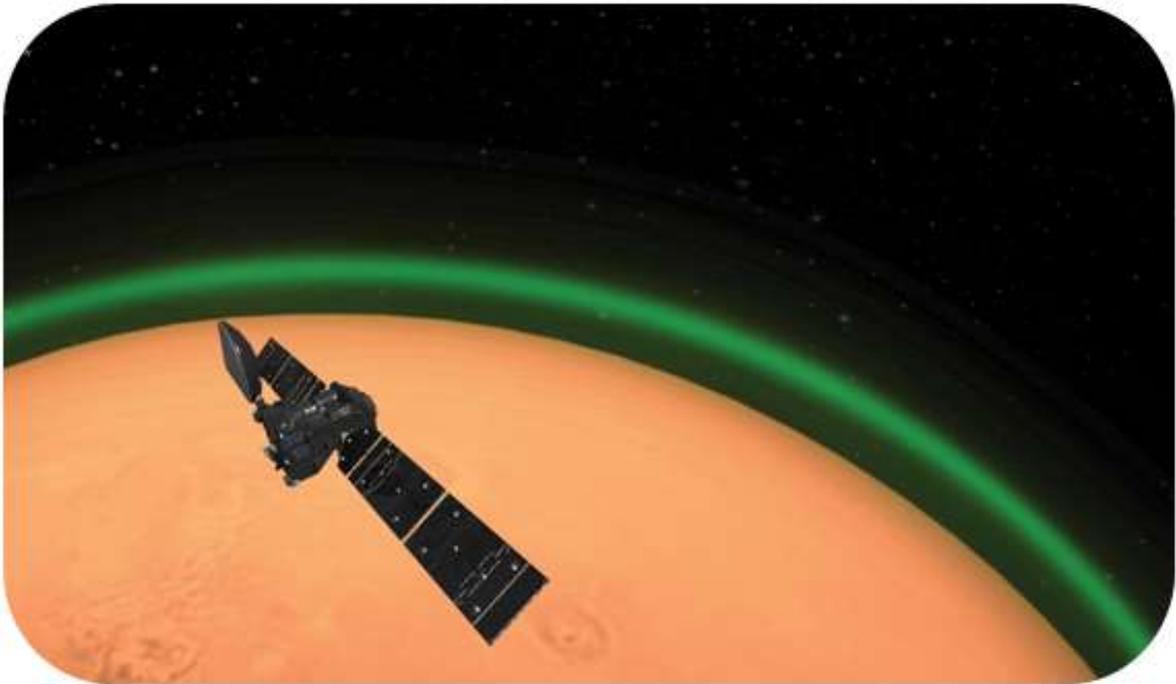


Figura 24: TGO buscando restos de oxígeno verde en la atmósfera marciana. Créditos: ESA

Para más información, podéis mirar los siguientes links:

WEB:

- [Historia de exploración de Marte](#)
- [Logros de la misión Mars Express](#)

VIDEOS:

- [Mars Express](#)
- [ExoMars](#)
- [Misiones 2020-2030](#)

MODELO 3D:

- [Flota de naves de la ESA](#)
- [Marte](#)
- [ExoMars](#)

Leed atentamente estos dos importantes estudios realizados a raíz de las misiones a Marte que nos ayudarán en la optimización de nuestro reto: hallar vida en Marte.

Actividad 7.1: Grandes hitos de la Agencia Espacial Europea en Marte

Detección de agua en Marte

Primeros descubrimientos:

Lo primero que se intentó buscar fue agua, la cual la consideramos, hasta el momento, como un elemento primordial para encontrar vida fuera de la Tierra. Marte tiene un casquete polar norte y otro sur que son fácilmente visibles desde la Tierra.

Estos casquetes estaban supuestamente compuestos de hielo de agua, pero había que demostrarlo.

En el 2004 se consiguió demostrar gracias a la **Mars Express** y su instrumento **OMEGA** (el detector de minerales en la superficie de Marte), el cual analizó el polo sur marciano, viendo que a unas temperaturas de $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$, conviven en equilibrio hielo de agua y hielo de dióxido de carbono (también llamado hielo seco).

Uno de los grandes logros de la misión Mars Express es el haber encontrado agua, tanto en forma de hielo como líquida. La detección de moléculas o biomarcadores, que en la Tierra suelen estar asociadas a actividad microbiana o actividad biológica, son temas claves a la hora de buscar restos de vida presente o pasada en nuestro planeta vecino.



Figura 25: Chiste sobre si hay agua en Marte (Water on Mars). Créditos [reddit](#)

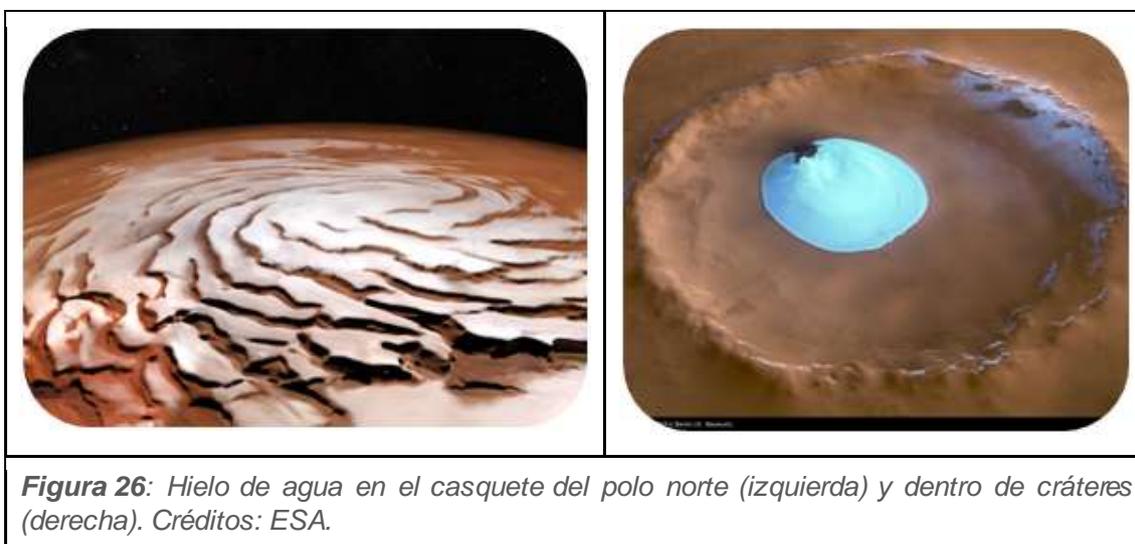


Figura 26: Hielo de agua en el casquete del polo norte (izquierda) y dentro de cráteres (derecha). Créditos: ESA.

Posteriores descubrimientos:

Pero el gran avance, en este campo, llegó en el verano del 2018, cuando se encontró, gracias al radar de **MARSIS** de la misión **Mars Express**, lo que parece ser un lago de agua líquida salada, debajo de la capa de hielo del polo sur marciano (*Figura 27*).

Este lago tiene una longitud de unos 20 km y una profundidad de al menos 1 m.

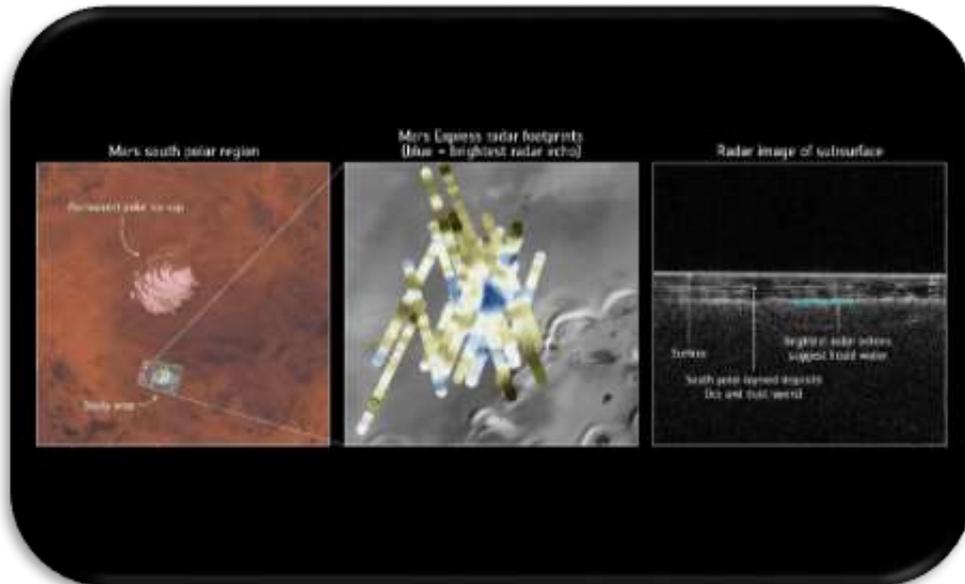


Figura 27: Lago subglaciar en el polo sur marciano Créditos: ESA.

Esta es una capa brillante que se ha encontrado analizando las imágenes de radar del polo sur de Marte, en una zona de unos 200 km² y al menos con 1,5 km de profundidad sobre capas de hielo y polvo rojo marciano. Esa capa brillante es tremendamente plana y sin imperfecciones. Solo la puede explicar que esté formada por una capa de hielo de 20 km de largo completamente horizontal sin una sola grieta o imperfección (algo extremadamente improbable que ocurra), o por el contrario, por un lago subglaciar de agua líquida extremadamente salada (porque a esa profundidad, al menos debe de tener una temperatura de -70 °C, y para que el agua esté líquida a esa temperatura, debe de tener una altísima concentración de sales disueltas).

Sólo una nota sobre la vida en aguas saladas. Hay microorganismos llamados “halófilos” (que aman la sal) adaptados a altísimas concentraciones de sal, que se encuentran en salinas o en el mar muerto. Estos microorganismos son capaces de sobrevivir en salinidades muy cercanas al punto de saturación de la sal y hasta se han encontrado viviendo (es decir, metabólicamente activos) dentro de cristales de sal.

Así que la vida en la Tierra podría vivir esas condiciones extremas. ¿Por qué la de Marte no podría?



Links:

https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Mars_Express/Water_at_Martian_south_pole

http://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Mars_Express/Mars_Express_and_the_story_of_water_on_Mars

https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Mars_Express/Mars_Express_detects_liquid_water_hidden_under_planet_s_south_pole

Detección de metano en Marte:

Otro punto clave a la hora de buscar vida en Marte, es el gran misterio de las emisiones marcianas de Metano.

El metano en la Tierra es un subproducto asociado a la vida, y muy común en microorganismos que viven en el subsuelo terrestre. Últimamente está siendo muy estudiado tanto por la ESA como por científicos de todo el mundo por su importancia como gas de efecto invernadero. Pero en astrobiología aparece como un gas tremendamente interesante, ya que cuando este gas está formado de manera biótica, crea un biomarcador muy potente por la huella química que dejan los microorganismos en la relación de isótopos de C^{13}/C^{14} que se crea al pasar por el metabolismo bacteriano. Esa huella química isotópica tan característica de la vida hace que este gas sea altamente interesante a la hora de buscar huellas de vida en el Sistema Solar.

Pero en Marte, **el metano no es estable por las condiciones atmosféricas de la superficie**, lo que le hace realmente esquivo. Aún más, cuando un instrumento científico detecta metano en Marte, cuando otro instrumento intenta detectarlo unas horas después, este ha desaparecido. Esto ocurrió, por ejemplo, cuando el rover Curiosity de la NASA detectó un pico de Metano en la noche marciana del cráter Gale del 21 de Junio de 2019, 5 horas después, la misión TGO (el orbitador detector de trazas de gases atmosféricos) de ExoMars fue incapaz de detectar el mínimo rastro de metano en la misma zona.

Como podemos ver en la *Figura 28*, el metano se detectó desde la Tierra (1999) y por la Mars Express (2004), pero esas cantidades de metano deberían haberse degradado poco a poco, en unos 250 años, pero a los pocos días, ya había desaparecido por completo. Después empezó un juego de la caza del gato y del ratón con respecto a la búsqueda de metano en Marte. Desde el 2013, mediciones de metano por el rover Curiosity de la NASA no han podido ser contrastadas por Mars Express, al ir a medirlas un día después, o incluso 5 horas después en el 2019. ¿Qué sucede con el metano en Marte? **El metano en Marte no es estable en la superficie**. La superficie marciana es altamente oxidante, debido a la gran concentración de percloratos ($HClO_4$) en la superficie, además de la interacción directa del viento solar, ya que Marte dejó de estar protegido por un campo magnético hace mucho tiempo. Pero lo que elimina el metano de la superficie marciana es algo que lo hace a unas velocidades tremendas, que aún no se pueden explicar por los medios químicos y físicos que imperan en la superficie marciana.

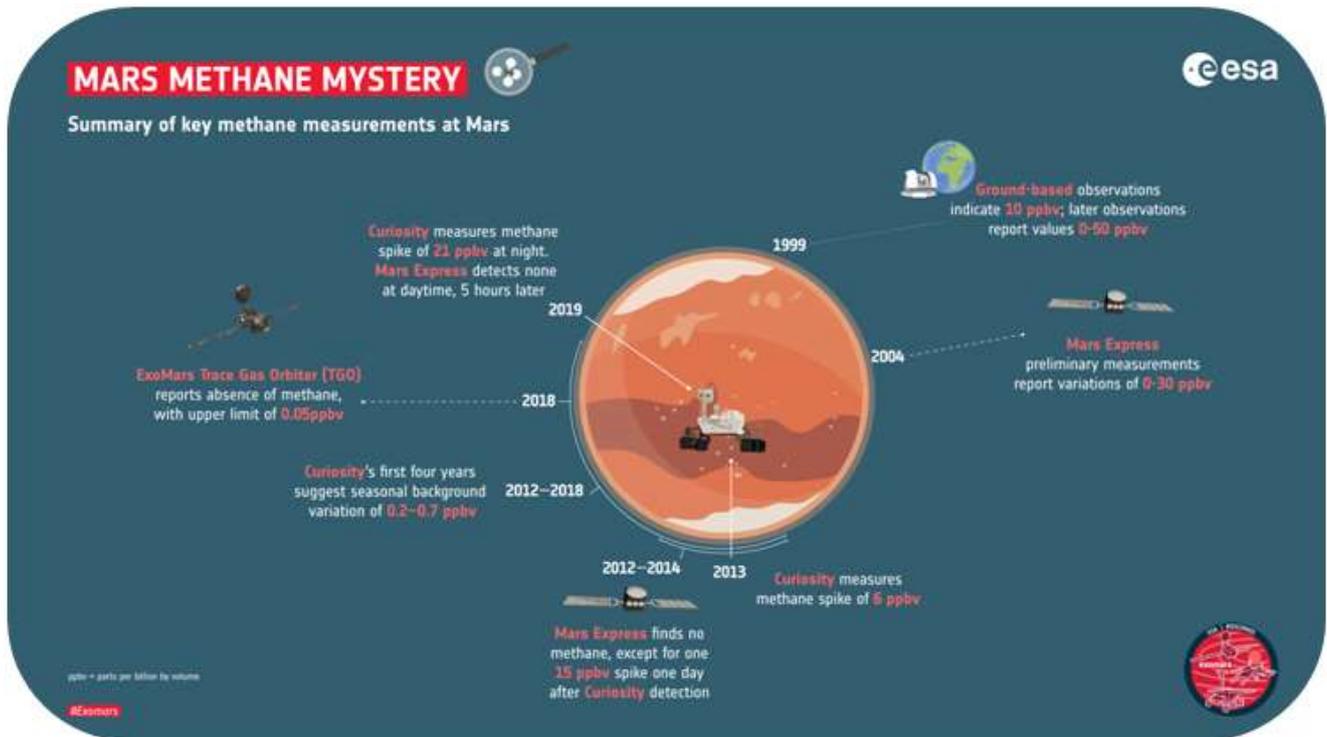


Figura 28: El misterio del Metano en Marte. Créditos: ESA.

Este es un ejemplo, como muchos otros, del juego de la caza del gato y del ratón que se está haciendo respecto a la búsqueda de metano en Marte. El metano en Marte no es estable en la superficie. La superficie marciana es altamente oxidante, debido a la gran concentración de percloratos en la superficie, además de la interacción directa del viento solar, ya que Marte dejó de estar protegido por un campo magnético hace mucho tiempo. Pero lo que elimina el metano de la superficie marciana es algo que lo hace a unas velocidades tremendas, que aún no se pueden explicar por los medios químicos y físicos que imperan en la superficie marciana.

Link:

https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/ExoMars/ESA_s_Mars_orbiters_did_not_see_latest_Curiosity_methane_burst



Actividad 8: Comprueba lo que has aprendido hasta ahora

Comprueba lo que has aprendido por ahora en este [cuestionario](#)



Fase 2

La forma de proceder en esta fase depende de los resultados obtenidos en la última actividad de la FASE 1 (cuestionario)

- **Caso 1:** Sus estudiantes respondieron bastante bien al Mentimeter/Kahoot
 → **Pasa a la FASE 3**
- **Caso 2:** Sus estudiantes no respondieron muy bien al Mentimeter/Kahoot o tienen muchas preguntas relacionadas con el tema del Desafío Científico
 → **Revisión de la FASE 1** (ver abajo) **con la ayuda de este material**

http://cesar.esa.int/index.php?Section=Scientific_Cases&Id=24&ChangeLang=es

Charlas de expertos dadas en los talleres de CESAR (pdf y/o videos)

Videos dedicados de la ESA

Monografías del CESAR (folletos)

Simuladores/sitios web



→ **Pasa a la FASE 3**

- **Caso 3:** No puedes hacerlo solo y necesitas interactuar con el equipo de CESAR

Actividad 9: Pide una videollamada con el equipo de CESAR si es necesario.

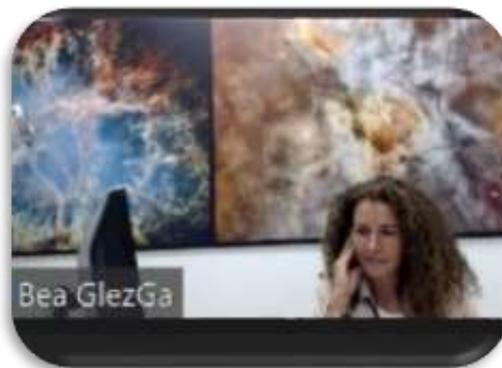


Imagen del Equipo CESAR haciendo video llamada. (Créditos: CESAR)



Nota: Por cada Reto científico tienes la oportunidad de pedir

- Una video llamada de 30 minutos con su clase (en la Fase 2) para aclarar conceptos
- Una video llamada de 30 minutos solo (solo para profesores) en caso de que te quedes atascado con el software/respuestas (en la Fase 3),



Fase 3

Actividad 10: Prepara el amartizaje

¡Comienza la misión!, necesitamos equipos expertos en: (cada equipo elige una misión)

Equipo	Misión	Actividad
Equipo 1	Equipo experto en el vuelo de la nave.	Desde el punto de vista de la nave ¿en qué posición (latitud, longitud, altitud) amartizaríais? ¿Por qué? Tened en cuenta la zona en la que el planeta gira más rápido y donde el satélite atravesaría más atmósfera (para ello emplearéis Google Mars). Explicad vuestras respuestas. Haced Actividad 10.2
Equipo 2	Equipo experto en eficiencia/seguridad del rover o coche marciano	Desde el punto de vista del robot explorador (rover) o del coche marciano (tripulado), ¿en qué terreno amartizarías? ¿Por qué? Teniendo en cuenta la orografía y el tipo de terreno de Marte (para ello emplead Google Mars) identificad el tipo de lugar con el rango de coordenadas (latitud, longitud y altitud) donde amartizaríais. Haced Actividad 10.3
Equipo 3	Equipo experto en datos científicos de Marte	Desde el punto de vista científico, ¿dónde sería más interesante amartizar? ¿Por qué? Teniendo en cuenta que puede que hubiera vida pasada en Marte, podríamos buscar zonas en las que hubiera existido agua líquida, y por lo tanto pudiera contener vida tal y como la conocemos en la Tierra. Haced Actividad 10.4
Equipo 4	Equipo experto en requerimientos de misión robótica/n o tripulada.	Si planeamos llevar una misión robótica, no tripulada, a Marte (Rover) ¿qué requerimientos extra necesitaría nuestra zona de amartizaje? Teniendo en cuenta que llevemos una misión robótica a Marte, tenemos que planear qué tipo de requerimientos necesitaría nuestro rover, como energéticos, qué tipo de muestras podríamos analizar... Haced la Actividad 10.5
Equipo 5	Equipo experto en requerimientos de misión tripulada (astronautas).	Teniendo en cuenta que Marte está bastante más lejos que la Luna y su gravedad es bastante mayor que la de la Luna, no nos podemos plantear simplemente estar unas horas en Marte. Se tendría que plantear realizar una colonia más o menos permanente en Marte, y para ello, necesitamos unas condiciones mínimas para que los/las astronautas y primeros/as colonizadores de Marte, puedan sobrevivir allí un tiempo. ¿Qué requerimientos de agua y luz necesitarían para estar allí una temporada? Haced la Actividad 10.6

Tabla 6: Equipos especializados

Actividad 10.1: Familiarizate con Google Mars

Esta es una actividad que deberéis hacer todos los equipos de investigación.

