



Reto Científico CESAR

¿Somos marcianos?

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

Guía del estudiante

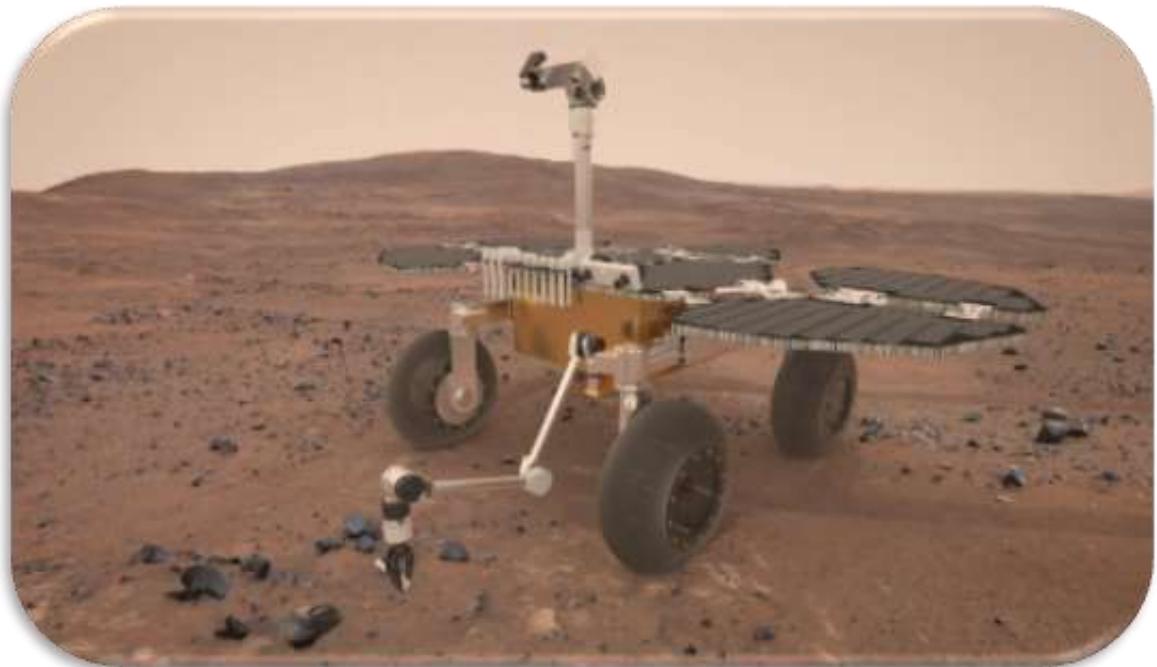




Tabla de contenidos

Tu Reto Científico	5
Fase 0	7
Fase 1	9
Actividad 1: Refresca conceptos	10
Actividad 2: Familiarización con coordenadas	10
Actividad 2.1: Identificación de coordenadas en un mapa terrestre	10
Actividad 2.2: Meridiano cero marciano	13
Actividad 2.3: Identificación de coordenadas en el mapa marciano	14
Actividad 2.4: Maqueta de Marte	16
Actividad 3: El origen de la vida	17
Actividad 3.1: ¿Qué es la vida?	17
Actividad 3.2: Trazas de vida extraterrestre	18
Actividad 3.2.1: Leed el siguiente artículo	19
Actividad 3.2.2: Leed sobre Rosalin Franklin y ExoMars 2022	19
Actividad 3.3: Experimento para la extracción de ADN	20
Actividad 4: Zonas habitables (o de habitabilidad)	20
Actividad 4.1: Zona de habitabilidad de nuestra estrella	20
Actividad 4.2: Estudia las zonas de habitabilidad de diferentes estrellas	23
Actividad 4.3: Pasado, presente y futuro del agua en Marte	26
Actividad 4.4: Extremófilos	28
Actividad 5: ¿Qué sabes de Marte?	29
Actividad 6: Conocimientos científicos que tenemos de la superficie de Marte	30
Actividad 6.1: La geología de Marte	30
Actividad 6.2: La atmósfera de Marte	33
Actividad 7: Exploración de Marte por la Agencia Espacial Europea	34
Actividad 7.1: Grandes hitos de la Agencia Espacial Europea en Marte	39



Actividad 8: Comprueba lo que has aprendido hasta ahora	42
Fase 2	43
Fase 3	45
Actividad 10: Prepara el amartizaje	46
Actividad 10.1: Familiarízate con Google Mars:	47
Actividad 10.2: Equipo de ingenieros/as de vuelo (Equipo 1)	51
Actividad 10.2.1: Diseño de la órbita	51
Actividad 10.2.2: Selección de coordenadas (latitud, longitud) y altitud.	52
Actividad 10.2.4: Conclusión del Equipo 1.	57
Actividad 10.3: Equipo experto en eficiencia/seguridad del rover/coche marciano (Equipo 2).	60
Actividad 10.3.1: ¿Qué superficie de Marte deberíamos evitar en el aterrizaje?	60
Actividad 10.3.2: Busca zonas amplias.	61
Actividad 10.3.3: Dibuja en Google Mars	62
Actividad 10.3.4: Selecciona una zona óptima.	63
Actividad 10.3.5: Análisis de imagen de infrarrojos para descartar zonas arenosas	64
Actividad 10.3.6: Conclusión del Equipo 2.	66
Actividad 10.4: Equipo experto en datos científicos de Marte (Equipo 3).	66
Actividad 10.4.1: Impactos que hacen historia	66
Actividad 10.4.2: Búsqueda de signos de agua.	70
Actividad 10.4.3: ILD (Interior Layered Deposits) o depósitos en capas interiores.	72
Actividad 10.5: Equipo experto en requerimientos de una misión robótica/no tripulada (rover) (Equipo 4)	73
Actividad 10.5.1: Ventajas/Desventajas de una misión robótica.	73
Actividad 10.5.2: Requerimientos energéticos.	74
Actividad 10.5.3: Buscamos vida. ¿Cómo?	76



Actividad 10.6: Equipo experto en una misión tripulada por astronautas para colonizar Marte. (Equipo 5)	78
Actividad 10.6.1: ¿Qué llevar a Marte?	79
Actividad 10.6.2: Requerimientos lumínicos.	80
Actividad 10.6.3: Requerimientos de agua.	80
Actividad 10.6.4: Zonas llanas amplias.	80
Actividad 11: Comité de expertos.	87
Actividad 11.1: Equipos pluridisciplinarios.	87
Actividad 11.2: Elegir si se hace una misión tripulada/no tripulada o mixta:	88
Actividad 11.3: Elegir un lugar de amortizaje:	89
Actividad 11.4: ¡A votar la mejor misión!	90
Actividad 11.5: Conclusiones	91
Fase 4	93
Actividad 12: Evalúate	94
Actividad 13: Presenta tus resultados	94
Enlaces	95
Fase 0	96
Fase 1	96
Fase 2	97
Fase 3	97
Fase 4	97
Créditos:	97



Tu Reto Científico

En busca del marciano perdido

El 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?