Material para la preparación:

- Ordenador o dispositivo con pantalla táctil
- Software **Google Earth Pro** instalado

Vamos a familiarizarnos con el uso del software *Google Earth*, en particular en Marte.

Procedimiento:

1. Abrid el programa Google Earth Pro. Aparecerá la *Figura 29* en vuestro monitor



Figura 29: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

2. En el menú superior pinchad en el símbolo de un planeta con un anillo. En el desplegable seleccionad Marte y os aparecerá la *Figura 30*.

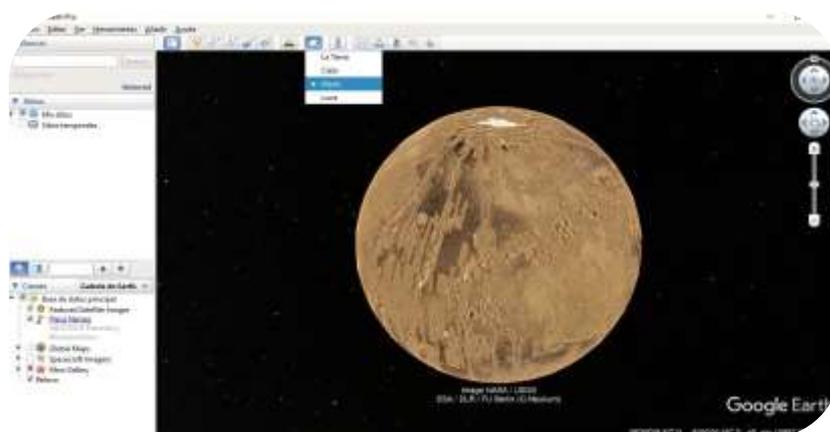


Figura 30: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

3. El cursor aparece como una mano con la que puedes moverte por todo el planeta.
4. Seguid la siguiente secuencia en el desplegable abajo a la izquierda para llegar a la *Figura 31*: *Capas* → *Base de datos principal* → *Global Maps* → *Colorized Terrain*.

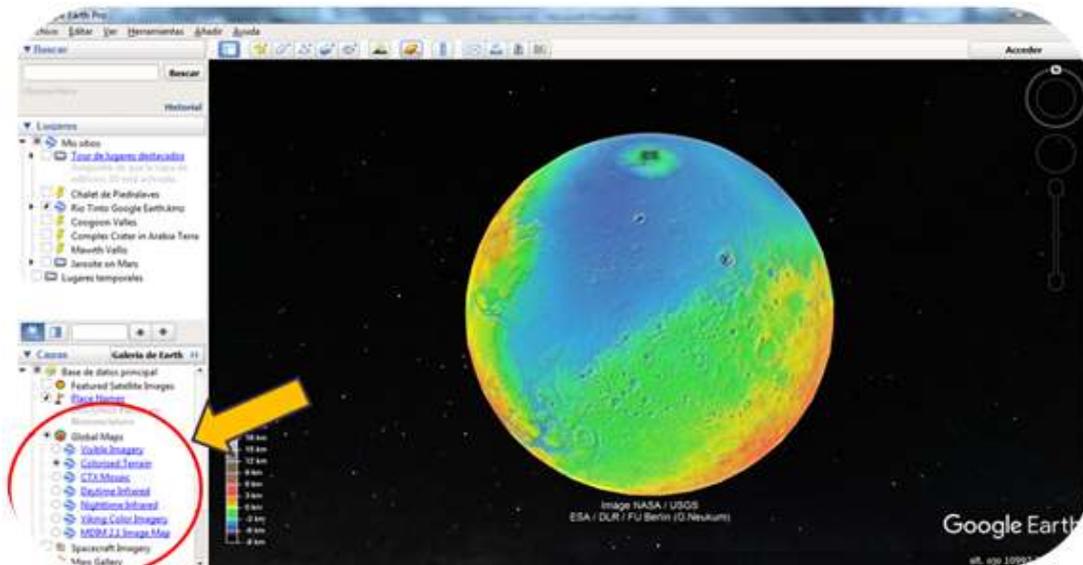


Figura 31: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

5. Arriba a la derecha se ve la brújula en la que aparece marcado el norte (N), una mano para movernos y un zoom (*Figura 32*).

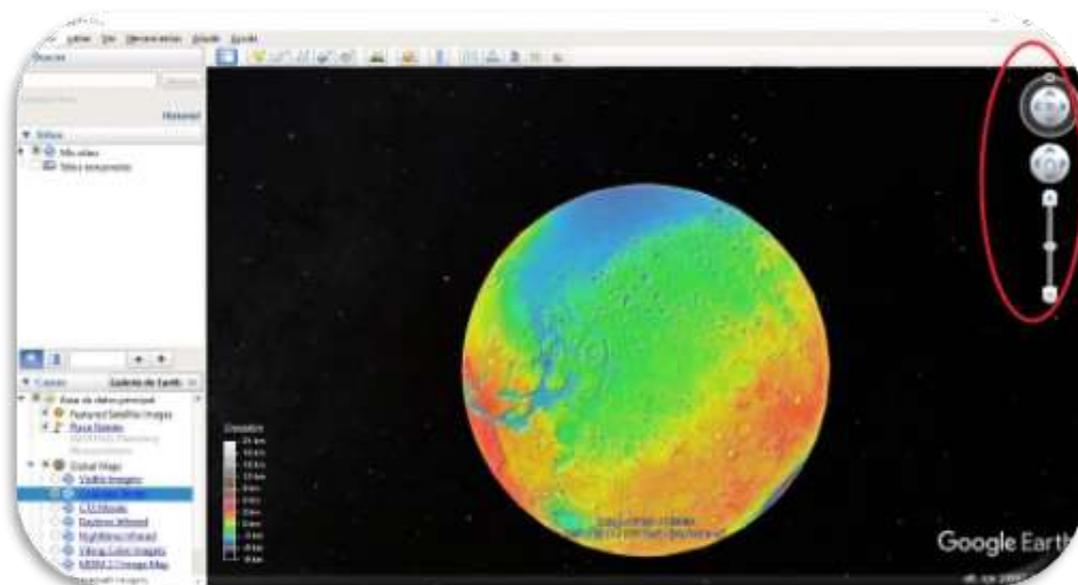


Figura 32: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

6. Experimentad unos minutos con el programa para coger soltura.

¿Qué significan los distintos colores del mapa?

Las diferentes alturas. Siendo los colores negro y azulados las zonas más profundas, los verdes amarillos y naranjas las zonas medias y las rojizas y blancas las más elevadas.

Se observa abajo a la izquierda la escala de colores y las diferentes alturas.

¿Qué diferencia veis entre diferentes zonas del globo marciano? ¿Hay alguna diferencia clara entre el hemisferio norte y sur de Marte?

Sí que se aprecian diferencias a simple vista.

El hemisferio norte parece que tiene una orografía más suave que el hemisferio sur. La zona del hemisferio norte parece mucho más plana y no parece haber habido mucha actividad volcánica en ella, mientras que en hemisferio sur se aprecian muchas zonas altas con gran cantidad de volcanes.

Para poder identificar las coordenadas de las siguientes regiones en Google Mars seguiremos los siguientes pasos:

1. Pondremos los meridianos y los paralelos: *menú superior* → *Ver* → *Cuadrícula* (*Figura 33*).

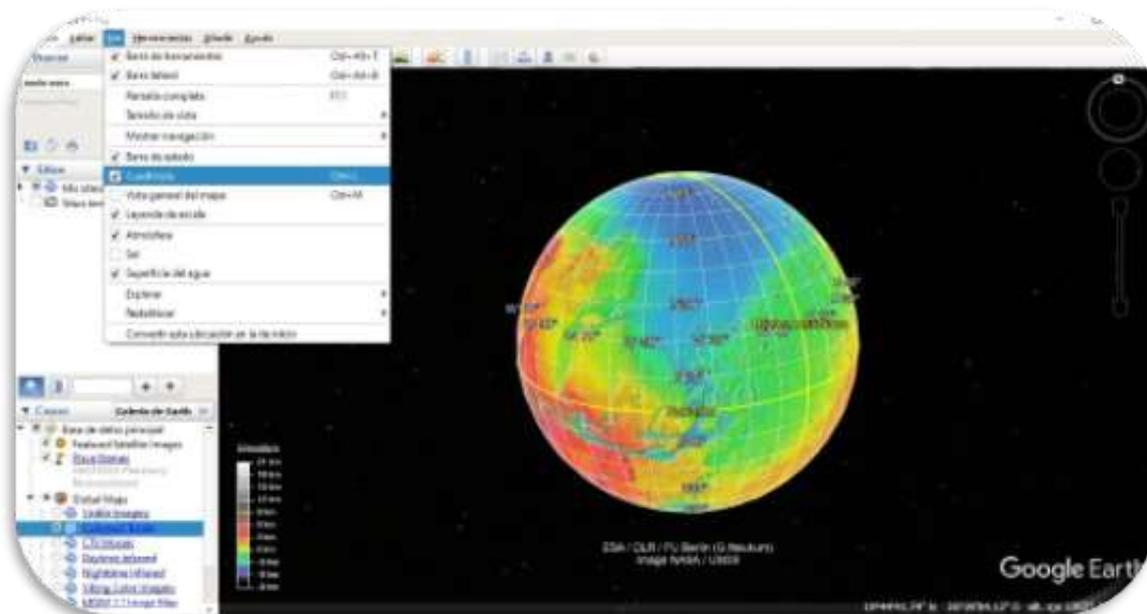


Figura 33: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

2. Las coordenadas están señaladas abajo a la derecha (Figura 34).

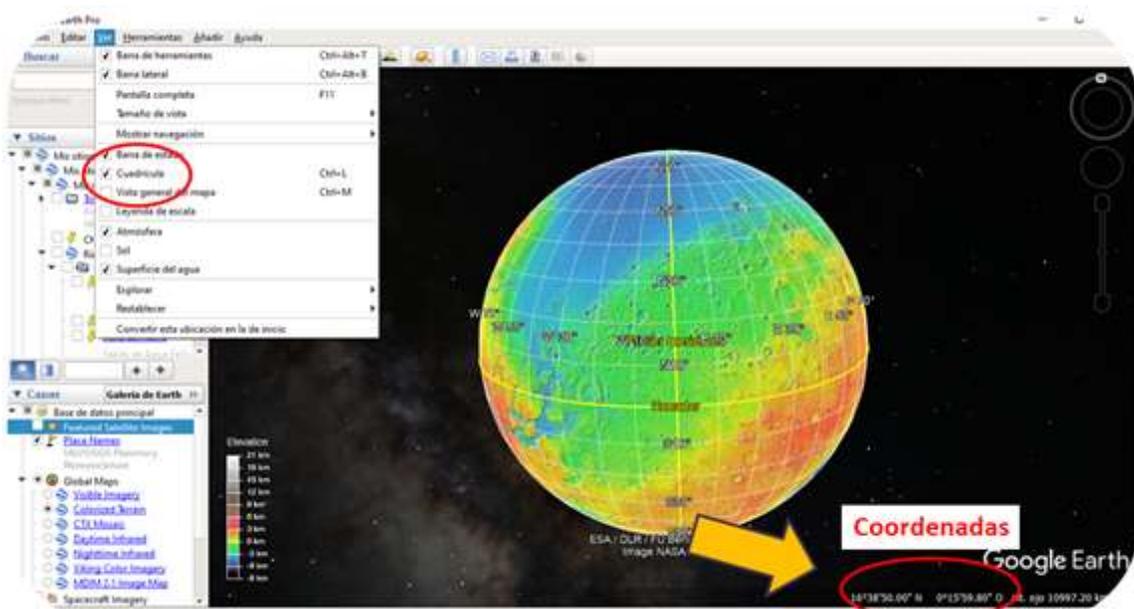


Figura 34: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

3. Podéis buscar diferentes lugares introduciendo su nombre arriba a la izquierda (Figura 35).

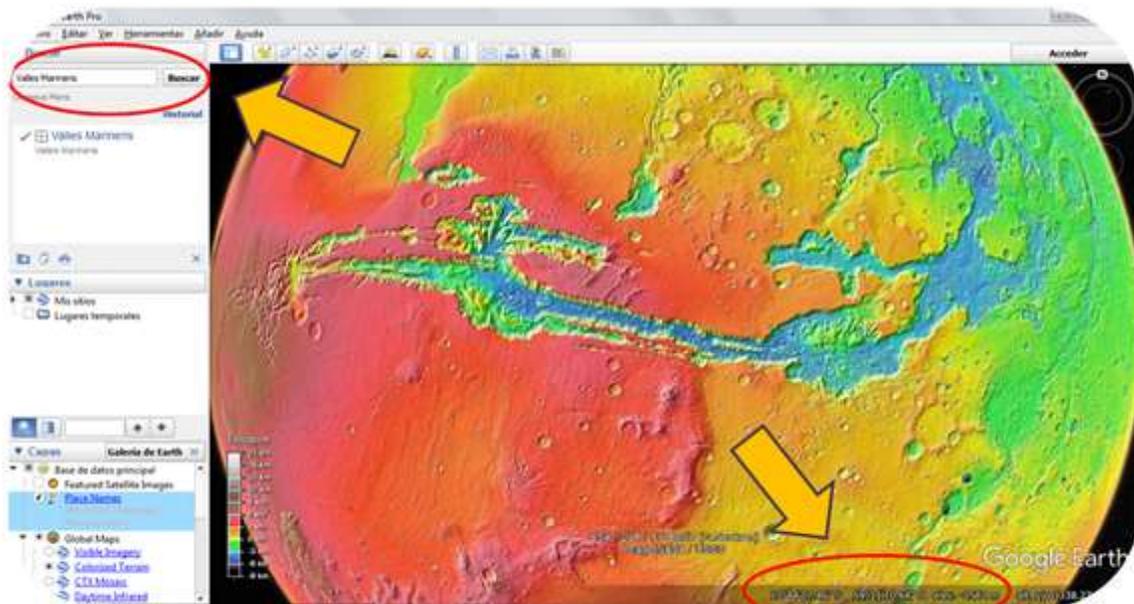


Figura 35: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

Apuntad las coordenadas de los diferentes lugares en la *Tabla 7*.

Lugar	Latitud	Longitud	Altitud
Valles Marineris	13° 44' 59.97" S	59° 11' 59.97" O	-4 182 m
Eos Chasma	11° 58' 11.97" S	39° 42' 00.03" O	-3 723 m
Aeolis Mensae	2° 52' 11.97" S	140° 23' 59.97" E	-889 m

Tabla 7: Equipos especializados

Actividad 10.2: Equipo de ingenieros/as de vuelo (Equipo 1)

Lanzamiento

Actividad 10.2.1: Diseño de la órbita

Como se vio en la *Actividad 4* el año marciano dura más o menos dos años terrestres, esto es, Marte tarda aproximadamente el doble en dar una vuelta alrededor del Sol que la Tierra. Esto nos lleva a que la distancia entre la Tierra y Marte va variando de forma periódica, dándose la distancia más corta cada dos años aproximadamente.

Teniendo en cuenta que la sonda que mandamos a Marte va a estar sometida a la fuerza gravitatoria generada por el Sol, la trayectoria de la misma se va a curvar aproximándose a una elipse (*Figura 36*). Por tanto, aunque a primera vista nos parezca que lo que implica menos gasto de combustible es un lanzamiento más recto, en realidad las órbitas elegidas para un mínimo gasto de combustible son elípticas.

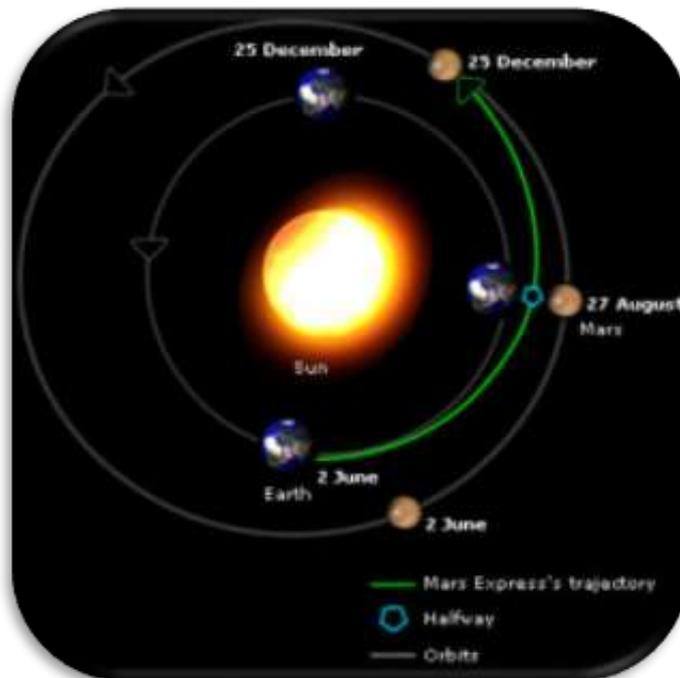


Figura 36: Trayectoria de Mars Express. (Créditos: ESA)

En el siguiente [enlace](#) podréis utilizar un simulador para lanzar vuestro cohete e intentar que llegue a Marte. Para ello tendréis que buscar en la página el gráfico que aparece en la *Figura 37*, darle a "nuevo", después al símbolo "▶" y lanzar, con el botón de "lanza", cuando consideréis oportuno. ¡Ánimo con vuestro viaje!

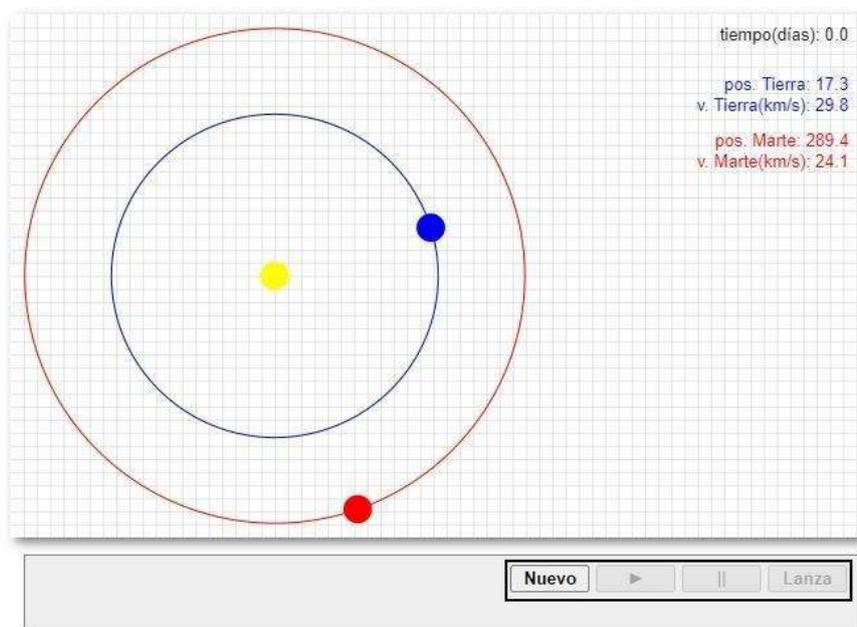


Figura 37: Simulador de viaje interplanetario. (Créditos: Universidad del país Vasco)

Amartizaje

Actividad 10.2.2: Selección de coordenadas (latitud, longitud) y altitud.

Latitud y longitud:

Puede ser de utilidad disponer de un globo terráqueo para visualizar mejor la velocidad a la que se desplaza una persona en la superficie de la Tierra en función de la latitud a la que se encuentre.

Pensad en un punto en la superficie de un planeta. Mientras el planeta gira, este punto traza una circunferencia. Este punto describe el círculo máximo en el ecuador, un círculo cada vez menor según nos acercamos a los polos y se observa un punto fijo si nos encontramos exactamente en los polos.

Sabiendo esto, ¿dónde pensáis que se mueve más rápido un objeto, en el ecuador o en los polos?

Si hablamos de un objeto sólido como pueda ser nuestra Tierra, tendrá que girar más rápido en el ecuador que en los polos, ya que esos puntos están más alejados del eje de rotación.

En la Tierra los cohetes se intentan lanzar desde zonas lo más próximas al ecuador, ya que de esta forma consiguen ganar un extra de velocidad por el propio giro del planeta y así ahorrar combustible.

A continuación se muestra una imagen (*Figura 38*) en la que se ilustra el concepto explicado arriba.

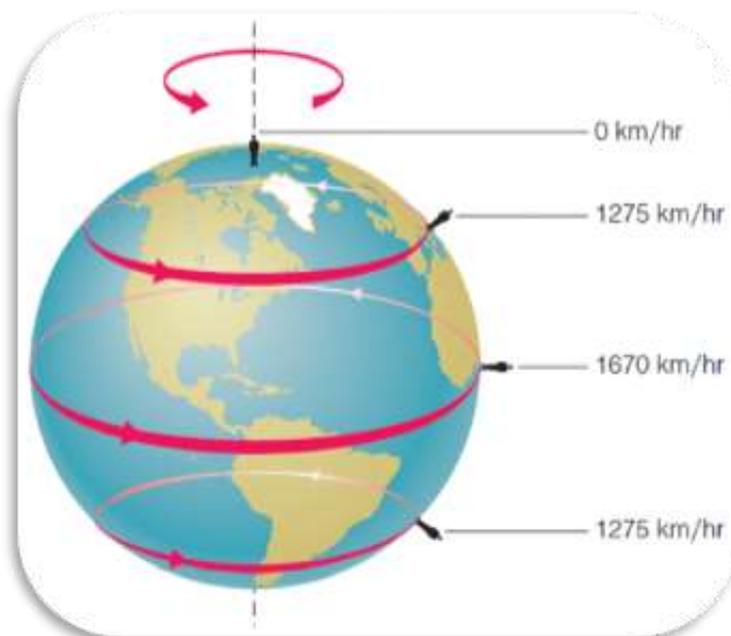


Figura 38. Velocidad de la superficie de la Tierra en función de la latitud (velocidad lineal). (Créditos: Planetario de Madrid)

Dado que habitualmente se trabaja conjuntamente con distintos equipos formados por investigadores/as de distintas nacionalidades es importante trabajar con el Sistema Internacional de Unidades (SI), ya que si no fuese así podría llevar a un error tan grave como que se estrellase nuestra misión o que se perdiese en la inmensidad del espacio.

En la aplicación de Google Earth, cambia el planeta elegido a Marte. A partir de ahora nos referiremos a esta opción como Google Mars.

Pensad en un satélite que viaja de la Tierra a Marte a alta velocidad. ¿En qué parte del planeta pensáis que la nave tiene que reducir menos su velocidad para alcanzar la velocidad del planeta que rota, cerca del ecuador o de los polos? Explicad vuestra respuesta.

En el ecuador porque de esa manera tiene que frenar menos. Esto ocurre porque el ecuador gira a mucha más velocidad que los polos.

Después de esto ya sabéis la latitud a la que es más fácil aterrizar en Marte, pero tenéis que tener en cuenta otros factores como la altitud del terreno, los sistemas de aterrizaje que lleve nuestra sonda y la propia fecha elegida para el aterrizaje.

Altitud y sistemas de aterrizaje:

Elegid en Google Mars la opción “*Colorized Terrain*” (Terreno Coloreado) dentro de la sección “Global Maps” (Mapas Globales) y veréis una imagen coloreada de Marte como la que se muestra en la *Figura 39*. Si tenéis dudas de cómo llegar a esta imagen, volved a la [Actividad 10.1](#).

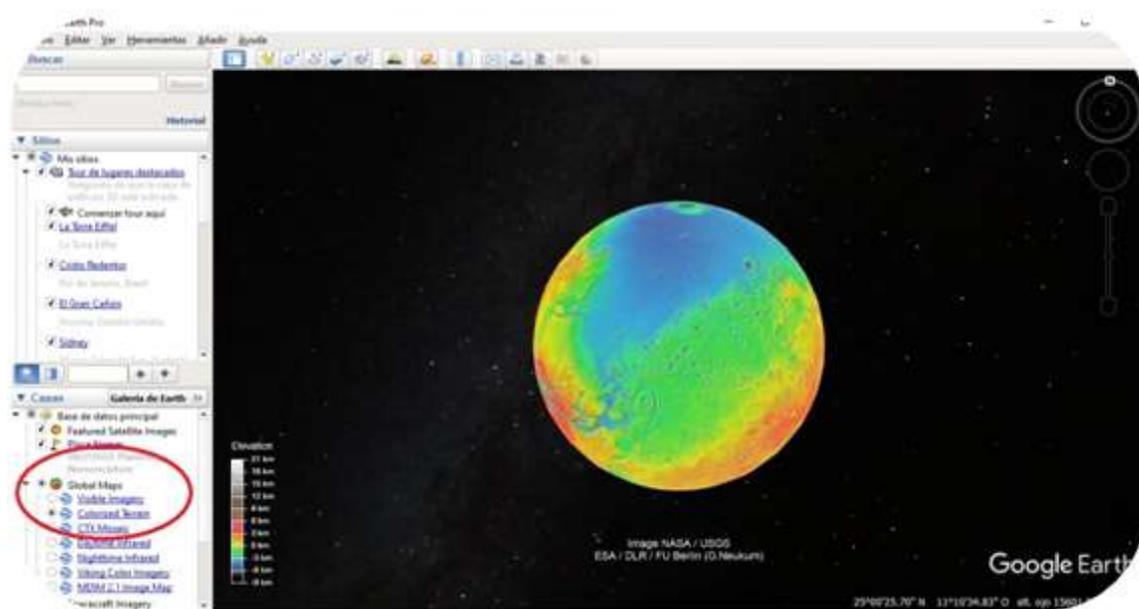


Figura 39: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

En estas imágenes las zonas más altas tienen colores blancos, las zonas medias naranjas/marrones y las más bajas azuladas. Este tipo de imágenes os permitirán ver mejor la orografía (relieve) del terreno marciano. Abajo a la izquierda se puede ver la escala de colores como se muestra a continuación (*Figura 40*):

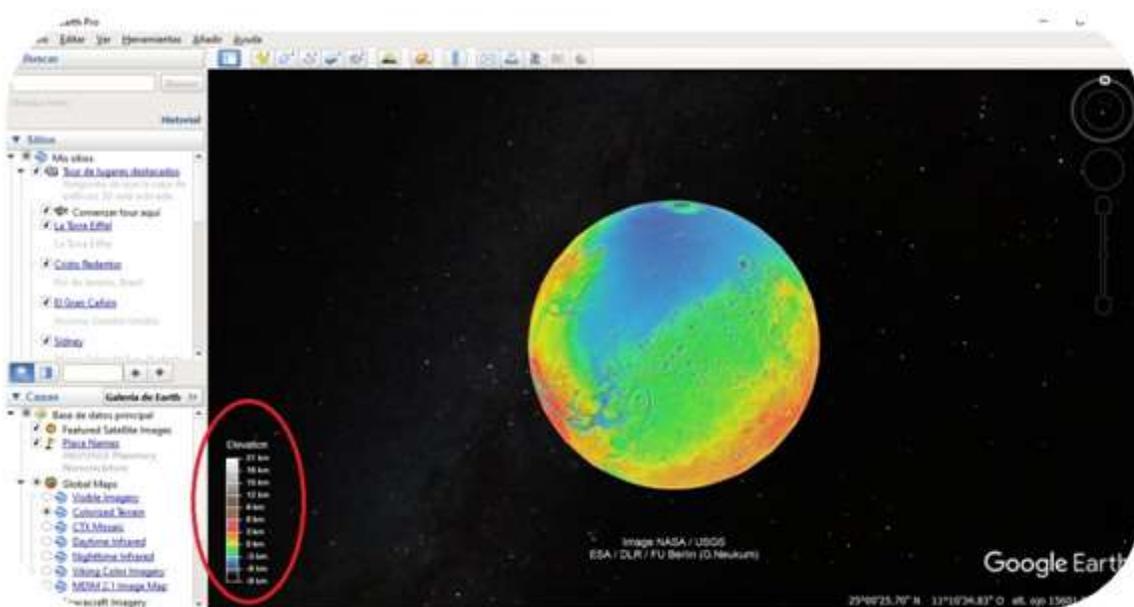


Figura 40: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

Observad el planeta de forma lejana y luego acercaos poco a poco para ir viendo la topografía de Marte.

¿Veis alguna diferencia entre los dos hemisferios de Marte? Si es así, ¿cuál o cuáles?

Sí que se aprecian diferencias a simple vista.

El hemisferio norte parece que tiene una orografía más suave que el hemisferio sur. La zona del hemisferio norte parece mucho más plana y no parece haber habido mucha actividad volcánica en ella, mientras que en hemisferio sur se aprecian muchas zonas altas con gran cantidad de volcanes.

Por lo general, ¿dónde se encuentran las zonas más elevadas? ¿Y las zonas menos elevadas?

Las zonas más elevadas se encuentran en el hemisferio sur y las menos elevadas en el norte. Se aprecia rápidamente una gran zona azulada (color que indica poca altura) que ocupa gran parte del hemisferio norte.

Esta diferencia que veis entre los dos hemisferios recibe el nombre de **“dicotomía global” de Marte**.

Usando Google Mars como se ha explicado anteriormente, identificad:

- Las coordenadas de las zonas más elevadas de Marte (*Tabla 8*).

Nombre	Altitud	Coordenadas
Olympus Mons	20 270 m	18° 24' 00.09" N 134° 00' 00.03" O
Ascraeus Mons	17 364 m	11° 46' 12.03" N 104° 30' 00.10" O
Elysium Mons	13 213 m	24° 53' 00.03" N 146° 53' 59.97" N

Tabla 8: Coordenadas de las zonas más elevadas de Marte.

- Las coordenadas de las zonas más deprimidas (menos elevadas) de Marte (*Tabla 9*).

Nombre	Altitud	Coordenadas
Badwater (Peneus Palus, Hellas Planitia)	-8 413m	32° 46' 17,96" S 62° 08' 04,12" E
Hellas Planitia	- 6 674 m	42° 40' 47,97" S 69° 59' 59,96" E
Lomonsov (Acidalia Planitia)	- 6 506 m	65° 27' 42,16" N 10° 10' 34,84" O

Tabla 9: Coordenadas de las zonas más deprimidas de Marte.



Como ya se ha visto en las actividades anteriores, Marte tiene aproximadamente la mitad del tamaño de la Tierra en diámetro y tiene una atmósfera mucho más delgada, unas 100 veces menos densa que en nuestro planeta. Por ello, la mayoría de los equipos de aterrizaje suelen implementar algún tipo de paracaídas para ayudar a frenar la caída del satélite.

¿Dónde pensáis que el paracaídas puede ser más efectivo, en las zonas más altas o en las más bajas de Marte? ¿Por qué?

En las zonas más bajas para disponer de mayor distancia para frenar desde la entrada de la sonda en la atmósfera. Esto cobra mayor importancia debido a que la atmósfera de Marte es muy tenue.

Aunque la atmósfera de Marte sea más tenue que la nuestra, la tiene, y eso hace que también debemos llevar en nuestra nave un escudo térmico si no queremos que se queme al entrar en el planeta rojo.

Todo esto y el propio tamaño de la sonda hacen que nuestra misión sea muy pesada. Utilizar sólo un paracaídas nos llevaría a aterrizar en la superficie marciana a unas dos veces la velocidad del sonido, lo que implicaría una misión fallida al estrellarse de manera tan violenta contra el suelo. Para que esto no suceda, se idean cada vez sistemas más originales para implementar en las sondas y que tengan un aterrizaje lo más suave posible.

Dejad volar vuestra imaginación y proponed diferentes sistemas que puedan ser implementados en las sondas para un buen aterrizaje:

Retropropulsores, airbags, paracaídas...



Actividad Extra: ¿De los errores se aprende? Schiaparelli

Como ya habréis observado después de lo que habéis pensado y calculado, hacer un viaje interplanetario tiene muchas dificultades. Es por ello que en algunas ocasiones, a pesar de tener a grandísimos equipos de investigación, se producen fatídicos errores que llevan a la finalización de una misión antes de lo esperado. Es el caso, por ejemplo, de la misión Schiaparelli, que se estrelló con la superficie de Marte por un pequeño fallo del ordenador a bordo, lo que hizo que la secuencia de descenso terminase prematuramente.

A continuación se muestra un fragmento de la nota de prensa que ofreció la ESA tras el accidente.

“Ahora acaba de concluir una investigación externa independiente, dirigida por el Inspector General de la ESA.

En ella se identifican las circunstancias y las causas del aterrizaje forzoso, y se ofrecen recomendaciones generales para evitar este tipo de defectos y debilidades en el futuro.

Unos tres minutos tras la entrada en la atmósfera, el paracaídas se desplegó, pero el módulo experimentó unas velocidades de rotación inesperadamente altas. Esto causó una breve ‘saturación’ —es decir, se superó el intervalo de medición esperado— en la Unidad de Medición de Inercia, que medía la velocidad de rotación del módulo.

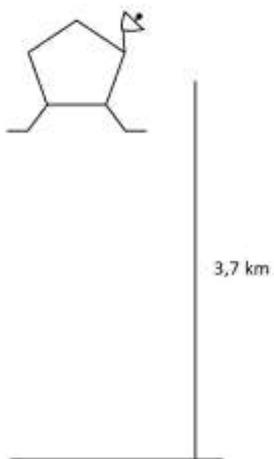
Esta saturación provocó un grave error en el cálculo de orientación por parte del software del sistema de guiado, navegación y control. La combinación de este cálculo de orientación incorrecto con las posteriores mediciones del radar hizo que el ordenador estimara que el módulo se encontraba por debajo del nivel del suelo.

Esto desencadenó el despliegue prematuro del paracaídas y del escudo trasero, el encendido de los propulsores durante tan solo 3 segundos en lugar de 30, y la activación del sistema sobre el terreno, como si Schiaparelli ya hubiera aterrizado. El paquete científico de superficie envió un paquete de datos de mantenimiento antes de que se perdiera la señal.

En realidad, el módulo permaneció en caída libre desde una altitud de unos 3,7 km, lo que resulta en una velocidad de impacto de unos 540 km/h.

El informe de la Comisión de Investigación de Schiaparelli indica que el módulo estuvo a punto de aterrizar con éxito en el lugar previsto y que se logró una parte muy importante de los objetivos de demostración.”

Podemos intentar calcular a qué velocidad cayó Schiaparelli contra el suelo marciano si sabemos que estaba a 3,7km de altura cuando empezó a caer en caída libre (en la realidad no partía de una velocidad inicial igual a cero).



La gravedad en Marte es aproximadamente una tercera parte que en la Tierra:

$$g_M = 3,7 \text{ m/s}^2$$

Su velocidad inicial la tomaremos como nula:

$$v_0 = 0 \text{ m/s}$$

Sabemos que la velocidad final viene dada por:

$$v_f = v_0 + g_M t$$

Así que solo nos queda saber el tiempo que tardó en caer. Como sabemos que la altura es:

$$h = v_0 t + (g_M t^2)/2 \text{ y que la velocidad inicial era } v_0$$

$$= 0 \text{ m/s} \rightarrow h = (g_M t^2)/2$$

Nos queda que el tiempo que tardó la sonda en caer fue:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$\text{Sustituyendo } h = 3,7 \text{ km} = 3700 \text{ m y } g_M = 3,7 \text{ m/s}^2 \rightarrow t = 44,72 \text{ s}$$

Introduciendo este tiempo en nuestra ecuación para la velocidad:

$$v_f = v_0 + g_M t \rightarrow v_f = g_M t \rightarrow v_f = g_M t \rightarrow v_f = 165 \text{ m/s}$$

Como vemos varía mucho la velocidad con la que un objeto se choca contra el suelo si parte de una velocidad inicial cero o no.

Actividad 10.2.4: Conclusión del Equipo 1.

Teniendo en cuenta todos los hallazgos hechos en los apartados de la [Actividad 10.2](#), sacad vuestras conclusiones y decidid definitivamente las mejores zonas de amartizaje.

¿Qué pensáis que es más seguro, aterrizar en el hemisferio Norte o Sur de Marte?

Será más seguro aterrizar en el hemisferio Norte porque es una zona más baja y no hay apenas accidentes geográficos. Además se aprecia un mar que cubre gran parte del hemisferio. Es una zona mucho más segura y cómoda para aterrizar.

Para finalizar, dibujad la región o regiones de aterrizaje utilizando Google Mars. Para ello tendréis que hacer lo siguiente:

1. Id a la opción 'adding a route' (añadir ruta) que se encuentra en el menú superior el cuarto icono (*Figura 41*)

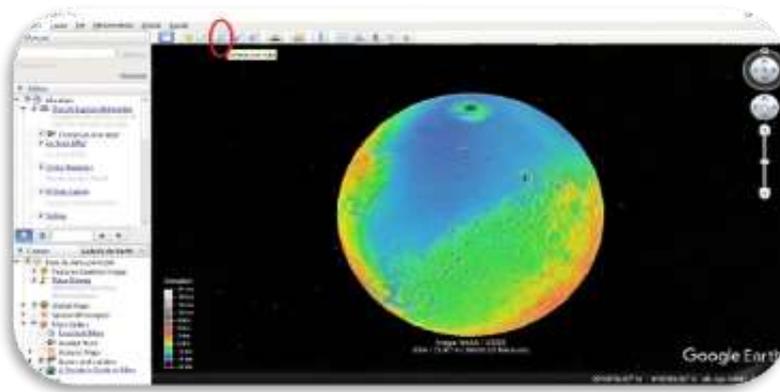


Figura 41 Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

2. Una vez hayáis pinchado en el icono os aparecerá el siguiente cuadro donde en la pestaña *Estilo*, *color* podréis elegir el color con el que queréis marcar vuestras regiones así como el grosor de la línea (*Figura 42*).