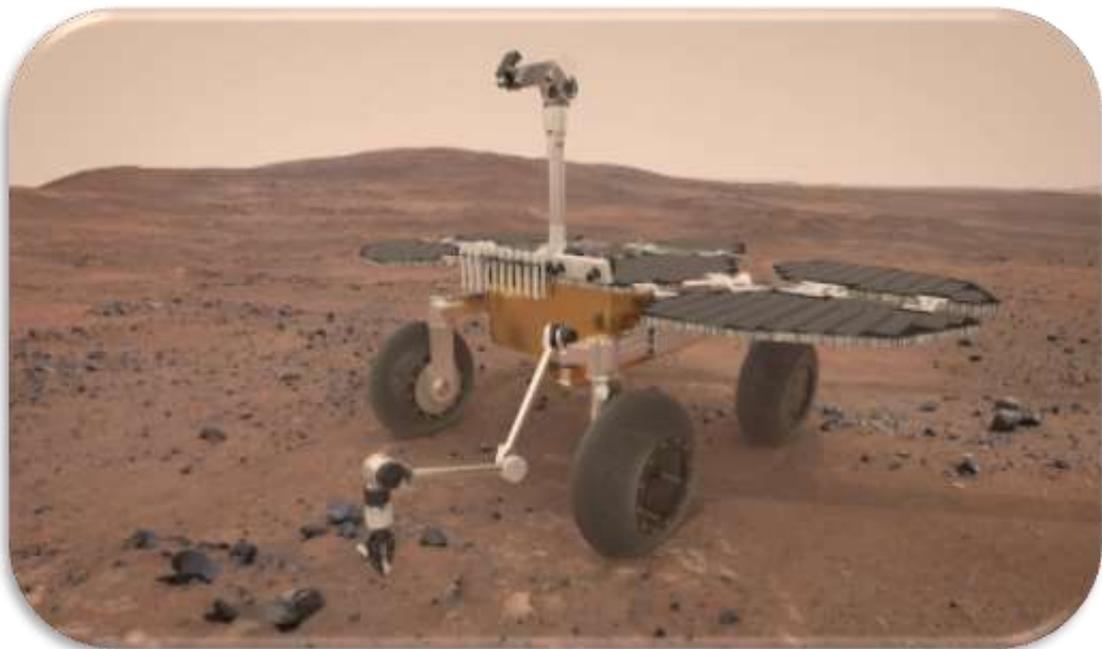


Figura 1 rover (Créditos: [ESA](#)).



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 

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**.

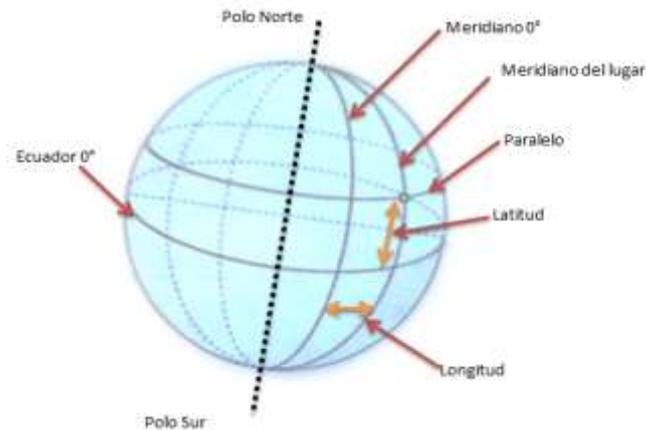


Figura 1. Coordenadas geográficas (Créditos: Cibertareas)

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:

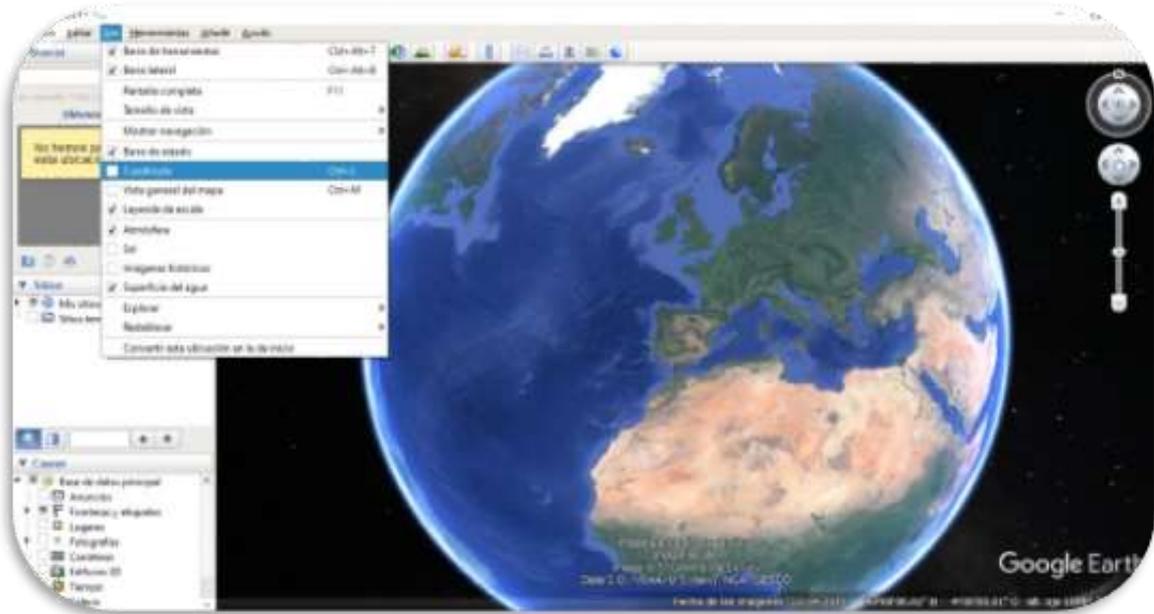


Figura 3. Mapa de la Tierra. (Créditos: Google Earth)

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

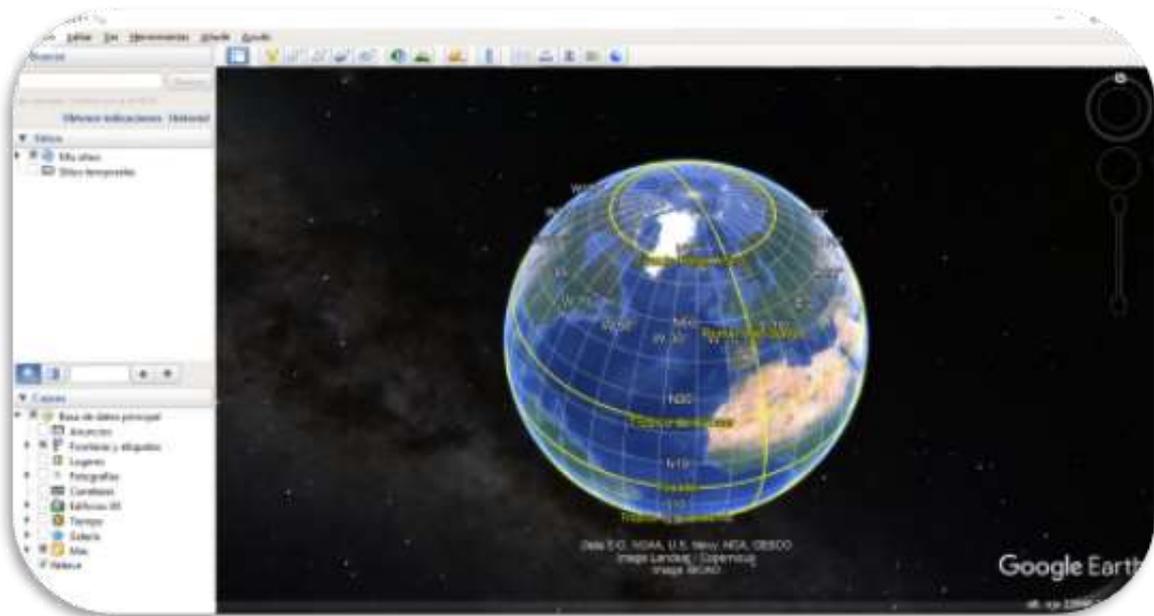


Figura 4. Mapa de la esfera terrestre con coordenadas (Créditos: Google Earth)



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	
Longitud 3°57' 10.6" O	
Latitud 45°37'0" N	
Longitud 63°19' E	
Latitud 4°55'60" N	
Longitud 52°20' O	
Latitud 28°23'18" N	
Longitud 80°36'13" O	
Latitud 51°28'40" N	
Longitud 0°00'05" O	
Latitud 90°00'00" S	
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).