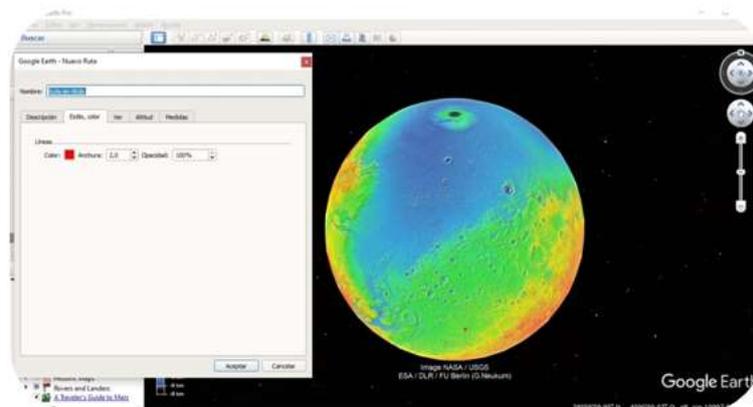


Figura 42 Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

3. Finalmente, pinchando en Marte y arrastrando el ratón podréis marcar la zona que os guste para que aterrice vuestra misión (*Figura 43*). Cuando estéis realizando la marca en vez de aparecer una línea aparecerán puntitos, pero al finalizar si pincháis en *Aceptar* se queda como una línea.

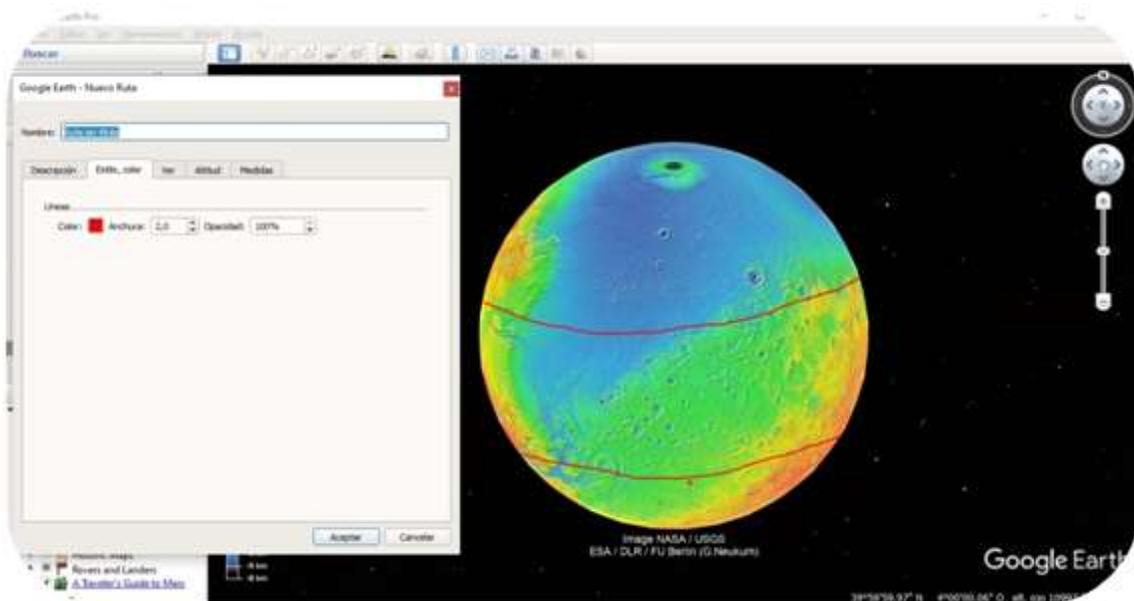


Figura 43: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

Ahora solo queda que vosotros peguéis en el recuadro la captura de pantalla de la zona o zonas que más adecuadas os parezcan para que aterrice vuestra misión.

El grupo podrá poner una o varias imágenes de las zonas que más les hayan gustado para amartizar. después de estudiarlas bien.

Tendrán que tener en cuenta varias cosas como pueden ser:

- Si es una zona llena de cráteres se aterriza muy mal.
- Si se alejan del ecuador se frena menos
- Si es una zona muy alta no dará tiempo a que el paracaídas realice su función.



Actividad 10.3: Equipo experto en eficiencia/seguridad del rover/coche marciano (Equipo 2)

Nuestra misión es importante, necesitamos mirar a una zona más específica donde aterrizar el satélite de un modo seguro.

Si el satélite no sobrevive al aterrizaje, la misión sería un fallo. Por ello es muy importante encontrar un lugar donde sea menos probable dañar el satélite durante el aterrizaje.

Actividad 10.3.1: ¿Qué superficie de Marte deberíamos evitar en el aterrizaje?

¿Debemos amortizar en pendientes fuertes? ¿zonas rocosas? ¿con muchos cráteres?

Debemos evitar zonas con muchos cráteres, rocas, con terreno muy irregular o grandes pendientes. Son zonas donde nuestro módulo de amortizaje podría terminar averiado o destruido

Mirando las imágenes coloreadas (“Colorized terrain”) de Google Mars (ir a la [Actividad 10.1](#) si no sabemos llegar aquí) ¿Es más seguro amortizar en la zona norte del planeta o la zona sur del planeta? ¿Por qué?

El hemisferio norte del planeta parece mucho más llano y amplio que el hemisferio sur, el cual son zonas más altas con muchos cráteres y muy irregular

Al observar Marte en el mapa topográfico, vemos que Marte presenta una importante dicotomía o dos zonas muy diferenciadas:

- En el hemisferio norte del planeta, donde la altitud es mucho más baja y los suelos son mucho más planos, con pocos cráteres.
- En el hemisferio sur del planeta, donde la altitud es mucho mayor y aparece un terreno mucho más salpicado de cráteres.

¿Dónde crees que sería más seguro amortizar? ¿por qué?

En el hemisferio norte. Parece mucho más seguro al ser mucho más llano y amplio

Cuando vamos a amortizar, nosotros podemos proponer unas coordenadas muy precisas, pero lo cierto es que una cosa es dónde quieres amortizar y otra distinta es donde lo haces. Siempre hay cierto error en los cálculos, ya que no se puede predecir al 100% cualquier pequeño cambio, como vientos que pasan por la atmósfera marciana, ligeros cambios en la velocidad,... Por eso vamos a buscar zonas amplias seguras, sin grandes pendientes, cráteres, rocas en la superficie.

Además, si terminamos en un sitio confinado, como dentro de un cráter, sólo podemos estudiar lo que ocurre en ese cráter, ya que tendremos problemas para escalar las paredes y ver lo que hay fuera. Esto nos vale tanto si en un rover o vehículo motorizado, como si vamos con una misión tripulada y vehículos marcianos. Cuánto más llanas y amplias sean esas zonas, más distancia podremos recorrer con seguridad con el rover

Actividad 10.3.2: Busca zonas amplias

Cuando vamos a Marte se suelen buscar zonas amplias para amartizar. ¿Por qué creéis que es tan importante?

Porque si hay errores en el amartizaje o nos desviamos un poco, sigue siendo una zona segura de amartizar.

¿Nos podéis indicar por dónde estarían esas zonas buscándolas en la *Figura 44* y en Google Mars? Rellenad la *Tabla 10*.

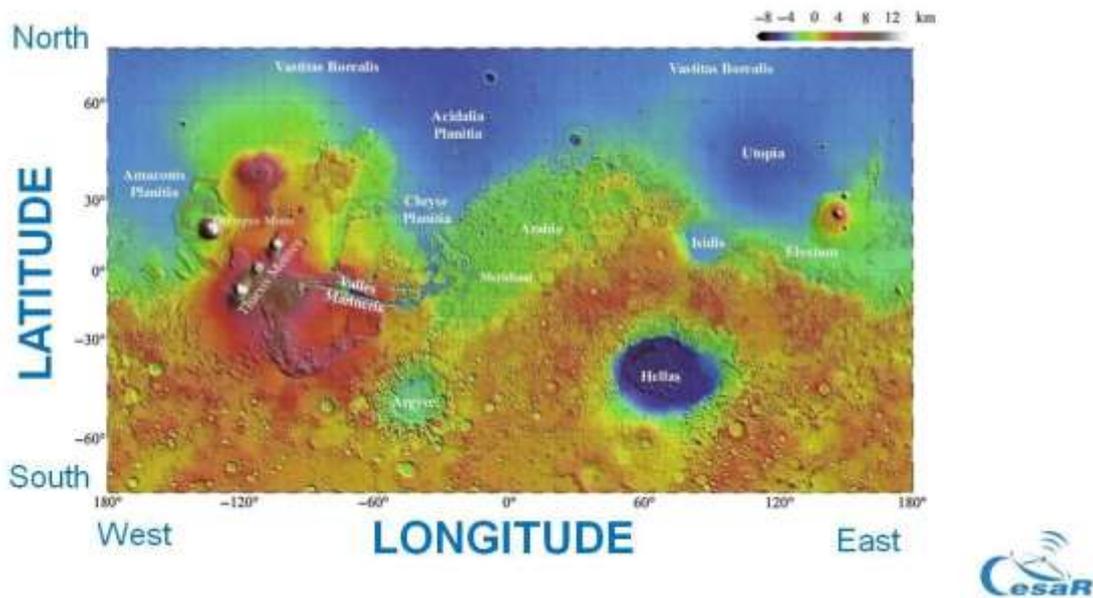


Figura 44: Mapa topográfico de Marte. Origen: CESAR

Nombre	Coordenadas	Observaciones
Amazonis Planitia	24° 40' 00,41"N 164° 00' 00,10"O	
Acidalia Planitia	46° 40' 47,78"N 22° 00' 00,05"O	
Utopia Planitia	49° 40' 47,91"N 118° 00' 00,05" E	

Tabla 10: Lugares de Marte y su localización.

Actividad 10.3.3: Dibuja en Google Mars

Busca en la superficie de Marte, ejemplos seguros para moverte con el rover y otros no tan seguros.

Para dibujar con Google Mars, ve al botón de “añade una ruta” como aparece en la *Figura 45* y te aparecerá una ventana donde podrás cambiar los parámetros de la ruta, como el nombre, color, ..., como aparece en en la *Figura 46*.

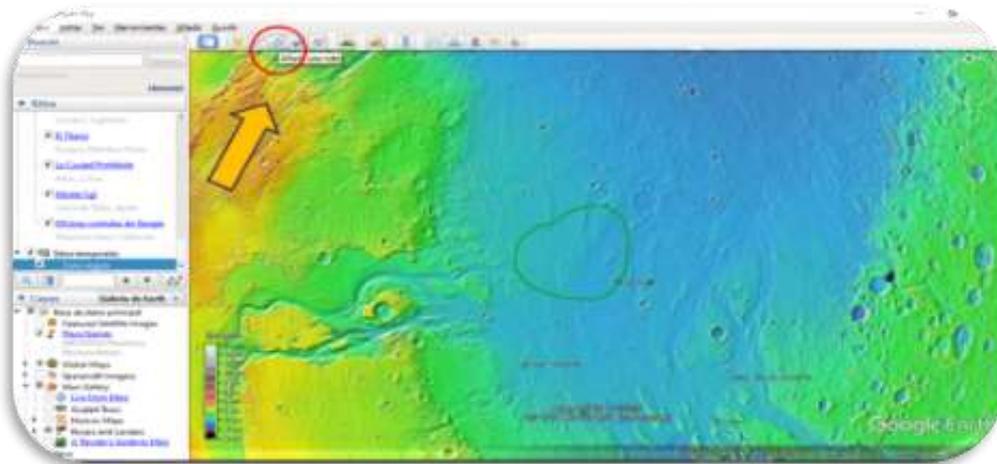


Figura 45: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

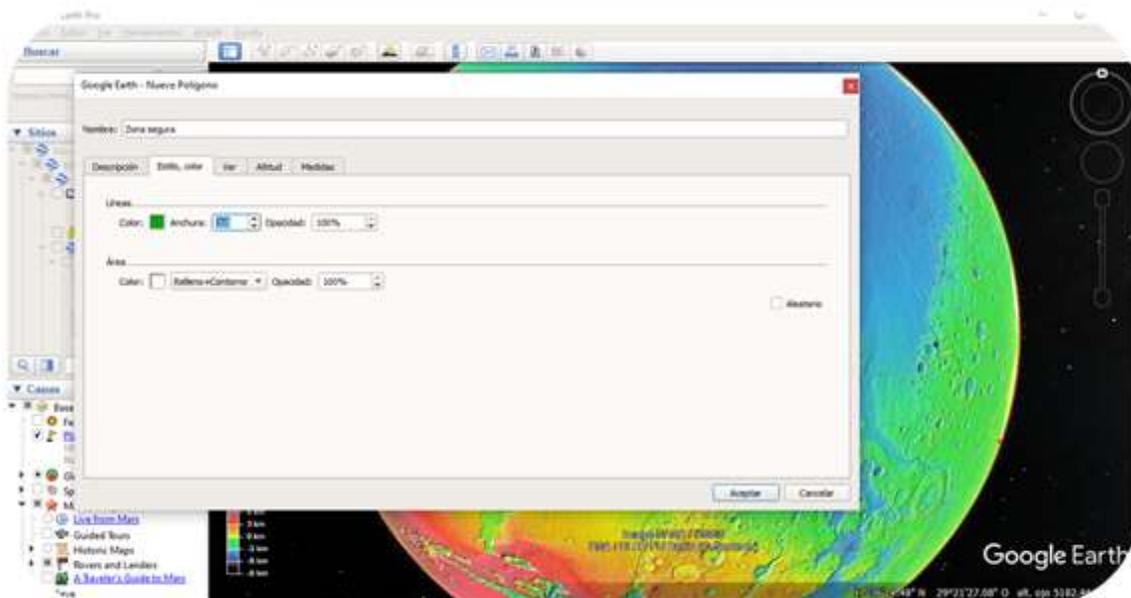


Figura 46: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

- Marca con círculos verdes las zonas más seguras que encuentras para aterrizar.



- Marca con círculos rojos las zonas que evitarías para aterrizar.

¿Por qué has elegido estas zonas?

Las zonas de círculos verdes deberían ser planas, sin grandes pendientes, lisas, ...
Las zonas marcadas de círculos rojos suelen ser con muchos cráteres, pendientes, muy irregulares

Actividad 10.3.4: Selecciona una zona óptima

Os proponemos los siguientes lugares a estudio: Valles Marineris, Eos Chasma y Aeolis Mensae ¿Sería alguno de ellos una buena opción? Compáradlos con vuestras áreas elegidas en la actividad 10.3.3, inspeccionadlos con detalle y dad vuestra respuesta.

Valles Marineris

Terreno irregular, grandes acantilados a los lados.

Eos Chasma

Zona muy irregular, con un terreno muy abultado (con muchos montículos)

Aeolis Mensae

Parece una zona bastante plana, segura de aterrizar, un poco más alta que la de Valles Marineris, pero lo suficientemente baja como para poder aterrizar con seguridad. Aeolis Mons está en el cráter Gale, donde aterrizó el Curiosity.

Actividad 10.3.5: Análisis de imagen de infrarrojos para descartar zonas arenosas

Otro punto a considerar en temas de seguridad es que el terreno no sea ni muy duro ni muy blando. Para ello mira imágenes en infrarrojo de las rocas/sedimentos del terreno. Las imágenes en infrarrojo miden la temperatura del terreno. A más brillantes, más calientes; y a menos brillantes, más frías. Hay imágenes infrarrojas de día y de noche, con lo que se puede determinar si una misma superficie está muy caliente de día y la misma superficie está muy fría de noche. Así podemos evitar terrenos arenosos, los cuales hacen que sea un terreno muy poco estable para el amortizaje de rovers y otros módulos de amortizaje

A los alumnos se les puede preguntar si ¿la arena de la playa está más caliente de día o de noche? ¿Cómo podemos reconocer si nos encontramos en un terreno arenoso? Para ello pueden buscar imágenes infrarrojas en Google Mars.

Ejemplo: Cráter Gale (5° 14' 45,72"S; 137° 01' 02,04" E)

Para ello, selecciona en "Global maps", en el menú de la izquierda marcado en la *Figura 47*, los mapas de "daytime infrared" (infrarrojos diurnos) y "nighttime infrared" (infrarrojos nocturnos).

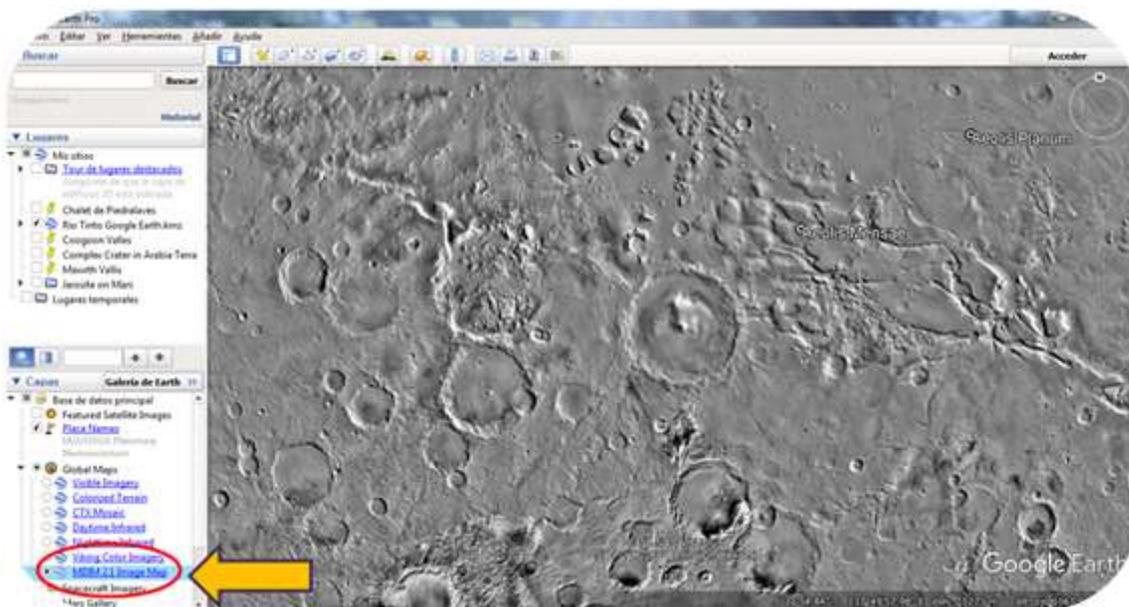


Figura 47: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

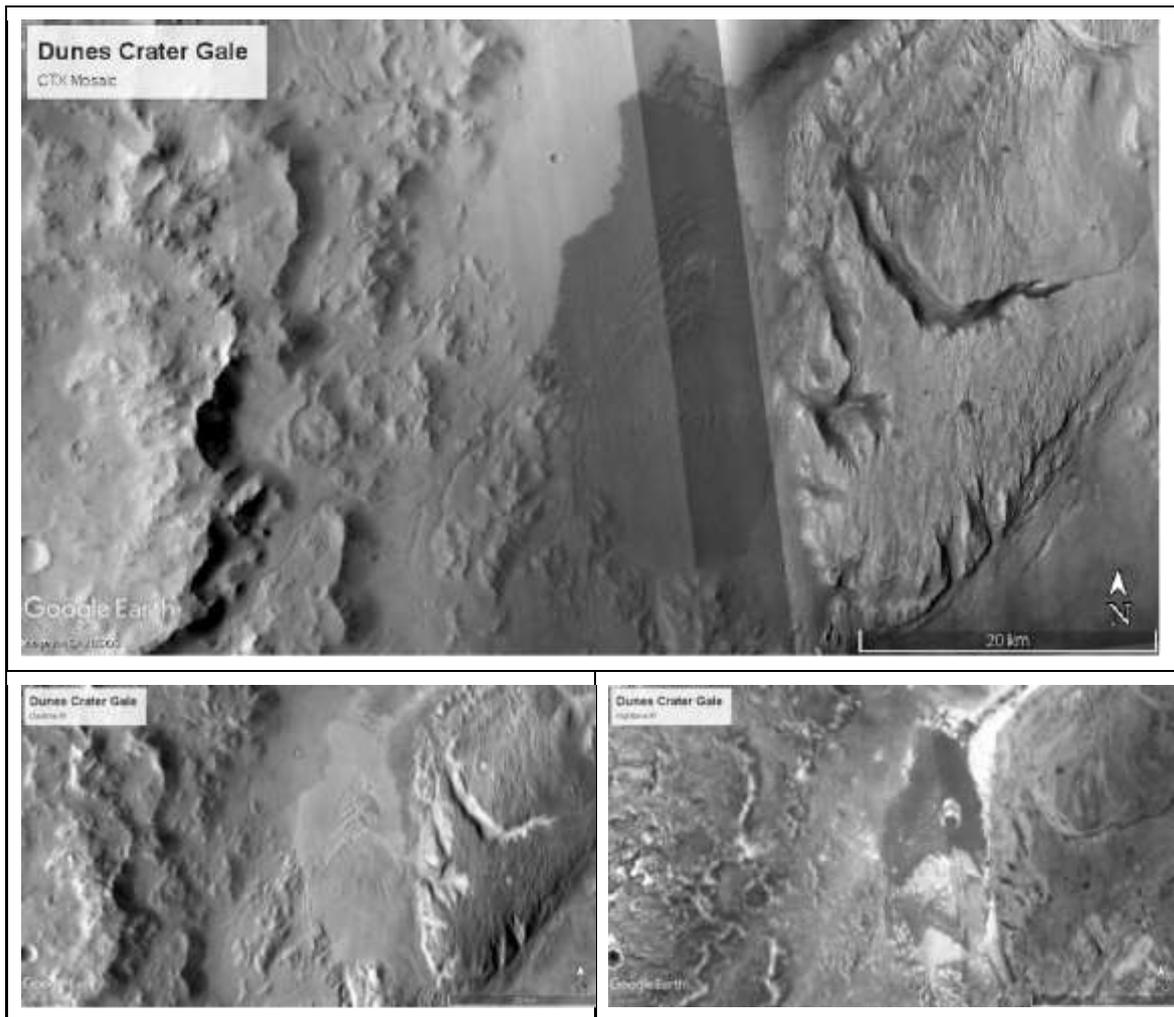


Figura 48: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth). 48a (arriba), dunas del cráter Gale vistas con el mapa CXT Mosaic. 48b (abajo a la izquierda, la misma zona vista con imágenes diurnas infrarrojas (daytime infrared). 48c (abajo a la derecha), la misma zona vista con imágenes nocturnas infrarrojas (nighttime infrared)

Busca en las zonas seguras que habéis marcado antes, si puede haber una zona que cambie mucho de color durante el día y la noche (pase de muy brillante a muy oscura).

¿Hay zonas arenosas en vuestras zonas seguras? ¿Dónde? Si las hubiera, márcadlas con un polígono amarillo en Google Mars.

En las imágenes del cráter Gale (imagen 48) se puede ver que hay una zona gris claro en la imagen 48a que se vuelve de un gris muy oscuro en la imagen 48b. Son zonas cálidas (de colores claros en infrarrojo) durante el día, que se vuelven muy frías durante la noche (muy oscuras en infrarrojo). Esto es característico de dunas. También vemos el efecto contrario alrededor de la zona oscura de las dunas de las dunas en la imagen nocturna (48b). Son terrenos con gran amplitud térmica que es mejor evitar.

Actividad 10.3.6: Conclusión del Equipo 2

¿Qué grandes áreas abiertas veis en Marte para que el rover o el vehículo marciano pueda moverse libremente por grandes superficies abiertas?

Elige 3 áreas que propondrías como idóneas para la seguridad del rover/vehículo marciano. ¿Qué características deben de tener esas áreas para ser idóneas?

Nombre	Coordenadas	Características
Amazonis Planitia	24° 40' 00,41"N 164° 00' 00,10"O	
Acidalia Planitia	46° 40' 47,78"N 22° 00' 00,05"O	
Utopia Planitia	49° 40' 47,91"N 118° 00' 00,05" E	

Tabla 11: Lugares de Marte y su localización.

Actividad 10.4: Equipo experto en datos científicos de Marte (Equipo 3)

A la hora de elegir una región en la que aterrizar es importante considerar que el área sea del mayor interés científico posible. Para ello, necesitamos pensar sobre las características geológicas y sobre la edad del terreno en la que aterrizar.

Actividad 10.4.1: Impactos que hacen historia

La historia geológica se distingue por condiciones climáticas específicas, las cuales han dejado su marca en la superficie del Marte a día de hoy.

¿Qué veis en la *Figura 49*?

Pista: Mirad la [Actividad 6.1](#), repasad lo aprendido y responded aquí.

En la figura 49, vemos la distribución en la superficie de Marte de las tres edades geológicas Marcianas. Como se puede observar, hay una pronunciada dicotomía en Marte, donde en el hemisferio norte dominan el Amazónico y el Hespérico, mientras que el Noáico está situado en la zona más elevada de Marte en el hemisferio sur Marciano.

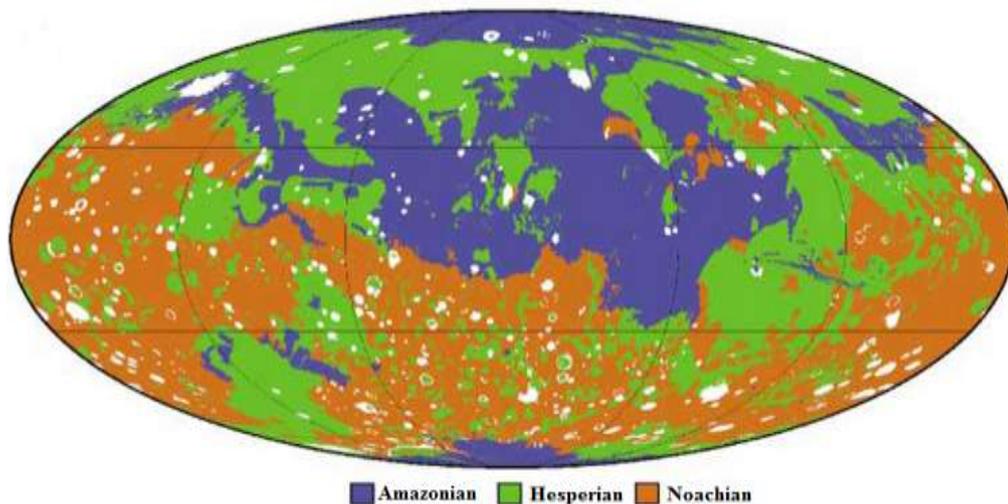


Figura 49: Distribución en la superficie de Marte de las eras geológicas marcianas. En azul, Amazónica, en verde Hespérica y en naranja Noáica. (Créditos: Greeley and Guest, 1987)

¿En qué era marciana hubo más impactos?

En la Noáica

En **geología planetaria**, podemos conocer aproximadamente la edad de una superficie contando los cráteres (impactos) que tiene. Sabiendo esto, ¿podrías ordenar en las eras geológicas en una línea del tiempo?

Noáica > Hespérica > Amazónica

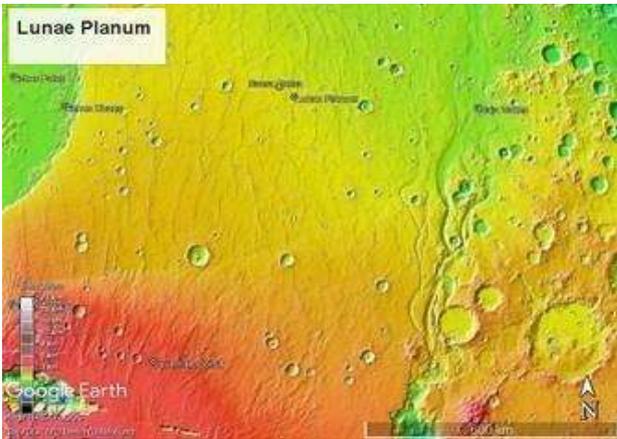
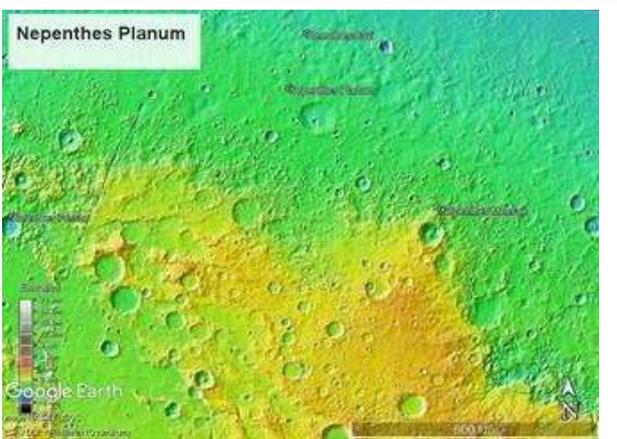
Consultad la [Actividad 6.1](#) para comprobar si habéis acertado.

En la historia del Sistema Solar, hubo una fase llamada el Gran Bombardeo o Bombardeo Intenso Tardío (en inglés "*Late Heavy Bombardment*"), el cual ocurrió entre los 4 100 y 3 800 Ma, fue el que marcó la superficie de los cuerpos planetarios rocosos (en el término de cuerpo planetario rocoso se incluyen planetas rocosos, lunas o satélites naturales y planetas enanos) de grandes cráteres, como se ven en la Luna, Marte o Mercurio.

Este bombardeo también afectó a la Tierra, pero las huellas de esos cráteres fueron erosionadas debido a la gran actividad geológica de la superficie terrestre. Esto se puede aplicar a cualquier superficie planetaria, si no hay nada que borre la huella de los cráteres, significa que esa superficie lleva expuesta mucho tiempo sin renovarse. Por eso, una superficie antigua tiene una gran cantidad de cráteres, y cráteres en general de gran tamaño, ya que ha sido expuesta a impactos durante más tiempo, mientras que una superficie con menos cráteres ha sido formada hace menos tiempo y por ello es más joven geológicamente.

Recordad, el periodo Noaico es el más antiguo y por tanto tiene más cráteres y más grandes, el periodo Hespérico tiene edad intermedia, el periodo Amazónico tiene superficies muy jóvenes, con pequeños cráteres y menos cantidad.

¿A qué periodo creéis que pertenecen estas imágenes?

Imagen	Periodo marciano
	<p>Tiene muchos cráteres y bastante grandes en relación con el resto de imágenes. Periodo Noáico</p>
	<p>Zona intermedia, ni muchos cráteres ni pocos. Hespérico</p>
	<p>Zona intermedia, ni muchos cráteres ni pocos. Hespérico.</p>

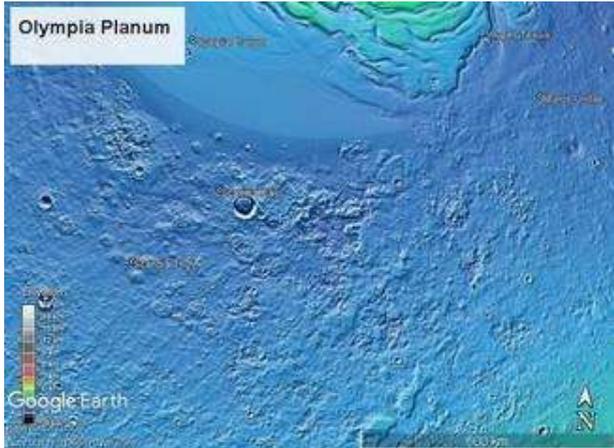
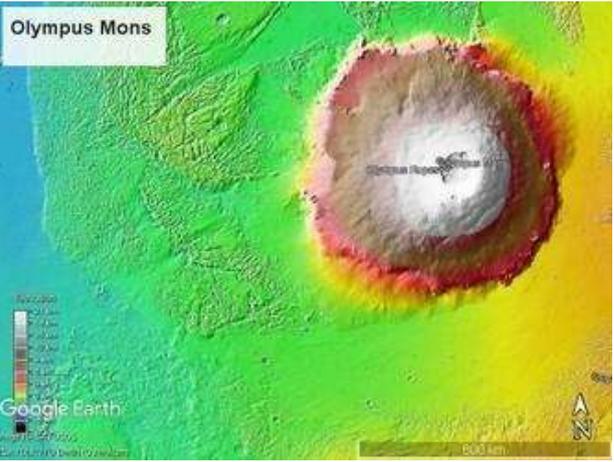
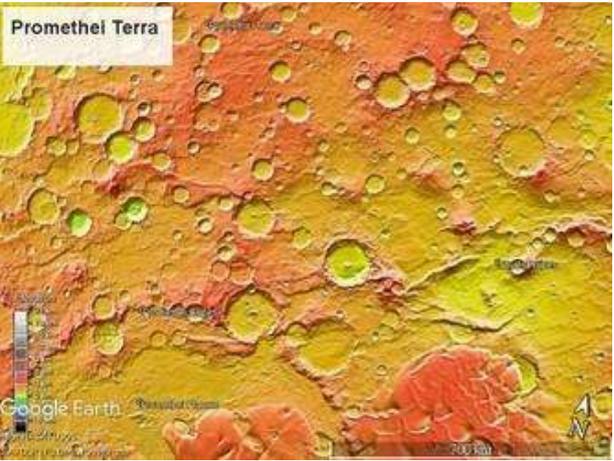
	<p>Tiene muy pocos cráteres y los que hay, son relativamente pequeños. Amazónico</p>
	<p>Tiene muy pocos cráteres y los que hay, son relativamente pequeños. Amazónico</p>
	<p>Tiene muchos cráteres y bastante grandes en relación con el resto de imágenes. Periodo Noáico</p>

Tabla 12: Lugares de Marte y su localización.

Actividad 10.4.2: Búsqueda de signos de agua

En la siguiente figura se muestra un mapa topográfico de Marte donde, en vez de usar los colores azules, verdes, naranjas... para las distintas altitudes, se usan colores blancos, para las zonas más altas, negros, para las zonas más bajas y distintos tonos de grises para las intermedias.

En este mapa se representan los distintos afloramientos de minerales hidratados, detectados por el instrumento OMEGA de la Mars Express, como filosilicatos y sulfatos. Estas zonas son de gran tamaño, tanto como para ser vistas desde la órbita de un satélite, y se necesitaron en el pasado grandes cantidades de agua líquida para formarlas.

También se puede observar que están distribuidos por toda la superficie Marciana, por lo que indica que no fue un hecho aislado, sino que fue algo que ocurrió de forma global en el planeta. Así que podemos hablar de cambios climáticos globales que ocurrieron en el pasado de Marte.

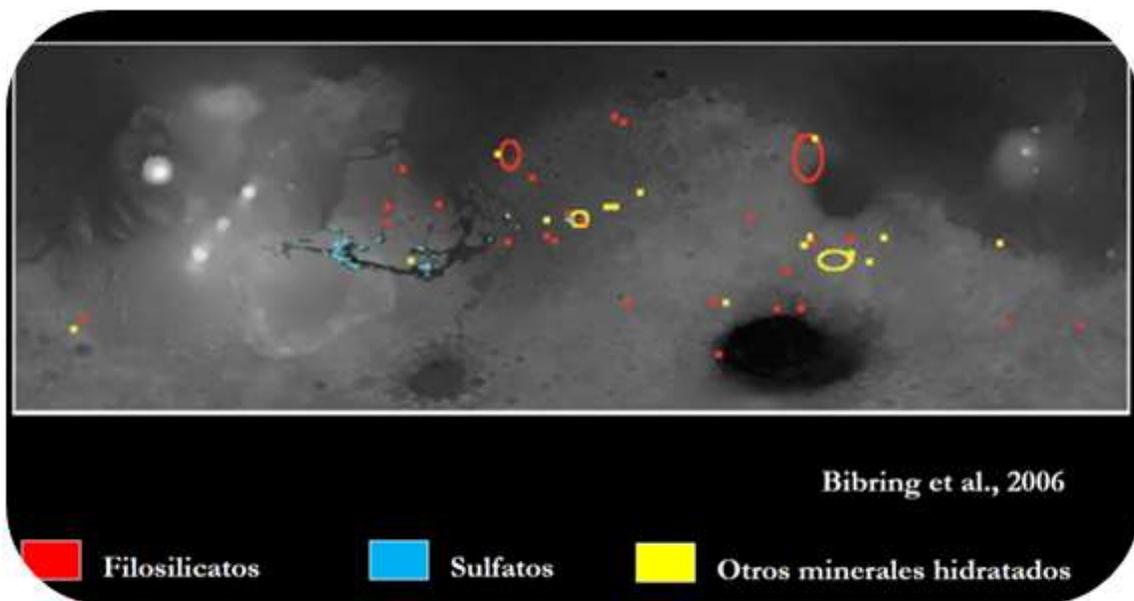


Figura 50. Figura obtenida de la publicación de Bibring et al. 2006.

Estos puntos son muy interesantes a la hora de enviar expediciones científicas a Marte, ya que son zonas donde están expuestas, en la superficie, formaciones rocosas con minerales que necesitan mucha agua líquida para formarse, por lo que pueden ser cruciales para encontrar restos o rastros de una posible vida fósil en Marte.

Para buscar signos de vida en el pasado marciano, tenemos que buscar rastros de agua líquida en la historia de Marte. Actualmente hay agua pero en forma de hielo. La baja presión atmosférica y las bajas temperaturas del planeta hacen que el agua se sublime (pasar de estado sólido a gaseoso directamente, sin pasar por el estado líquido). Pero como acabamos de conocer, las condiciones climatológicas del planeta permitieron que hubiera una importante cantidad de agua en la superficie.

Abrid el programa Google Mars y sigue los pasos de la [Actividad 10.1](#) hasta llegar al mapa topográfico de Marte (“colorized terrain”)

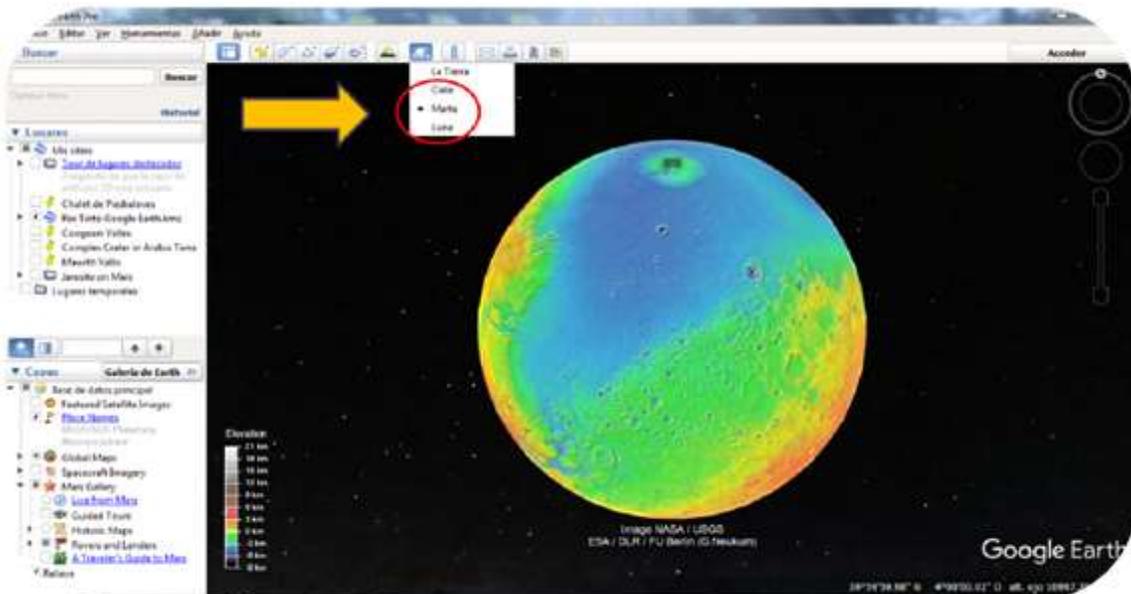


Figura 51: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

Tenéis que estar viendo una imagen coloreada de Marte, como la de la *Figura 51*, donde las zonas más altas están con colores naranjas/marrones y las zonas más bajas están coloreadas con colores azulados. Si no estáis viendo la imagen coloreada, tienes que ir a “Global Maps” y elegir “Colorized Terrain”. También podéis usar la opción de “CTX Mosaic”, que usa las imágenes de la misión de la NASA, “Mars Reconnaissance Orbiter” con una resolución bastante alta, en el menú de “global maps” o mapas globales, que tenéis a la izquierda, como señala la *Figura 52*.