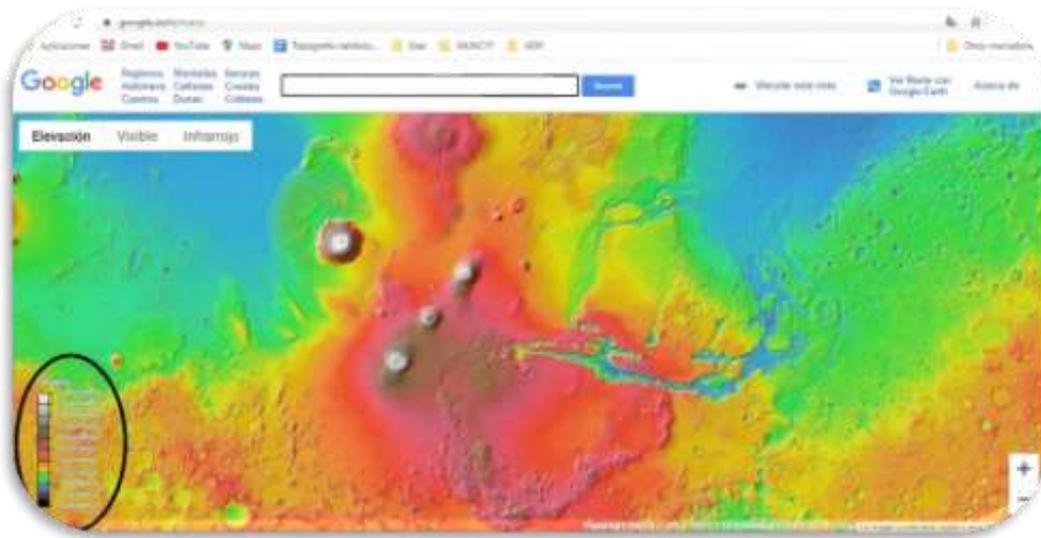


Figura 5. Imágenes de la superficie de Marte. (Créditos: Google Mars)

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.

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](https://www.google.com/mars/)

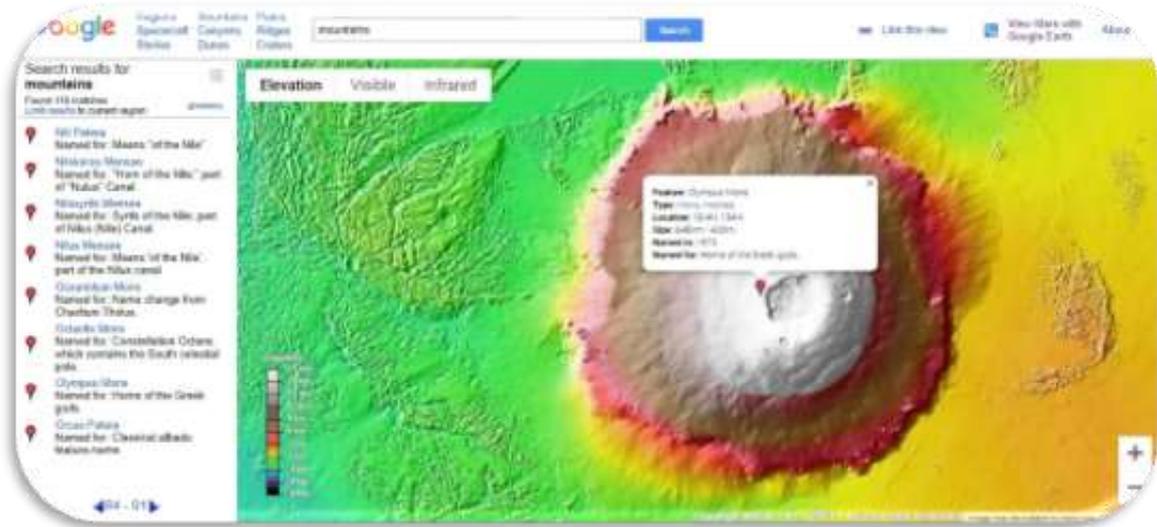


Figura 6. Mapa de montañas de Marte (Créditos: Google Mars)

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.

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.

4. Fijaos 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).

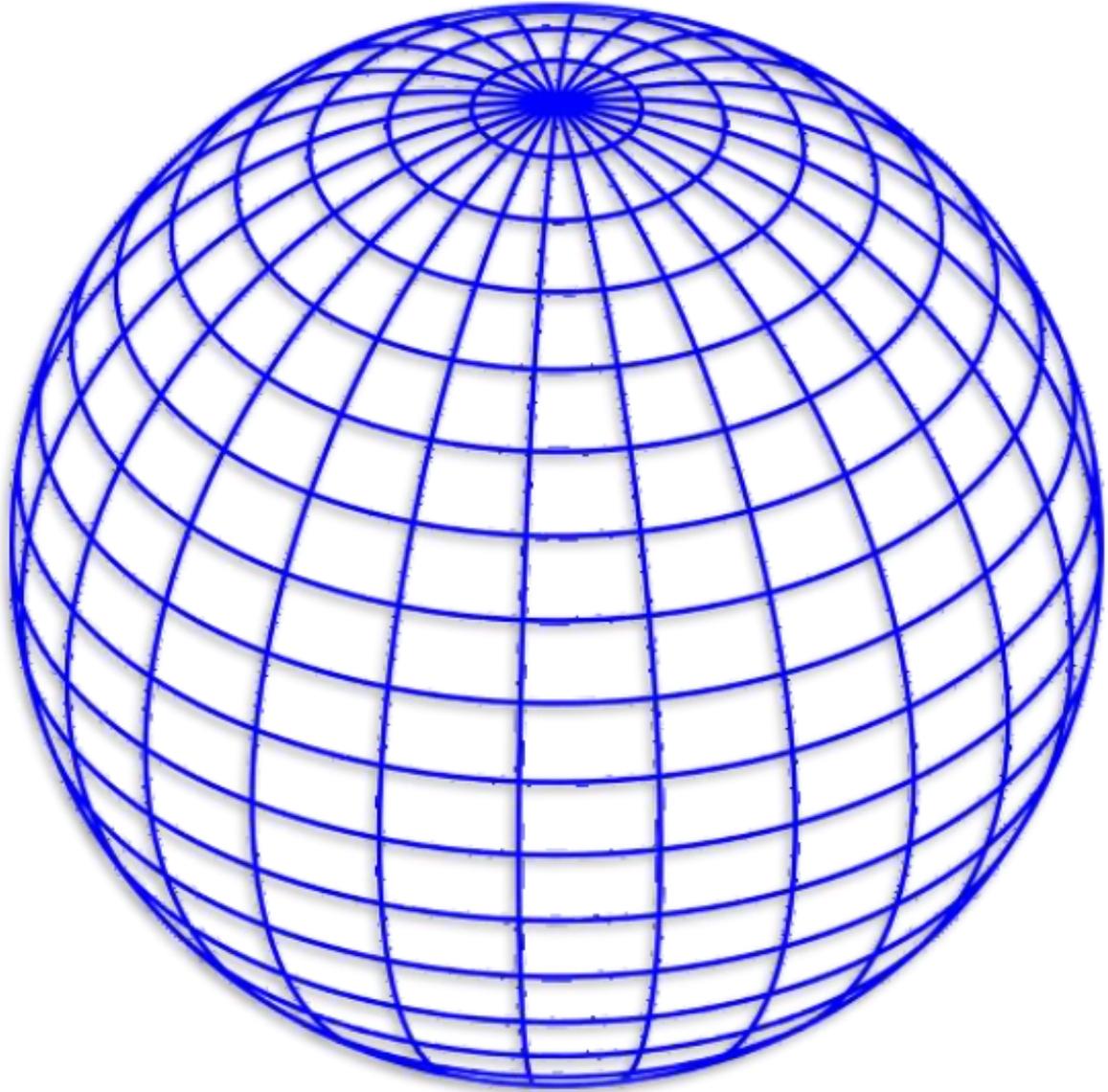


Figura 7. Meridianos y paralelos (Créditos: <https://www.pngegg.com/es/png-tauhu>)

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 porexpan 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.

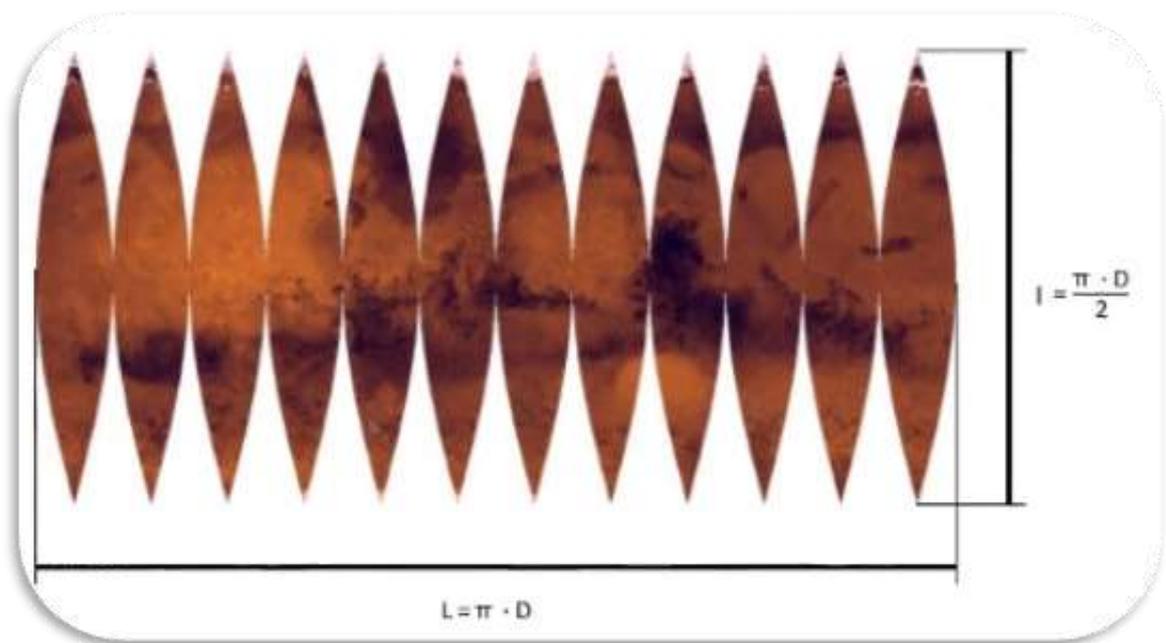


Figura 8. Globo marciano. (Créditos: Making globes of the planets)



Actividad 3: El origen de la vida

Actividad 3.1: ¿Qué es la vida?

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

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

3. ¿Qué experimentos se os ocurren para detectarla?

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.

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?

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

¿Sabrías explicar qué significa ADN?

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.



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.

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?

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).

¿A qué llamamos zona de habitabilidad?

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

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

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.

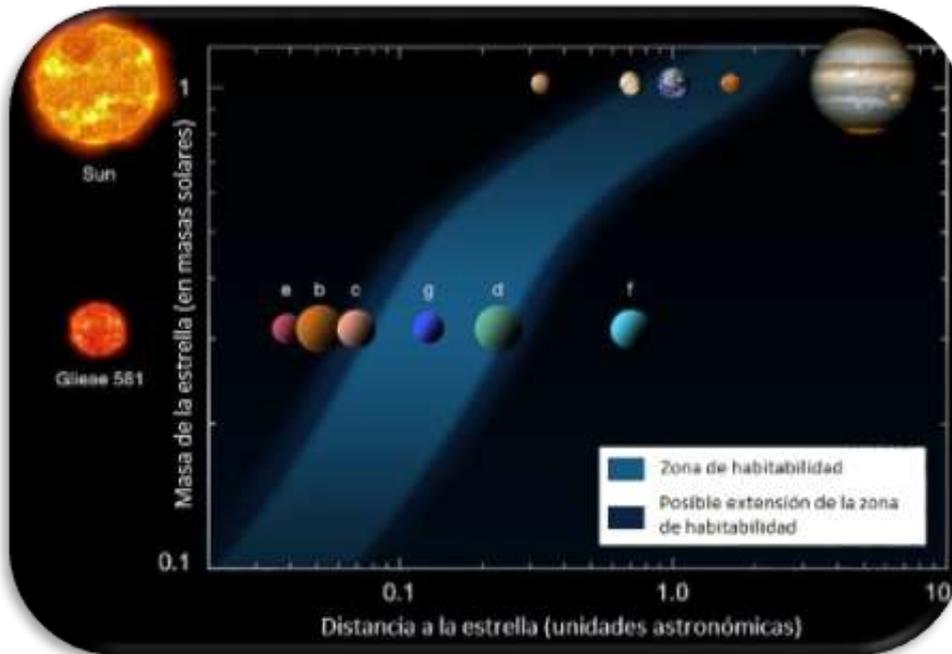


Figura 9. Gráfica de la zona de habitabilidad (Créditos: OpenMind-BBVA)

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 encontrase 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*).

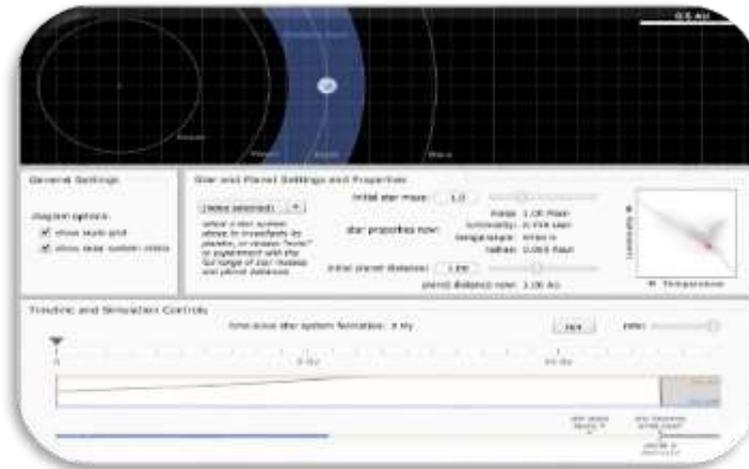


Figura 10. Simulador página inicial (Créditos: University of Nebraska-Lincoln)

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*)

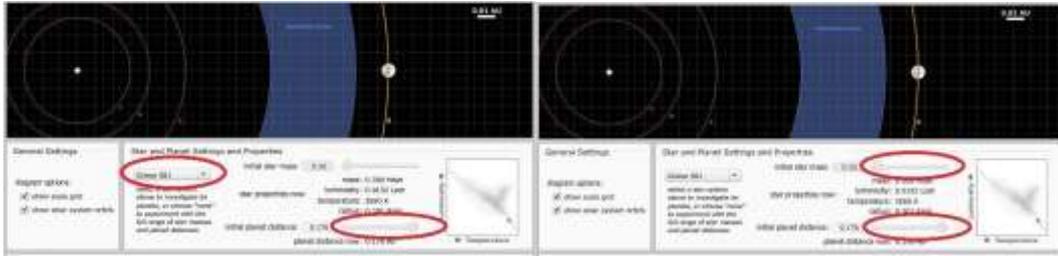


Figura 11. a. variación de la estrella, b. variación de la masa. (Créditos: University of Nebraska)

- 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?

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?

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*.

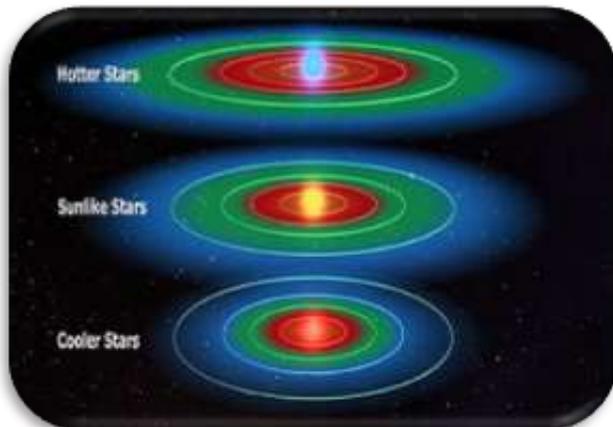


Figura 12. Comparación zonas de habitabilidad para diferentes tipos de estrellas (Créditos: [Circumstellar Habitable Zones - Habitable Zones - NAAP](#))

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 (M_{sun}).