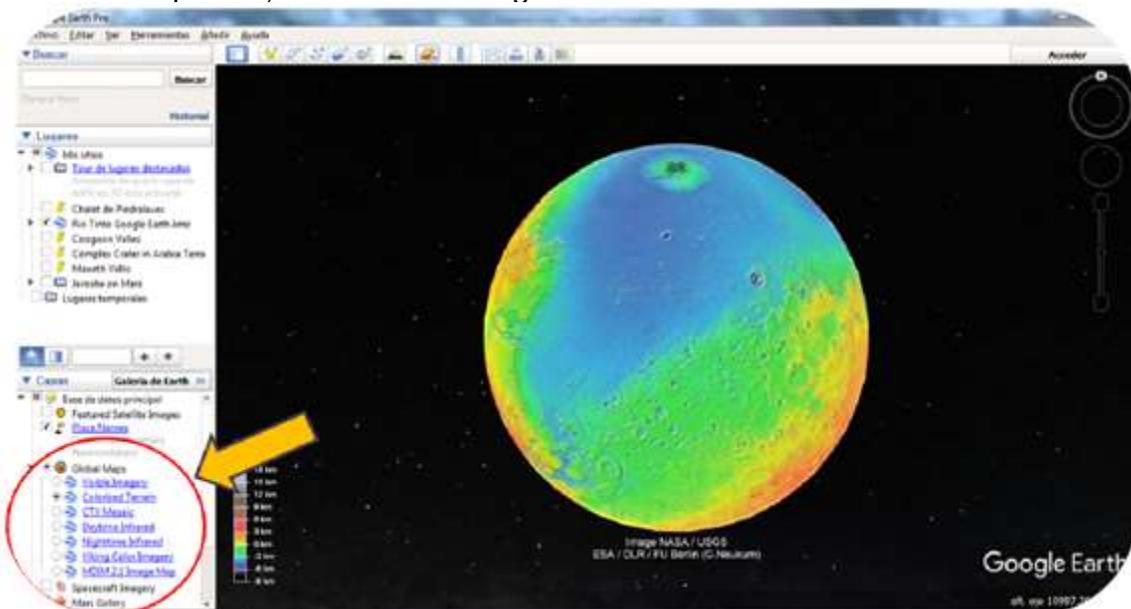


Figura 52: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

¿Veis algún cauce seco? ¿Dónde?

Hay un montón de cauces secos en la zona de la dicotomía entre las zonas altas del norte y las zonas bajas del sur. También dentro de cráteres. Se puede poner, por ejemplo, la enorme área de la desembocadura de “valles marineris”. También se puede encontrar una gran cantidad de cauces secos dentro de cráteres. Se puede mirar en “Hellas planitia” o en el cráter Jezero

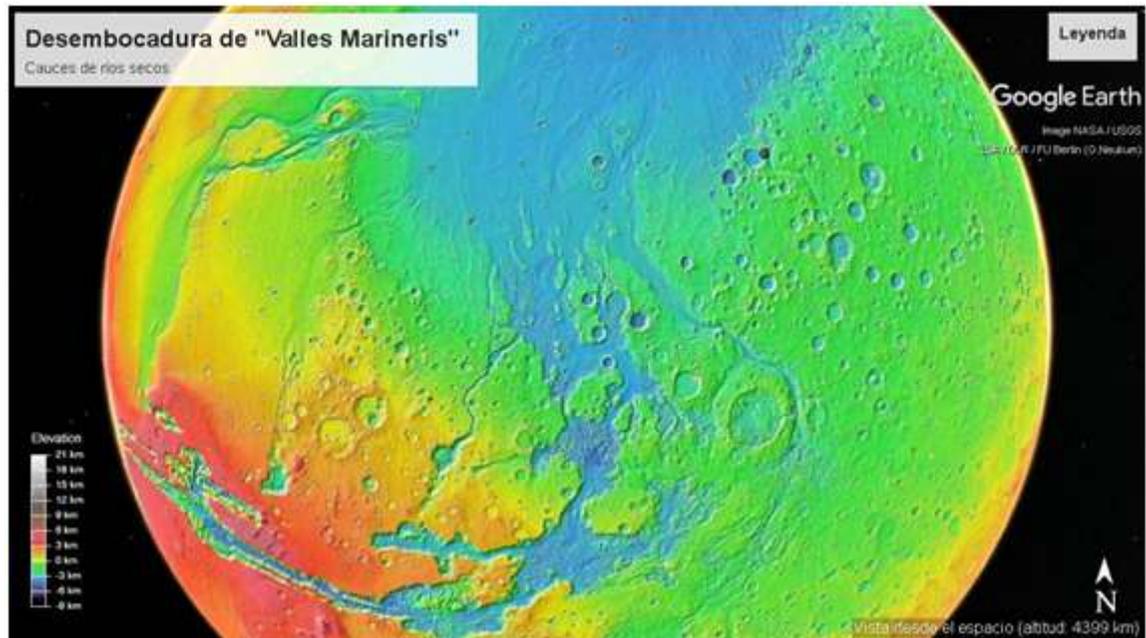


Figura extra: Imágenes del Software Google Earth Pro mostrando, en azul, la zona de desembocadura del gran delta de Valles Marineris (Créditos: Google Earth)

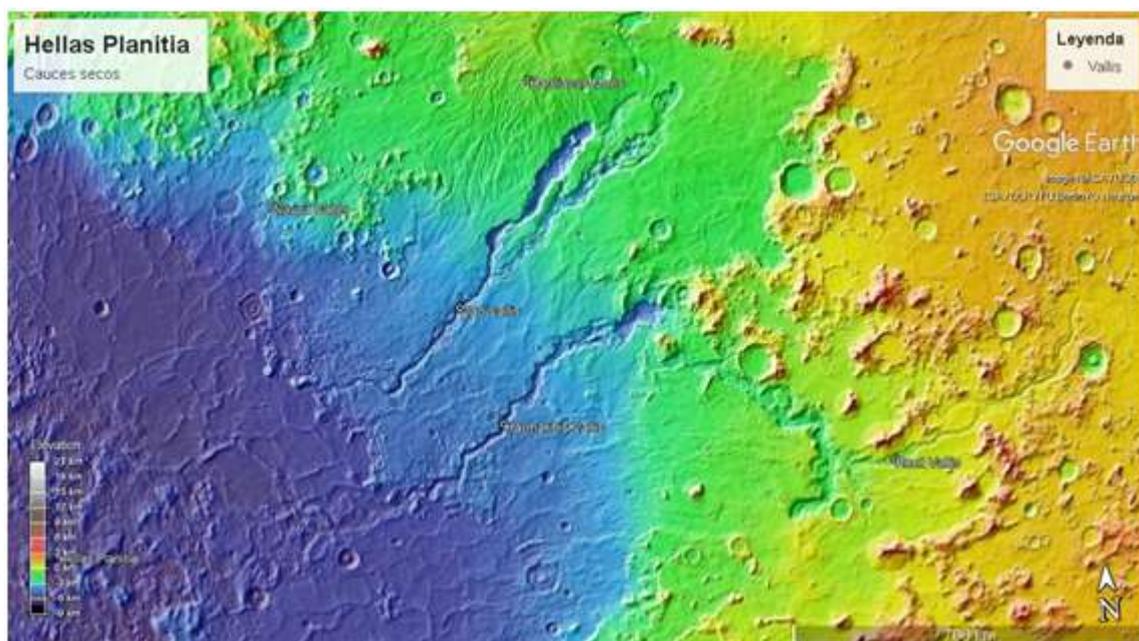


Figura extra: Imágenes del Software Google Earth Pro, mostrando cauces de ríos secos en Hellas Planitia (Créditos: Google Earth)



Figura extra: Imágenes del Software Google Earth Pro mostrando el abanico aluvial o delta que aparece en el cráter Jezero (Nota: zona de amortizaje del rover Mars Perseverance 2020 de la NASA) (Créditos: Google Earth)

Actividad 10.4.3: ILD (Interior Layered Deposits) o depósitos en capas interiores

Finalmente, necesitamos determinar qué características específicas podrían ser más interesantes de estudiar, geológicamente, al elegir una zona donde amartizar en Marte.

Cuando los científicos buscan evidencias de vida, a menudo buscan evidencias de agua. La palabra ILD (*Interior Layered Deposits*) que en inglés se refiere a *depósitos en capas interiores* es una de las muchas formaciones geológicas que conocemos de Marte que nos indican la existencia de agua en esa zona en el pasado.

Estos depósitos, los cuales son capas o mantos, han sido analizados y son conocidos por tener minerales hidratados (lo que significa que necesitan tener contacto con grandes cantidades de agua líquida para formarse). Ya que hay muchas capas, una encima de la otra, hay una gran oportunidad de que algunas trazas de vida pasada puedan conservarse en estos depósitos.

La *Figura 53* muestra las capas de depósitos de *Juventae Chasma*. Fue tomada por el instrumento CASSIS a bordo de la misión ESA TGO (Trace of Gas Orbiter) Orbitador trazador de gas. Podéis buscarlo en las coordenadas 3° 21' 14.72"S, 61° 24' 59.96"O, al sur de Maja Valles.



Figura 53: Depósito de Capas Interiores (ILD) llamado *Juventae Chasma*, tomado por la misión de ESA TGO. La imagen cubre un área de 25 x 7 km de anchura. Copyright: ESA/Roscosmos/CaSSIS, [CC BY-SA 3.0 IGO](#).

Estos depósitos se encuentran dentro de cráteres o en los cauces secos de los Ríos. ¿Podéis encontrar alguno con Google Mars? Podéis consultar la imagen de la actividad anterior sobre la mineralogía marciana.

Este tipo de depósitos ILD se pueden encontrar en el interior de Valles Marineris (como en Melas Chasma, dentro del Valles Marineris, o en la desembocadura como Aureum Chaos, Mawrth Vallis,) en *Juventae Chasma*, en Crater Gale, Crater Gusev...
Son la forma típica que toman los depósitos de sulfatos hidratados en la superficie marciana, como a capas.

Actividad 10.5: Equipo experto en requerimientos de una misión robótica/no tripulada (rover) (Equipo 4)

Actividad 10.5.1: Ventajas/Desventajas de una misión robótica



Figura 54: Elementos del programa ExoMars 2016-2022. (Créditos: ESA)

Hasta la actualidad, las misiones que se han llevado a Marte, como a otros planetas del Sistema Solar, han sido robóticas. Misiones tripuladas, lo más lejos que han llegado ha sido a la Luna. ¿Por qué creéis que es así? ¿qué ventajas/desventajas pensais que tiene una misión tripulada a una robótica?

La misión robótica es mucho más barata, el gasto de energía de un rover es mucho más pequeño y puede estar en hibernación todo el trayecto hasta Marte sin gasto extra de energía. Además no hay costes en vidas humanas si algo sale mal. Además el riesgo de contaminar Marte con vida terrestre (llevamos con nosotros muchas bacterias y microorganismos y no nos podemos esterilizar), creándonos la duda de si encontramos vida, fuera de Marte o si la trajimos nosotros. La misión tripulada es mucho más costosa, pero la capacidad de llevar astronautas entrenados a Marte, volvería mucho más productiva la misión. Es mucho más fácil catalogar y discriminar muestras estando allí que desde la Tierra a control remoto. Además, podemos construir equipamiento allí mismo enviando ingenieros, algo que un rover, por mucha inteligencia artificial que tenga, no podría hacerlo. Además es la siguiente frontera para el ser humano, ser capaz de colonizar y sobrevivir en otro planeta.

Las misiones robóticas son mucho menos costosas, ya que los requerimientos energéticos de un rover son mucho menores que los que necesitarían varios astronautas (no necesitan respirar, comer, beber,...), pueden aguantar las condiciones extremas de Marte sin problemas (temperaturas frías, radiación, falta de oxígeno) y, lo más importante, posibles fallos no implican la pérdida de vidas humanas.

Recuerda que enviar una misión robótica a Marte, implica el trabajo de muchas personas, por cerca de 20 años en las misiones más grandes de la ESA, con un coste personal y económico muy importante, por lo que si algo falla, es mucho trabajo y dinero invertido que no ha servido de mucho, aunque de los errores se aprende.

Por eso hay que planearlo bien.

Actividad 10.5.2: Requerimientos energéticos

El rover necesita energía para funcionar. ¿Qué tipo de energía usarías? ¿Que pros y que contras tendría el usar ese tipo de energía?

Tipo de energía	Ventajas	Inconvenientes
Paneles solares	Energía ilimitada mientras el Sol brille Bastante económica y muy usada en misiones espaciales. Al ser ilimitada, mientras funcionen las placas solares y no haya fallos mayores, podemos seguir con la misión durante muchos años.	Necesitas suficiente energía para mover el rover. En los polos no llega suficiente, y tendrá más energía cuanto más cerca esté del ecuador. Los paneles solares se pueden romper, deteriorar (tras tormentas de arena, por ejemplo). Si el rover cae en una grieta donde no da el Sol, no funciona.
Energía eólica	Ilimitada, barata	La atmósfera de Marte es demasiado tenue. Aunque aparezcan tormentas de arena cada cierto tiempo, no es suficiente como para conseguir suficiente energía para mover un rover
Combustibles fósiles	Puede funcionar sin limitaciones de luz solar, como por ejemplo, cerca de los polos o durante la noche marciana	Es limitada, una vez acabado el combustible, no hay más. Pesa mucho y ocupa mucho espacio, es difícil salir de la gravedad terrestre y hay que optimizar peso y volumen a enviar al espacio.
Energía nuclear	Es muy efectiva, con poco peso y volumen tienes mucha energía. Te permite ir a zonas donde no llega bien la luz del Sol (polos, cuevas, grietas, trabaja de día y de noche)	Es limitada. Una vez acabada, la misión no puede seguir.

Tabla 13: *Qué energías son mejores en Marteción.*

Un recurso que podemos encontrar en Marte, que es ilimitada, es la Energía Solar, la cual es la principal fuente de energía de las misiones actuales marcianas, tanto en rovers como en satélites. Pero para poder usar la energía solar, tenemos que estar en latitudes bajas, cercanas al ecuador. Para que haya bastante energía solar para usar placas solares, las limitaciones de luz solar hacen que la estación marciana deba estar de 45°N a 45°S, como se ve en la *Figura 55*.

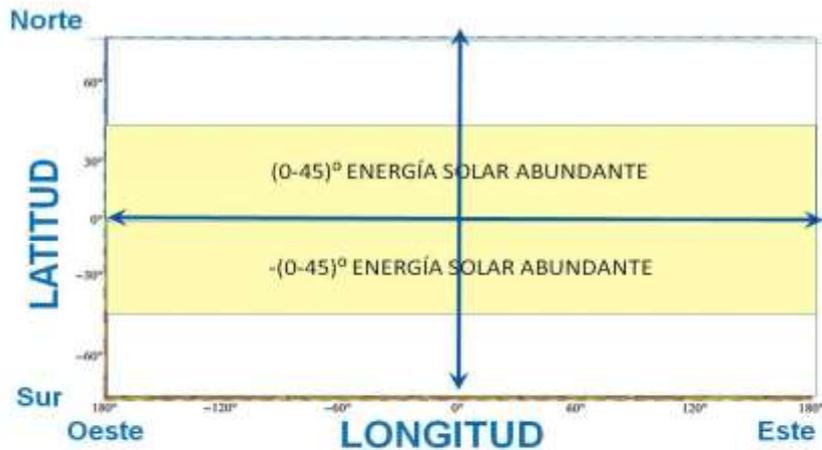


Figura 55: Requerimientos de luz solar. (Créditos: CESAR)

¿Qué zonas veis idóneas para amartizar un rover, que sean bajas y que tengan bastante energía solar?

Zonas azules más o menos cerca del ecuador: Amazonis Planitia, Chryse Planitia, Isidis y sur de Utopía planitia, Valles Marineris.
 Zonas verdes cerca del ecuador: Meridiani Planum, Arabia Terra, Elysium Planitia

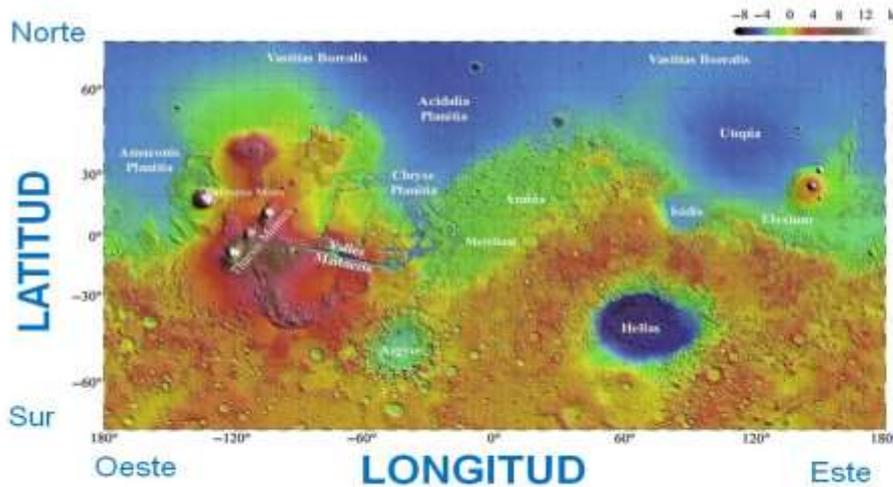


Figura extra: Mapa topográfico de Marte. (Créditos: CESAR)



Actividad 10.5.3: Buscamos vida. ¿Cómo?

Ahora viene lo divertido. ¿Qué es lo que tenemos que buscar?, ¿qué pruebas tenemos que hacer para encontrar vida en Marte?

¿Cómo crees que pudo ser o puede ser la vida en Marte? ¿microbiana? ¿más compleja? ¿qué esperamos encontrar?

No esperamos ver marcianitos verdes o grandes bosques. Lo que vamos a buscar son microorganismos, como bacterias o arqueas terrestres. Esos microorganismos pueden estar vivos ahora en el subsuelo marciano (por lo menos, sabemos que microorganismos extremófilos terrestres podrían sobrevivir en esas condiciones sin problemas) o pudieron estar vivos en el pasado. Tendremos que buscar microorganismos actuales o restos que dejaron esos microorganismos en el pasado de Marte.

Esta parte del reto necesita de un paso más para el desarrollo de la misión, porque no podemos llevar grandes laboratorios a Marte. Tenemos muy limitado el peso y el volumen que podemos enviar al espacio. Además de que si encontramos una prueba que puede indicar que hay vida en Marte, esa tiene que ser irrefutable. Es decir, que esa prueba nos diga completamente seguro que hay o hubo vida en Marte, sin ninguna duda. Ya podemos encontrar que hay indicios de vida microbiana en Marte (metano, depósitos minerales y estructuras minerales que en suelos terrestres son indicativos de actividad microbiana en el suelo), pero esos indicios pudieron ser formados de forma abiótica o con procesos químicos que no impliquen a seres vivos. Así que para que la comunidad científica acepte que hay vida en Marte, necesitamos la prueba definitiva. ¿Qué tipos de experimentos harías para encontrar esa prueba definitiva de trazas de vida en Marte, tanto en el presente como en el pasado?