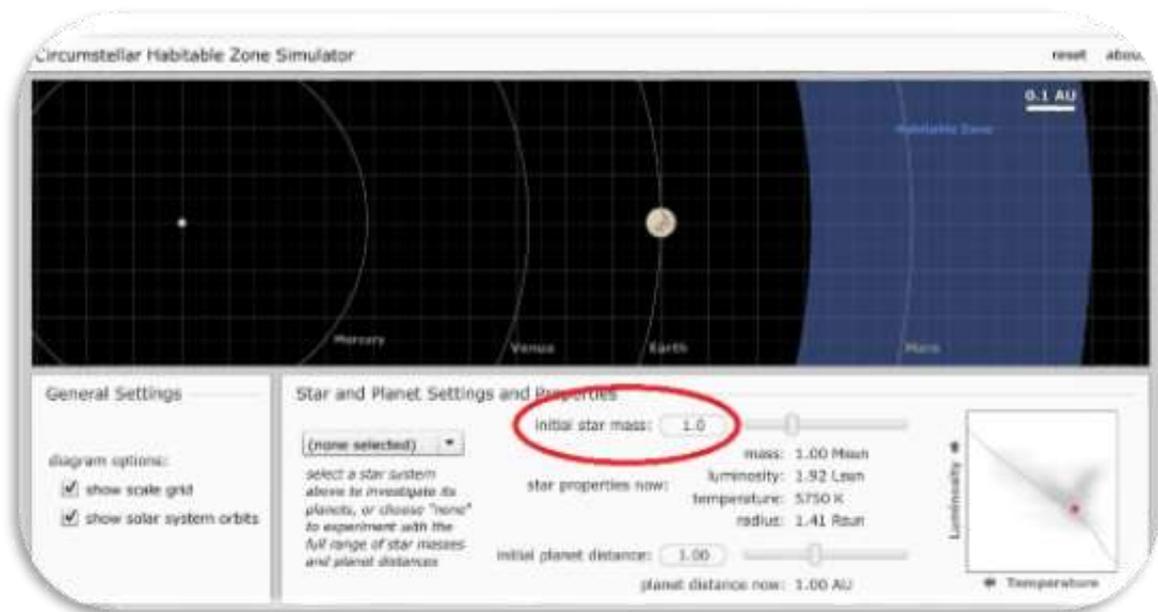


Figura 13. Simulador con masa inicial 1 M_{sun} (Créditos: University of Nebraska-Lincoln)

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*).

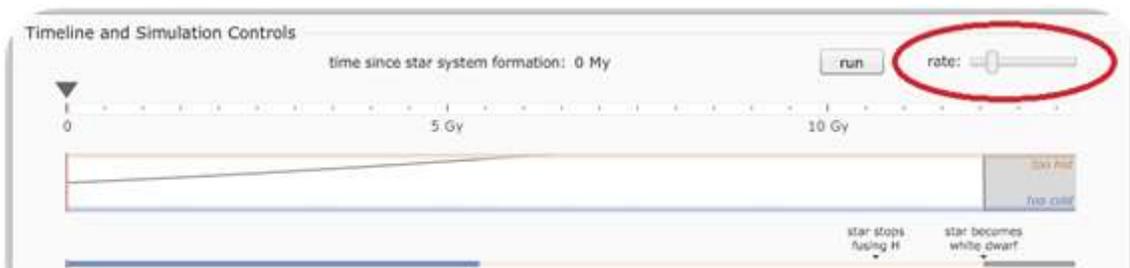


Figura 14. Línea temporal del simulador (Créditos: University of Nebraska-Lincoln)

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*).

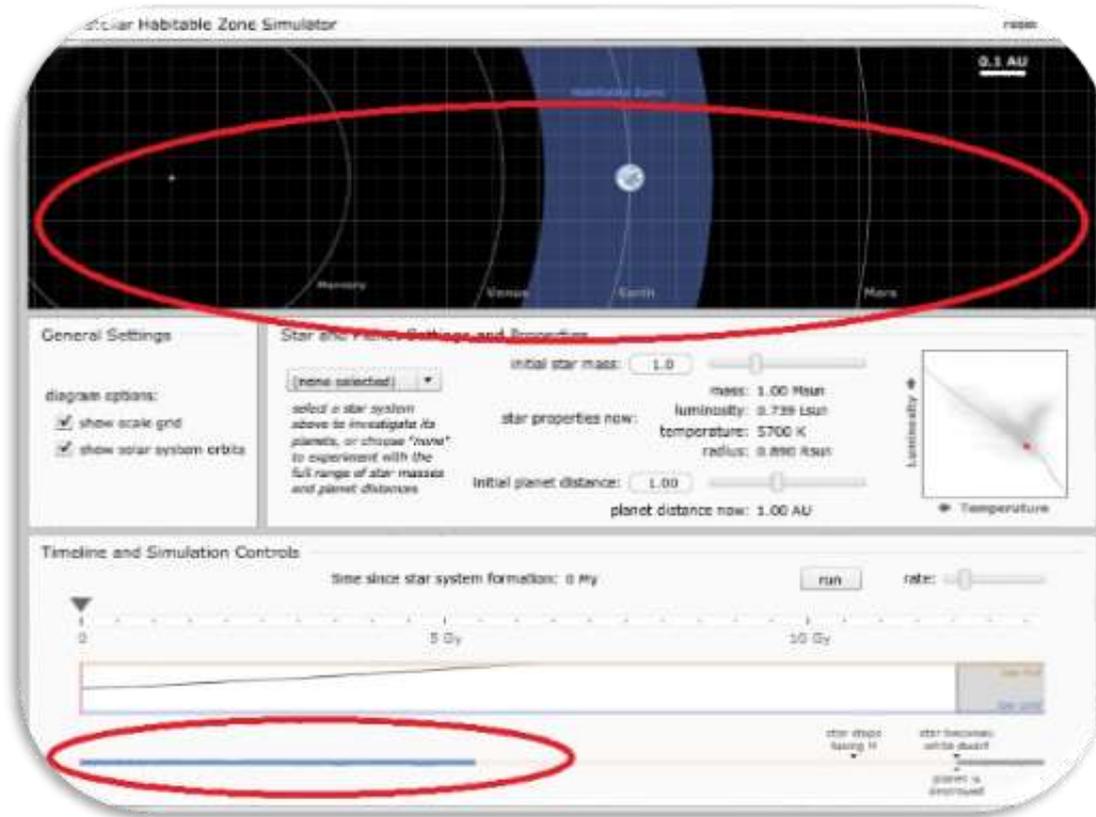


Figura 15. Línea temporal del simulador (Créditos: University of Nebraska-Lincoln)

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 mariposa 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).

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

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	
Color	Predominantemente azul	
Inclinación del eje de rotación	23.26°	
Presión Atmosférica	1 013.25 mbar	
Composición Atmosférica	78% N ₂ , 21% O ₂ , 0.93% Ar 0,04% Trazas de otros gases	
Gravedad	9.78 m/s ²	
Casquetes polares	Sí, en el polo norte y el polo sur	
Temperatura media	14.05°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:

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:

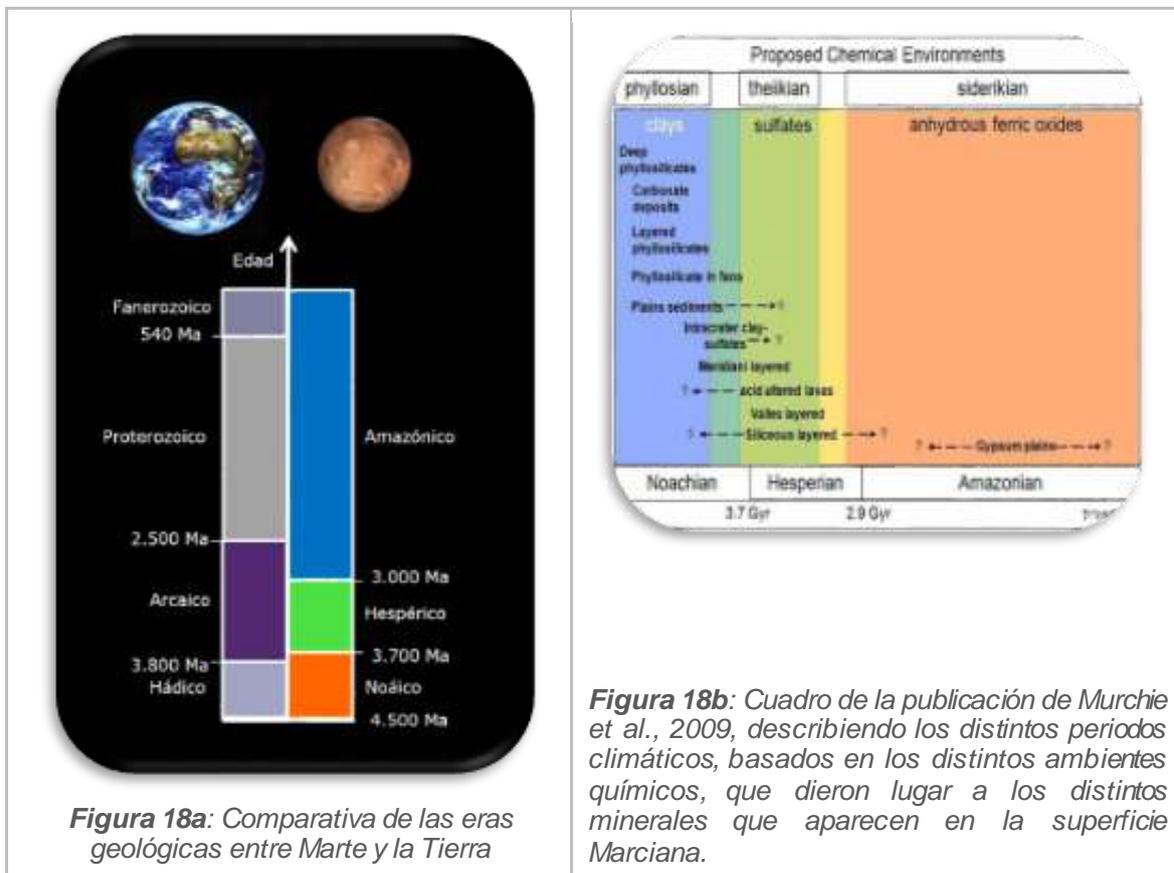
El periodo **Noáico** es el período más antiguo de Marte, y abarca entre 4 100 y 3 700 millones de años (Ma) atrás (4.1 y 3.7 Gy o billion years). En esta época el planeta era más caliente y húmedo de lo que es ahora. Grandes cantidades de agua líquida corrían por su superficie, excavando grandes túneles.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

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.



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					
Hespérico					
Amazónico					

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)?

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?

Actividad 6.2: La atmósfera de Marte

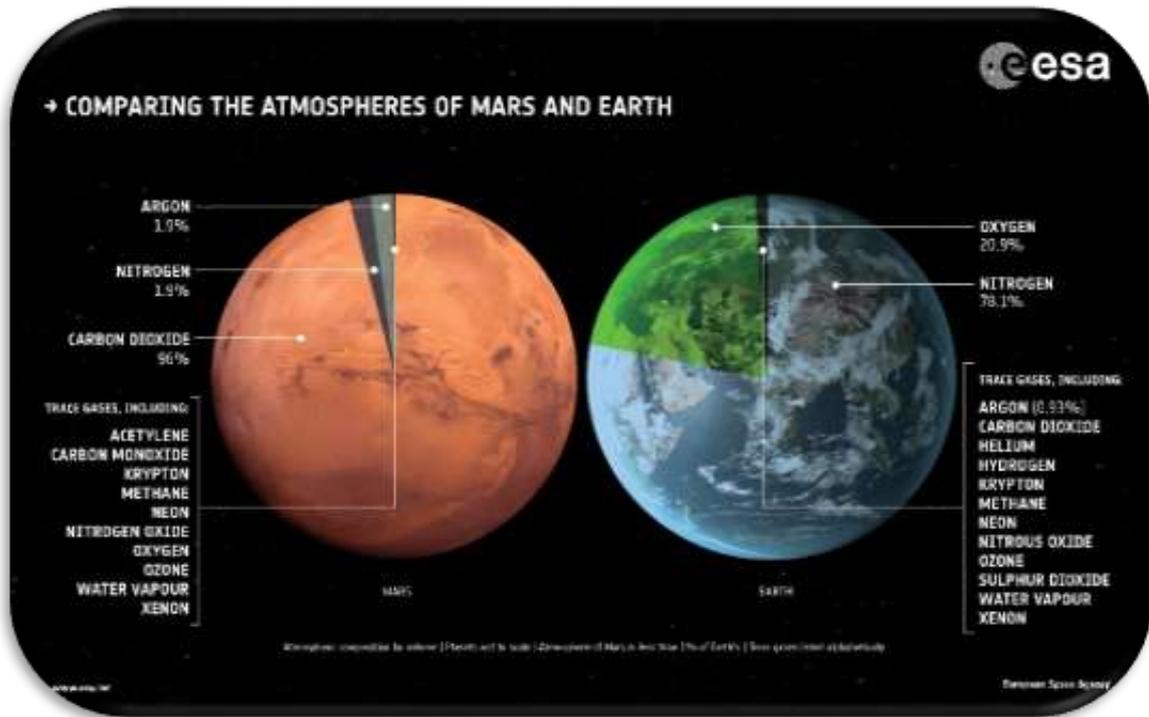


Figura 19: Comparación de la atmósfera marciana con la terrestre. (Créditos: ESA)

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.

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 amortiguaje 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.

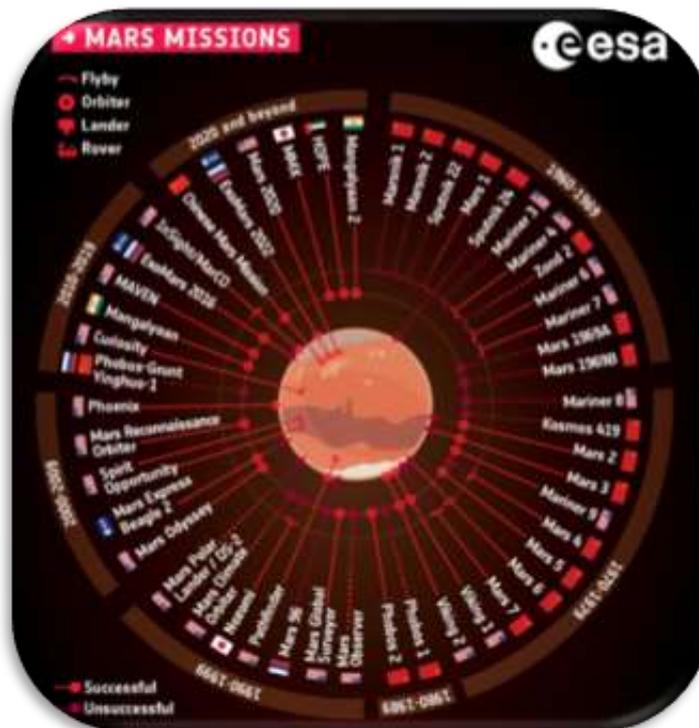


Figura 20: Misiones espaciales llevadas a Marte. Créditos: ESA.

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*.