Buscar microorganismos vivos: cultivos, microscopios,...
Buscar biomarcadores o moléculas que sólo la vida puede crear, ADN, ARN, Proteínas, complejas, moléculas quirales.
Buscar restos o señales químicas que deje la vida a su paso: fraccionamiento isotópico, estructuras minerales asociadas a la vida (como por ejemplo, estromatolitos)

En el fondo, se usan métodos muy parecidos al estudiar el periodo Arcaico de la Tierra. Cuando nos encontramos con una roca muy antigua terrestre, por ejemplo, de hace 3 800 millones de años, ¿había vida en ese entonces en la Tierra?
¿Cuándo apareció la vida en la Tierra? Se pueden utilizar esas mismas técnicas con otros planetas, como Marte.



La misión ExoMars es la misión de la ESA cuya finalidad es buscar vida en Marte. El rover Rosalind Franklin, un rover que va a llevar el nombre en memoria de una de las grandes científicas que gracias a su trabajo, se pudo descubrir y entender la molécula de ADN y el código genético. Vamos a indagar un poco en la misión de la ESA, para eso vamos a entrar en la página de la ESA y vamos a indagar un poco:

<https://exploration.esa.int/web/mars/-/48088-mission-overview>

En el menú de la izquierda de la web tenemos los enlaces a ExoMars 2022, donde comentan como es el rover, los instrumentos que lleva, ... Investigamos qué han planeado:

¿Qué pruebas científicas van a realizar?

Los instrumentos están reseñados y explicados aquí:

<https://exploration.esa.int/web/mars/-/45103-rover-instruments>

Se puede poner especial énfasis en los instrumentos **RLS** (el espectrómetro láser Raman), el cual detecta minerales y moléculas orgánicas complejas. Además, es un instrumento desarrollado principalmente en España, por el Centro de Astrobiología.

<https://exploration.esa.int/web/mars/-/45103-rover-instruments?section=rls---raman-laser-spectrometer>

El otro instrumento en el que se puede poner especial énfasis es el **MOMA** (el analizador de moléculas orgánicas marciano), constituido por un espectrómetro de cromatografía de gases-masas (GC-MS) y un espectrómetro de masas desorción láser (LD-MS) también para detectar moléculas orgánicas complejas, incluso a muy poca concentración, y una posible quiralidad de moléculas.

<https://exploration.esa.int/web/mars/-/45103-rover-instruments?section=moma---mars-organics-molecule-analyser>

¿Que tipo de muestras van a coger? ¿Por qué van a perforar bajo la superficie de Marte?

La superficie del planeta es poco amigable con la vida. No hay protección contra el viento solar, son condiciones extremadamente áridas y oxidantes por el perclorato. Esto hace, no solo que las condiciones para la vida sean limitantes, sino que pueden destruir o modificar cualquier biomarcador que pudiera haber en un principio. Pero las condiciones del subsuelo cambian drásticamente, volviéndose mucho más habitable. Protegida del viento solar y con capas de hielo y agua en las profundidades de Marte, podríamos encontrar vida incluso en la actualidad y los biomarcadores se pueden conservar mejor.

¿Vosotros haríais lo mismo? ¿Tenéis otras ideas?

Por ejemplo, se puede plantear detectar ADN o proteínas con las mismas técnicas que usamos para el diagnóstico clínico. Al igual que se puede detectar ADN de coronavirus con una PCR o inmunocromatografía, se puede plantear el detectar simplemente ADN o ARN.

Actividad 10.6: Equipo experto en una misión tripulada por astronautas para colonizar Marte. (Equipo 5)



Figura 56: Imagen artística de una colonia en Marte. Créditos: [National Geographic](#)

Hasta ahora, hemos enviado misiones robóticas o rovers a analizar la superficie marciana. El problema es que la tecnología que podemos enviar a Marte, sobretodo en cuestión a instrumentos científicos precisos, es muy deficiente en comparación a la tecnología que tenemos en laboratorios científicos en la Tierra. Por ejemplo, un espectrómetro de masas un laboratorio en la Tierra puede ocupar 2-3 metros y pesar varias toneladas. Eso lo hace inviable a la hora de poder llevar esa tecnología a Marte, debido a las limitaciones de peso y volumen que hay en las lanzaderas espaciales.

En Marte, los rovers van equipados con instrumentos mucho más pequeños y ligeros, Con esto queremos decir que el llevar a seres humanos a Marte, se puede conseguir una discriminación muy importante a la hora de buscar “muestras interesantes”, mucho más que una máquina, con lo que podría influir muchísimo, a la hora de encontrar restos de vida marciana en el presente o en el pasado de Marte.

A diferencia de la Luna, el viaje a Marte es mucho más largo (a la Luna se tardaba de 3 a 5 días, mientras que a Marte se tarda unos 6 meses, cuando las órbitas de ambos planetas están más cercanos). Además, Marte tiene más gravedad que la Luna, con lo que volver de Marte es más difícil. Esto hace que el ir y volver sea más complicado y costoso. Por eso, si se realiza una misión tripulada a Marte, se deberían buscar unas condiciones aptas para la creación de una colonia más o menos permanente, en Marte, donde los astronautas y futuros colonizadores de Marte puedan sobrevivir.

Además, gracias a las misiones Apollo, se comprobó que entrenando a astronautas en el área científica (geológica principalmente, ya que eran muestras de rocas las que se volvieron a enviar a la Tierra), como el hecho de enviar científicos a la Luna (sólo un

científico (geólogo) pudo ir a la Luna, Harrison Schmitt en la última misión Apolo 17). El que fueran astronautas entrenados en ciencia hizo que las muestras lunares fueran mucho más eficientes, como cuando fueron a buscar la “roca del génesis”, una anortosita, que podría formar parte de la corteza primigenia de la Luna. Al final, los análisis hechos en la “roca del génesis”, indican que se formó posteriormente a la formación de la Luna (aunque sigue siendo muy antigua, de hace 4 100 millones de años), por lo que no es exactamente la roca del génesis, pero estuvo muy cerca.

Con esto queremos decir que el llevar a seres humanos a Marte, se puede conseguir una discriminación muy importante a la hora de buscar “muestras interesantes”, mucho más que una máquina, con lo que podría influir muchísimo, a la hora de encontrar restos de vida marciana en el presente o en el pasado de Marte.

Para vivir una temporada en Marte, aparecen unos nuevos requisitos a la hora de amartizar. Los astronautas necesitarán unos requisitos extra para poder buscar una zona segura de amartizaje, junto con una zona donde puedan encontrar los recursos necesarios para mantener una ciudad burbuja humana bajo las condiciones marcianas.

Actividad 10.6.1: ¿Qué llevar a Marte?

Primero, tendréis que decidir qué vais a llevar y qué no y el motivo. Recordad que son cosas tanto para el viaje (sin gravedad) que durará unos 6 meses de ida y otros 6 de vuelta, y el tiempo, relativamente largo, que estaréis en la superficie del planeta.



Después tenemos que mirar que sea una zona suficientemente baja para que haya una atmósfera que permita tener suficientes requerimientos atmosféricos para la colonia (por ejemplo, pueden usar el Moxie para sustraer oxígeno del CO₂ de la atmósfera marciana. Las zonas más bajas se representan con colores azules en la *Figura 57*.

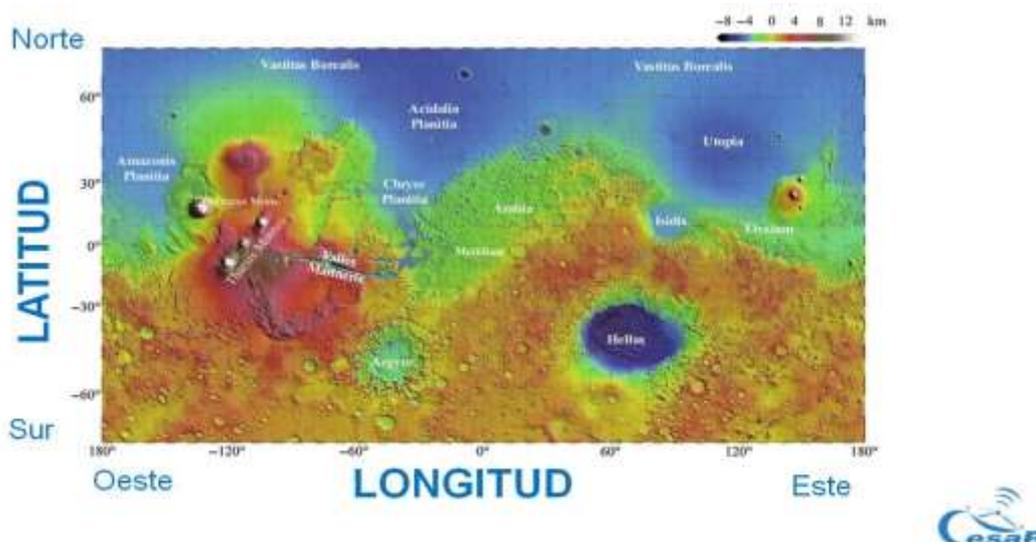


Figura 57: Mapa topográfico de Marte (Créditos: CESAR)

Actividad 10.6.2: Requerimientos lumínicos

Los requisitos energéticos de esa colonia son importantes, para ello, un recurso que podemos encontrar en Marte es la Energía Solar, la cual es la principal fuente de energía de las misiones actuales marcianas, tanto en rovers como en satélites. Pero para poder usar la energía solar, tenemos que estar en latitudes bajas, cercanas al ecuador. Para que haya bastante energía solar para usar placas solares, las limitaciones de luz solar hacen que la estación marciana deba estar de 45°N a 45°S.

Dibuja en la figura 57 las zonas con suficiente luz solar para los astronautas.

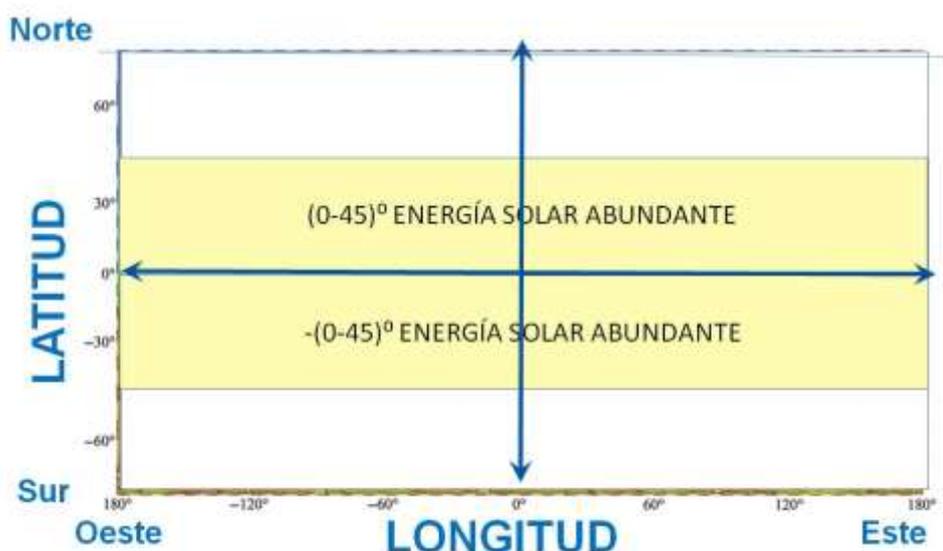


Figura extra: Requerimientos de luz solar. (Créditos: CESAR)

Actividad 10.6.3: Requerimientos de agua

A diferencia de una misión robótica, si van astronautas necesitan un recurso primordial, el agua. Con agua pueden beber, regar cultivos hidropónicos y el agua o H₂O se puede disociar, separando el oxígeno del hidrógeno, pudiendo usar el oxígeno para respirar y el hidrógeno como fuente de energía. Este es un recurso que es abundante, en forma de hielo, en Marte, pero el problema es que se encuentra accesible a latitudes altas, cuanto más cerca de los polos marcianos nos encontremos. Para tener un recurso de hielo de agua disponible cerca de la superficie para la estación marciana, tenemos que aterrizar de 30° a 90°N o de -30° a -90° en el hemisferio sur.

Dibuja en la Figura 57 la zona con suficiente agua para los astronautas.

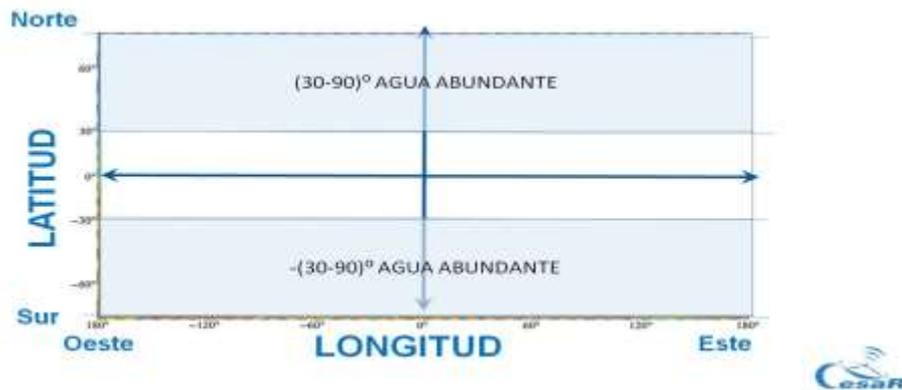


Figura Extra: Requerimientos de agua. (Créditos: CESAR)

¿A qué latitud podemos tener tanto recursos de luz solar como de hielo de agua? Dibuja la zona de amortizaje óptima en la Figura 57.

De 30-45°N y de 30-45°S

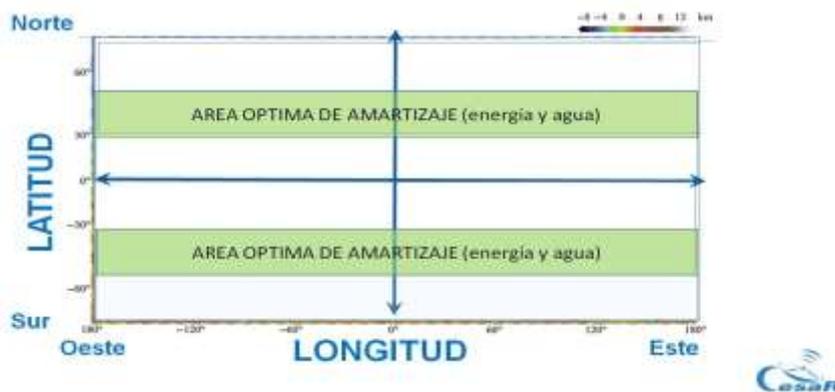


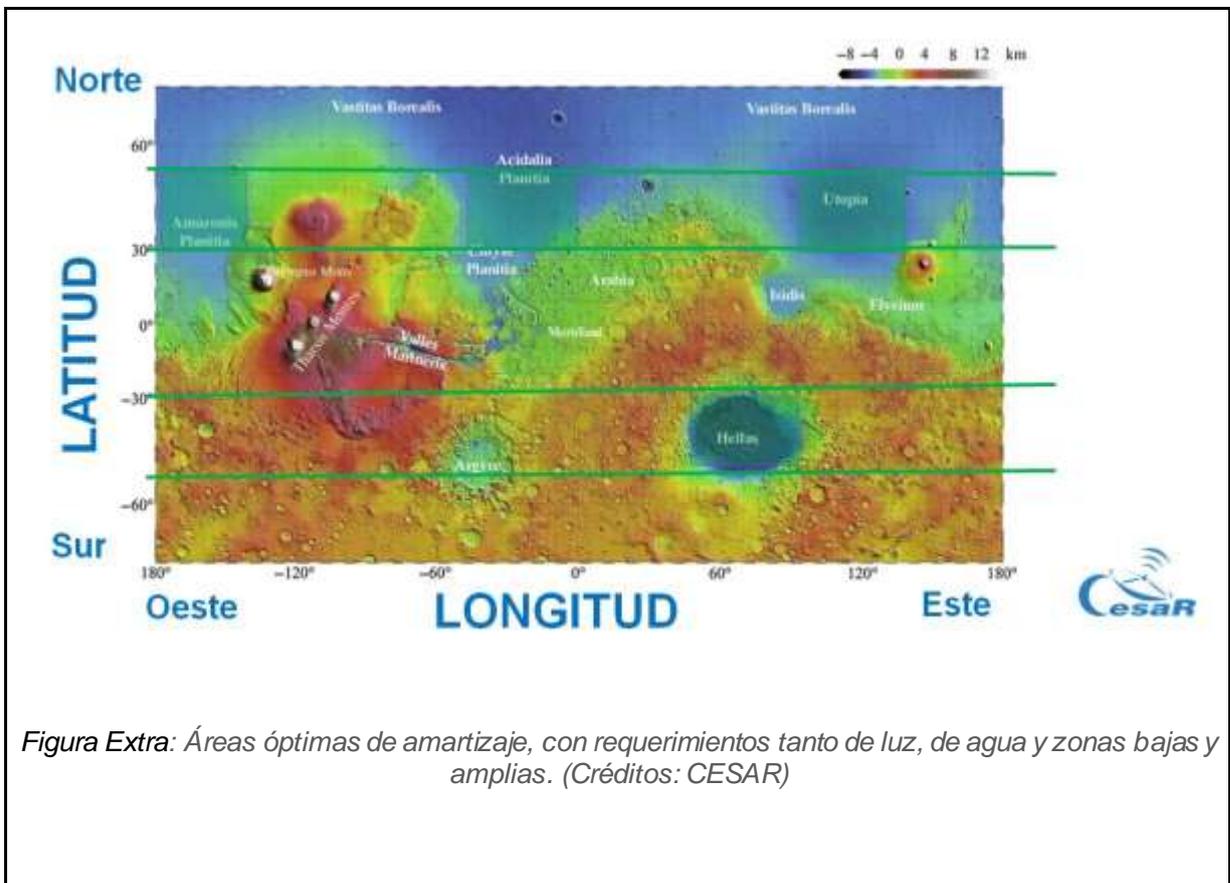
Figura Extra: Área óptima de amortizaje, con requerimientos tanto de luz como de agua. (Créditos: CESAR)

NOTA: si hay que dar prioridad a un requisito, se debe dar prioridad al agua sobre la luz solar. Sin agua, los astronautas no pueden sobrevivir. La necesitan para beber, regar cultivos, obtener oxígeno del agua, e incluso, para tener otra fuente de energía, que es el hidrógeno que se obtiene del agua. Aun así es mejor tener ambos requisitos.