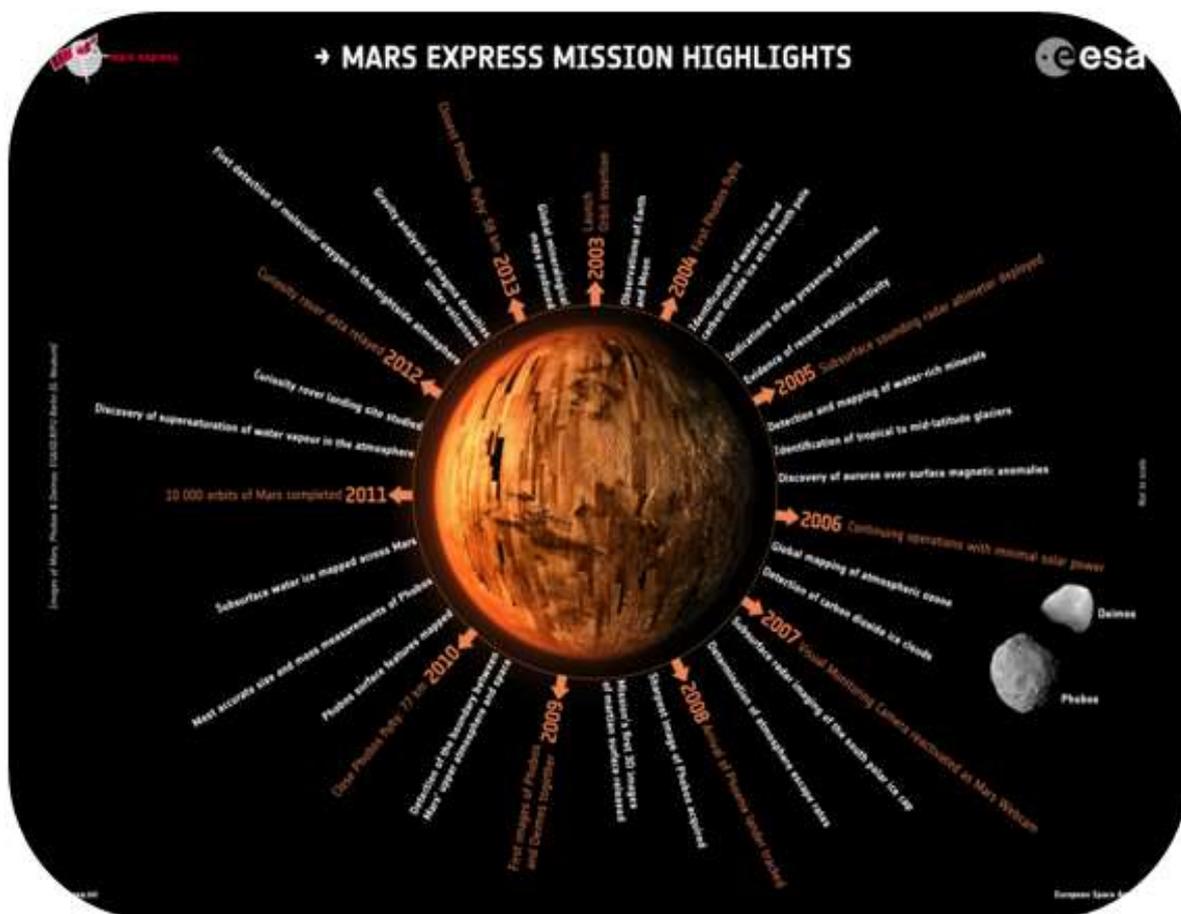


Figura 22: Momentos clave de los descubrimientos de la misión Mars Express. Créditos: ESA

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 amartizar de forma segura. El amartizar 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 amartizaje, 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.

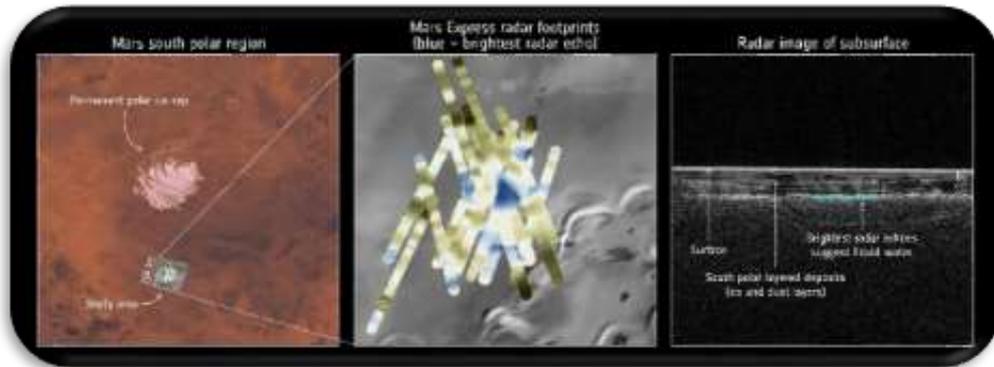


Figura 27: Lago subglaciar en el polo sur marciano Créditos: ESA.

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?

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.

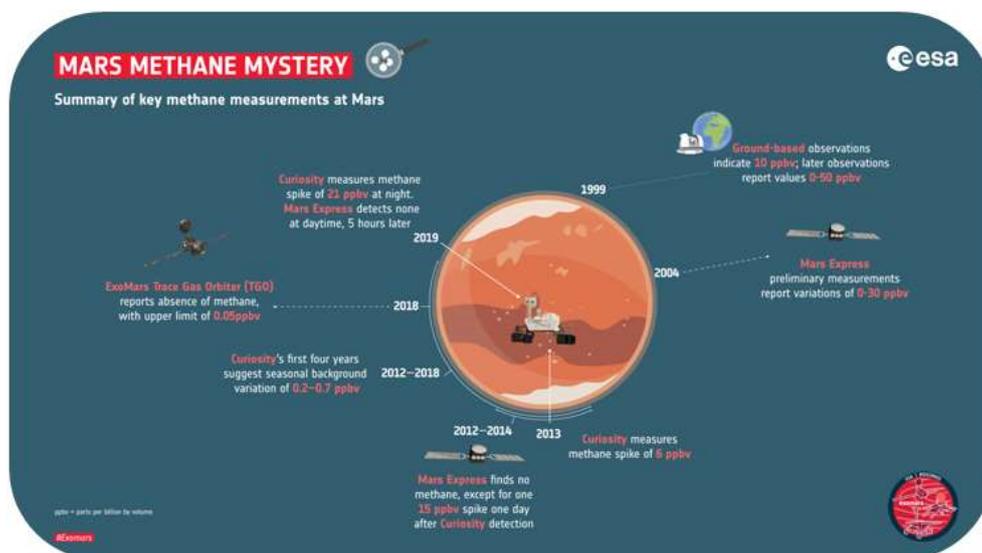


Figura 28: El misterio del Metano en Marte. Créditos: ESA.



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.

Actividad 8: Comprueba lo que has aprendido hasta ahora

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



Fase 2



ESA space history
@ESA_History

#OTD 19 October 2016, #ESA's #ExoMars2016
@ESA_TGO entered #Mars orbit, 2nd time that ESA
placed a spacecraft into orbit around the Red Planet
[@esascience esa.int/Science_Explor...](https://www.esa.int/Science_Explor...)

Traducir Tweet



Figura 29: ExoMars 2016. (Créditos: ESA).

https://twitter.com/ESA_History/status/1318101830774128641



Fase 3

Actividad 10: Prepara el amortizaje

¡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) amortizaríais? ¿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 amortizarías? ¿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 amortizaríais. Haced Actividad 10.3
Equipo 3	Equipo experto en datos científicos de Marte	Desde el punto de vista científico, ¿dónde sería más interesante amortizar? ¿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 amortizaje? 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: Familiarízate 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*.

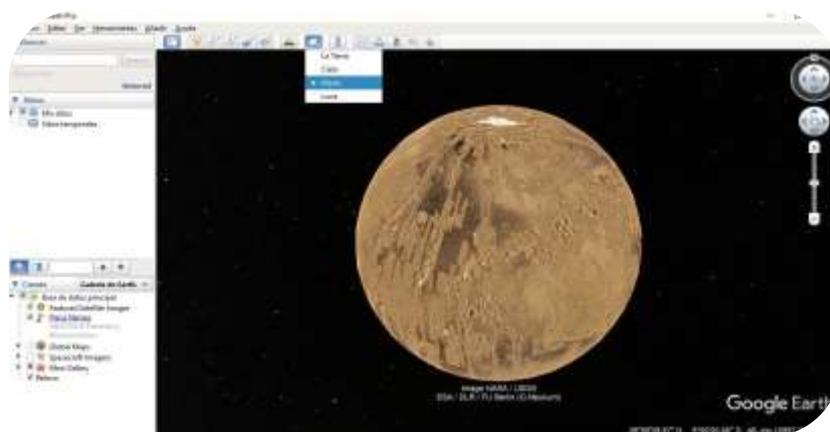


Figura 30: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

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*.