Actividad 10.6.4: Zonas llanas amplias

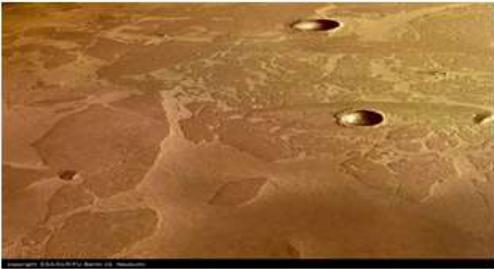
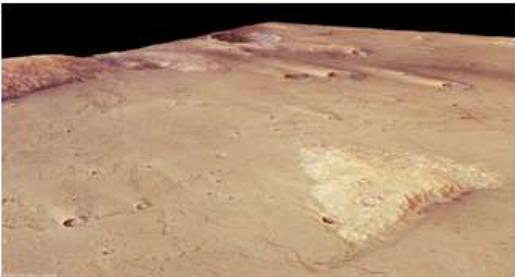
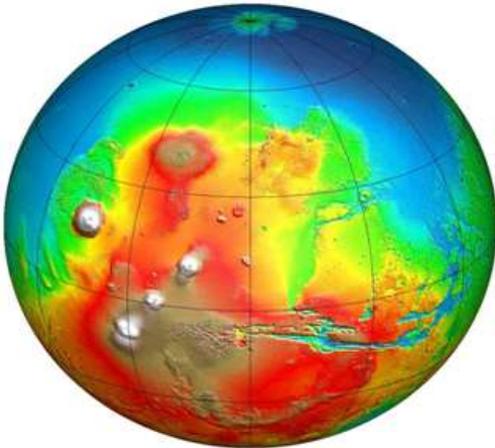
El éxito de la misión consiste en que el amortizaje en sí, sea seguro, es decir, que el módulo de amortizaje se pose en la superficie marciana con seguridad, además de que el vehículo marciano pueda moverse por una zona amplia con seguridad. Para eso se debe amortizar en unas zonas llanas lo suficientemente amplias para poder movernos con seguridad.

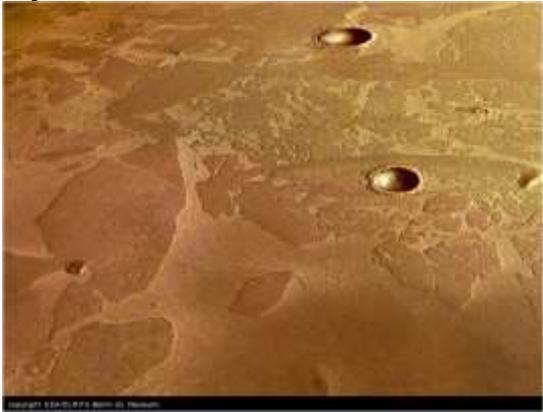
Entonces ¿qué grandes zonas podéis ver que tengan todos los requisitos? ¿Zonas bajas, entre 30° y 45°N o 30° y 45°S, para que tengan tanto luz como agua, y además que sean lo suficientemente llanas para moverse con el vehículo marciano? Descríbelas fijándoos en la figura 57.



Aquí te proponemos unas que pueden o no coincidir con las tuyas. ¿Cumplen los requisitos?

Lugar	Observaciones
<p>Acidalia Planitia (Sur)</p>  <p>Mars Express images (HRSC camera) Berlin (G. Neukum), CC BY-SA 3.0 IGO</p>	<p>Tiene agua y energía (sobretudo en la zona sur). Es muy plana y extensa. Pero está muy lejos del ecuador y tiene poco valor científico. Lo positivo es que tendría buen acceso al casquete glaciar del polo norte, aunque sería un viaje largo.</p>
<p>Chryse Planitia</p>  <p>Mars Express images (HRSC camera) ESA/DLR/FU Berlin</p>	<p>Posee acceso a agua, tiene bastante energía lumínica y es plana. Tiene un alto valor científico al estar en la desembocadura de Valles Marineris</p>
<p>Utopia Planitia</p>  <p>Mars Express images (HRSC camera) ESA/DLR/FU Berlin</p>	<p>Tiene bastante agua, bastante energía lumínica y es muy plana, pero tiene poco valor científico. Aún así, tiene acceso a la zona volcánica de Elysium y la zona de Isidis, aunque a muy largas distancias. Es muy interesante el límite entre Isidis y Utopía Planitia (zona oeste) por la cercanía de Nilli Fossae, una zona de muy alto interés científico.</p>

<p>Amazonis Planitia</p>  <p>Mars Express images (HRSC camera) ESA/DLR/FU Berlin</p>	<p>Hay bastante agua, energía lumínica y es muy plana, pero poco interesante científicamente.</p>
<p>Isidis Planitia</p>  <p>Mars Express images (HRSC camera) ESA/DLR/FU Berlin</p>	<p>Tiene poco acceso al agua para una misión tripulada, aunque tiene bastante energía y es plana (aunque confinada en un cráter). Científicamente es muy interesante porque aquí se encuentra Nilili Fossae, con unos afloramientos rocosos muy interesantes</p>
<p>Tharsis North</p>  <p>NASA/MGS/MOLA Science Team, FU Berlin</p>	<p>Tiene agua (solo el norte de Tharsis), energía lumínica, pero no es una zona extremadamente plana y además está más elevada que las zonas de colores azulados. Es poco interesante científicamente, a no ser que se quiera estudiar el vulcanismo de Marte.</p>

<p>Hellas Planitia</p>  <p>Mars Express images (HRSC camera) ESA/DLR/FU Berlin</p>	<p>Tiene agua, energía lumínica y zonas planas. Pero el hemisferio sur es más elevado que el norte, lleno de cráteres y muy irregular, por lo que la exploración fuera de esta zona sería mucho más difícil. Aún así, es muy interesante científicamente. Hay importantes restos de cauces secos y depósitos de filosilicatos. Además tenemos acceso a zonas del Noáico y Hespérico marciano, teniendo acceso a una gran parte de la historia geológica de Marte.</p>
<p>Clouds Vastitas Borealis & Northern Polar Cap</p>  <p>Mars Express images (HRSC camera)</p>	<p>Es una zona con mucho agua y muy plana, pero muy poca energía lumínica. Científicamente es poco interesante, a excepción del posible acceso a los hielos del polo norte marciano, aunque estaría bastante lejos de la base. Es muy difícil amortizar allí por estar lejos del ecuador.</p>
<p>Elysium</p>  <p>Mars Express images (HRSC camera) ESA/DLR/FU Berlin</p>	<p>Tiene mucha energía lumínica, pero poca agua y es un terreno verde, un poco más elevado. Es muy interesante científicamente, por ejemplo está cerca del cráter Gale (donde está el rover Curiosity), aunque llegar a la zona de los cráteres es de difícil acceso desde fuera.</p>

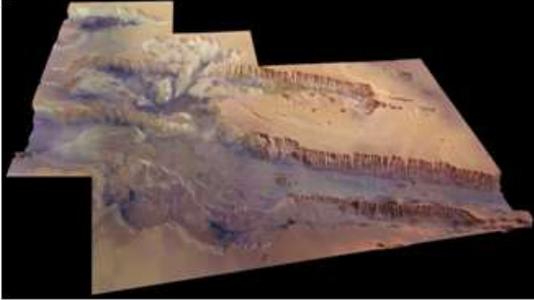
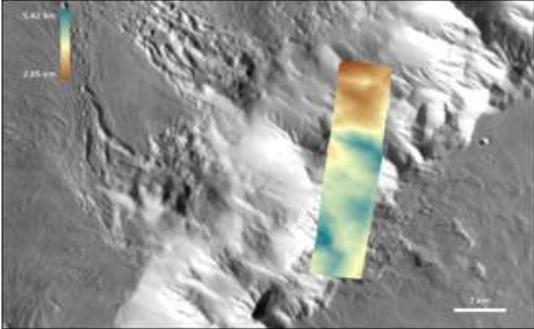
<p>Valles Marineris</p>  <p>Mars Express images (HRSC camera)</p> <p>ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum), CC BY-SA 3.0 IGO</p>	<p>Tiene mucha energía lumínica pero muy poca agua. El terreno es muy variable, poco plano y con paredes de 8 km de alto a su alrededor (peligroso para amortizar). Pero es muy interesante científicamente, con restos de haber tenido grandes cantidades de agua líquida y grandes depósitos de filosilicatos y sulfatos.</p>
<p>Argyre Planitia</p>  <p>Mars Express images (HRSC camera)</p> <p>ESA/DLR/FU Berlin CC BY-SA 3.0 IGO</p>	<p>Es una zona con agua y energía lumínica, pero no es muy plana y el terreno algo elevado (zona verde). Pero es una zona muy interesante científicamente, con una compleja historia geológica y acceso al Noáico y Hespérico de Marte.</p>
<p>Olympus Mons</p>  <p>ESA/Roscosmos/CaSSIS (footprint)</p>	<p>Es una zona con bastante energía lumínica pero muy poca agua y un terreno muy elevado. Aun así, es plano. Tiene poco valor científico a no ser que se quiera estudiar el vulcanismo en Marte.</p>

Tabla 14: Diferentes lugares de Marte donde amortizar o no.



Actividad 11: Comité de expertos

Evalúad las distintas zonas de aterrizaje y elegid la óptima. Dad una explicación los distintos equipos sobre los porqués de vuestras decisiones.

Actividad 11.1: Equipos pluridisciplinarios

¡Hacemos nuevos equipos!, cada equipo de expertos han visto una parte importante para que la misión tenga éxito, pero ahora toca trabajar todos juntos para llevar a cabo la misión. Hacemos equipos nuevos con, por lo menos, un experto del equipo 1, otro del equipo 2, otro del 3 y otro del equipo 4.

¡Teniendo en cuenta todo lo que hemos aprendido y discutido, es **el momento de elegir un lugar donde posarnos en Marte o amartizar!**

Para ello hay que encontrar un equilibrio entre los resultados obtenidos en cada una de las investigaciones hechas por los diferentes equipos expertos. **Recuerda, el trabajo en equipo requiere escuchar a todos** y llegar a un acuerdo juntos de cuál es el mejor lugar para amartizar.

Miembros del equipo

Recordad que el nuevo equipo pluridisciplinar debe de haber al menos un miembro de los anteriores equipos expertos 1, 2, 3, 4 y 5. Puede haber un equipo con más de un miembro de los equipos expertos

Lo primero al llegar a un nuevo equipo es presentarse y explicar lo que se ha aprendido en la [Actividad 10](#). ¿Qué requisitos son importantes según mi campo de experiencia?

Miembro del equipo	Requisitos importantes del lugar de amortizaje
Experto en eficiencia/seguridad de la nave (Equipo 1)	<ul style="list-style-type: none"> -Que la zona esté cerca del ecuador -Que sea una zona baja
Experto en eficiencia/seguridad del rover (Equipo 2)	<ul style="list-style-type: none"> -Que sea una zona amplia -Que sea una zona segura, sin cráteres, pendientes fuertes -Que sea una zona llana -Que no tenga arenas
Experto en datos científicos de Marte (Equipo 3)	<ul style="list-style-type: none"> -Que sea una zona antigua, con depósitos Noáicos -Que tenga indicios de que ha pasado agua por ahí en el pasado, como cauces secos o ILD (depósitos en capas interiores)
Experto en requisitos de la misión robótica/no tripulada (Equipo 4)	<ul style="list-style-type: none"> -Que tenga suficiente energía solar para poder funcionar si el rover tiene placas solares (45°N a 45°S)
Experto en requisitos de la misión tripulada (Equipo 5)	<ul style="list-style-type: none"> -Que tenga suficientes recursos de agua y de luz (de 30 a 45°N y de 30 a 45°S)

Tabla 15: Requisitos para amortizar según cada equipo.

Actividad 11.2: Elegir si se hace una misión tripulada/no tripulada o mixta

Los expertos del equipo 4 y 5 exponen al resto de equipo por qué es mejor hacer una misión tripulada o robótica.

	Ventajas	Inconvenientes
Misión robótica	<ul style="list-style-type: none"> -Más barata -No hay pérdidas de vidas humanas si hay algún fallo. -Necesita de menos requisitos para llevarse a cabo 	<ul style="list-style-type: none"> -No se pueden llevar grandes laboratorios. Tenemos limitado lo que se puede analizar en Marte. -Muy difícil discriminar “in situ” muestras a tiempo real
Misión tripulada	<ul style="list-style-type: none"> -Un ser humano bien entrenado puede seleccionar muestras más interesantes. -Ingenieros pueden construir herramientas necesarias directamente en Marte -Sería el siguiente gran paso para la humanidad desde la llegada a la Luna. 	<ul style="list-style-type: none"> -Es mucho más costoso -El riesgo es mucho mayor, ya que si falla algo, hay vidas humanas en juego

Tabla 16: Ventajas y desventajas de las diferentes misiones (tripuladas y no tripuladas).

Vamos a hacer (elige 1):

Misión robótica	
Misión tripulada	
Misión mixta	

Tabla 17: Elección del tipo de misión (robótica, tripulada o mixta).



Actividad 11.3: Elegir un lugar de amartizaje

Ahora entre todas y todos tenemos que elegir un lugar de amartizaje que cumpla todos o gran parte de los requisitos. Nuestro lugar de amartizaje tiene (rellenad la tabla poniendo sí o no)

NOTA: Más abajo os dejamos unas propuestas de lugares de amartizaje.

¿Tiene la latitud correcta?	
¿Tiene un terreno adecuado?	
¿Tiene información de un periodo interesante en la historia de Marte?	
¿Tiene trazas de existencia de agua en el pasado cercano?	
¿Tiene suficiente luz?	
¿Tiene suficiente agua? (sólo en caso de misión tripulada)	

Tabla 18: Características de nuestro lugar de amartizaje.

Anota esta información sobre el lugar elegido para amartizar gracias a Google Mars:



El profesor tiene la descripción de varios sitios de amortizaje en la Actividad 10.6.4, en la tabla 14 de la Guía del Profesor

Nombre de la zona	Latitud	Longitud	Observaciones

Tabla 19: Lugares para amortizar.

Podéis elegir el lugar que veáis más interesante, pero aquí os dejamos unas propuestas que podéis utilizar o no. Recordad que sólo tenéis que elegir una:

Actividad 11.4: ¡A votar la mejor misión!

Ahora toca que cada equipo exponga su lugar propuesto de amortizaje y lo defienda ante los demás. Porque toca elegir solo una entre todo.

¿Cuál es vuestro lugar de amortizaje?

Nombre de la zona	Latitud	Longitud	Observaciones

Tabla 20: Lugar final de amortizaje.

¿Por qué creéis que es el mejor sitio para amortizar?

Aquí tendrán que poner un resumen con los puntos claves del lugar que han elegido para amortizar y por qué

Actividad 11.5: Conclusiones

¿Qué dificultades has encontrado para elegir un lugar idóneo de amerizaje, donde se cumplan todas las características de lugar seguro para aterrizar, y que sea una zona de interés científico y con los requisitos para llevar a cabo una misión robótica o tripulada?

La principal dificultad es encontrar una zona con todos los requisitos. En general, las zonas más seguras para amartizar son las más “aburridas”, científicamente hablando, y las zonas más interesantes a nivel científico, suelen ser poco seguras. Hay que encontrar un término medio. Si encima se lleva una misión tripulada, es todavía más difícil, ya que para una futura colonia en Marte donde el ser humano pueda sobrevivir, ya que además de luz solar, se necesita acceso al agua (hielo) como recurso prioritario.

¿Es sencillo o difícil trabajar en equipos pluridisciplinarios? ¿Ha sido fácil o difícil entenderse entre todos? ¿Por qué?

Normalmente es difícil. Las prioridades de un equipo experto suelen ser contrarias a las del otro equipo en muchas ocasiones. Incluso, se dice que entre distintas ramas de científicos/ingenieros, que usamos lenguajes distintos, ya que nuestra formación hace que cosas que un concepto básico para una rama científica/ingeniera, se muy desconocida por la otra rama o especialista. La comunicación es esencial.

¿Pensáis que es importante ser especialista en ciencia? ¿Por qué?

Sí, es importante porque el conocimiento científico del ser humano es tan extenso en la actualidad, que no es posible que una sola persona lo abarque todo. O sabes mucho de un poco, o un poco de mucho.

¿Creéis que sería más sencillo contar con alguien que sepa un poco de todo para ayudar a entenderse entre científicos especializados? ¿Qué ideas tenéis para mejorar la colaboración entre equipos pluridisciplinarios?

El que haya alguien más generalista, que sepa un poco de todo, y sobretodo, que entienda el diferente lenguaje o forma de pensar de cada rama científica/ingenieril, hace que el experto se pueda comunicar y hacerse entender por esa persona generalista, y llevar ese concepto al resto del grupo, usando un “lenguaje” común.



¿Qué ventajas e inconvenientes tiene el llevar una misión robótica a Marte respecto a una misión tripulada?

Están descritas en la [Actividad 11.2](#)

¿Os presentaríais voluntarios para una misión tripulada a Marte? ¿Por qué?

Como ventaja, estaríais haciendo historia y pasaríais a formar parte de los libros de historia para siempre, pero hay que considerar que puede que sea solo un viaje de ida, con altas probabilidades de no poder volver, porque pueda fallar algo, o porque no se pueda de primeras, volver a la Tierra en mucho tiempo. Puede ser sobrevivir allí o no sobrevivir.



Fase 4



¡ Enhorabuena !

¡ Has completado tu Reto Científico !

¡ Cuéntanos tu historia !

Actividad 12: Evalúate

- **En Equipos:** Rellenad este [cuestionario](#) para que comprobéis lo aprendido en el Reto.
- **Con vuestro@profe:** Dadnos vuestro feedback

NOTAS IMPORTANTES

- Los profesores se asegurarán que cada Equipo realiza las evaluaciones (quizz)

Actividad 13: Presenta tus resultados

Los estudiantes deberán crear un producto final (un poster A0 en formato pdf, usando power point, por ejemplo) mostrando lo que han aprendido en las distintas fases del Reto Científico.

Este poster es el billete para participar en el concurso internacional de Aventuras CESAR.

NOTAS IMPORTANTES:

- Sería muy interesante que se lo presentaran a los compañeros de su colegio en una fecha determinada, simulando un congreso de científicos.
- Cualquier documento que implique fotos de vuestros alumnos puede ser publicados en la web o redes sociales de CESAR. Por ello rogamos sólo adjuntar aquellas imágenes para las que tengáis permiso explícito de publicación, propiedad intelectual e imagen. El Equipo CESAR queda exento de la responsabilidad de su propiedad intelectual y de imagen.

Enhorabuena profe!

Gracias a tu dedicación tu clase recibirá un

Super Diploma del Equipo CESAR

¿Preparad@ para más Aventuras con nosotros?





Enlaces



- <https://www.esa.int/>
- <http://cesar.esa.int/>
- <http://planetaciencias.es/>

Enlaces de la Fase 0

- [Esto es ESA](#)
- [ESAC: Una ventana al Universo de ESA](#)
- [Presentation a ESA/ESAC/CESAR by Dr. Javier Ventura](#)

Enlaces de la Fase 1

- [Maqueta esférica de Marte](#)
- [ESA KIDS: Rosetta](#)
- [Artículo sobre Rosetta](#)
- [Ártículo sobre R. Franklin](#)
- [Experimento del ADN](#)
- [Twitter 1](#)
- [Twitter 2](#)
- [Prensa 1](#)
- [Prensa 2](#)
- [Wikipedia](#)
- [Sociedad Española de Astronomía](#)
- [Video: Mundo anillo](#)
- [Simulador de zonas de habitabilidad](#)
- [ESA educación - Extremófilos](#)
- [Cuadernillo CESAR sobre Marte](#)
- [Historia de exploración de Marte](#)



- [Logros de la misión Mars Express](#)
- [Mars Express](#)
- [ExoMars](#)
- [Misiones 2020-2030](#)
- [Flota de naves de la ESA](#)
- [Marte](#)
- [ExoMars](#)

Enlaces de la fase 3

- [Simula tu lanzamiento](#)
- [Exomars 2022](#)
- [Encuesta ¿Qué nos llevamos a Marte?](#)

Enlaces de la fase 4

Créditos:

Material preparado por la [Asociación Planeta Ciencias](#), bajo la iniciativa y coordinación de la [Agencia Espacial Europea](#) en el marco del [programa CESAR](#).

El Equipo CESAR ha contado con el apoyo de [Young Graduate Trainee \(YGT\) Programme](#), y de Alejandro Cardesín.

- Guía previa:
[http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE Mission to Mars II&ChangeLang=es](http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE_Mission_to_Mars_II&ChangeLang=es)