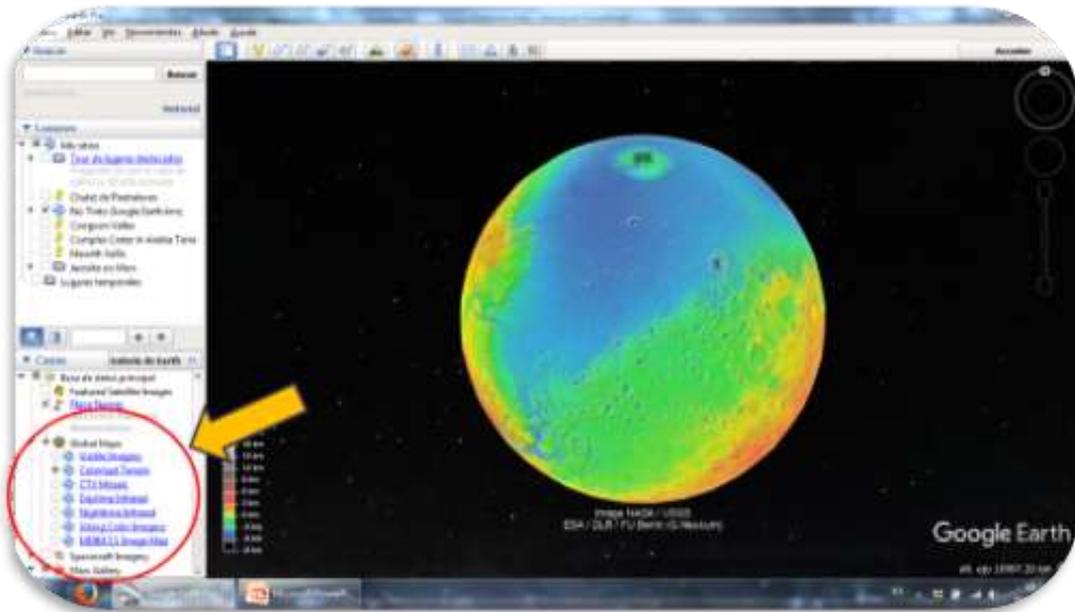


Figura 31: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

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*).

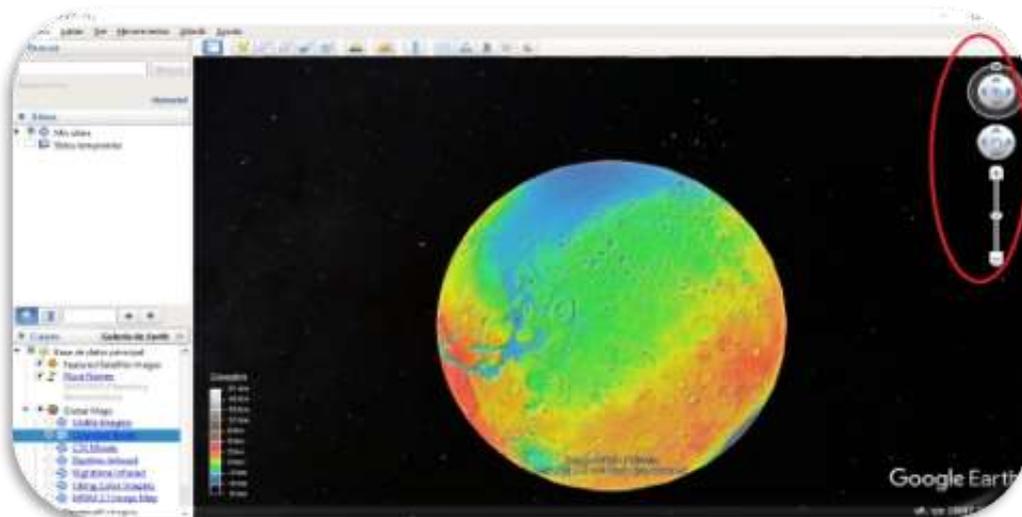


Figura 32: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

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

¿Qué significan los distintos colores del mapa?

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

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*).

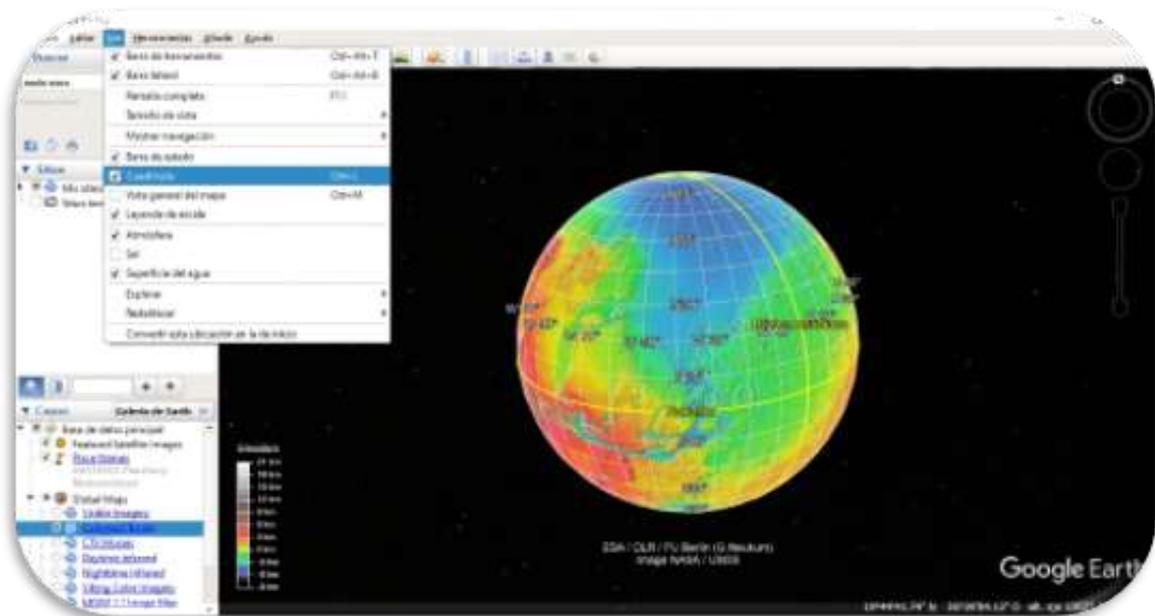


Figura 33: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

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

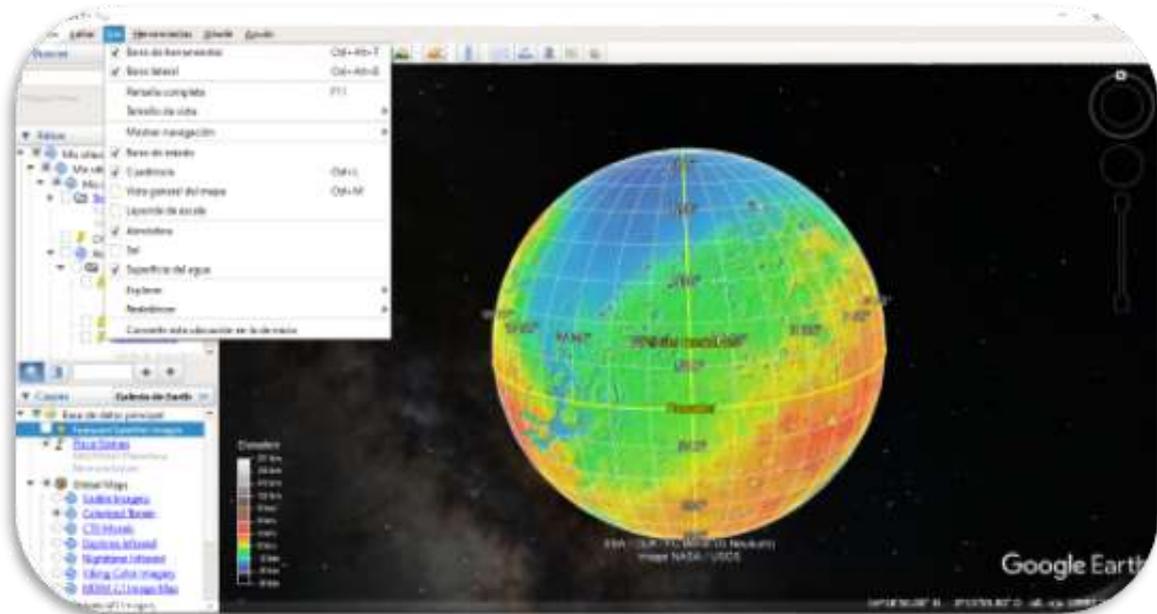


Figura 34: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

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

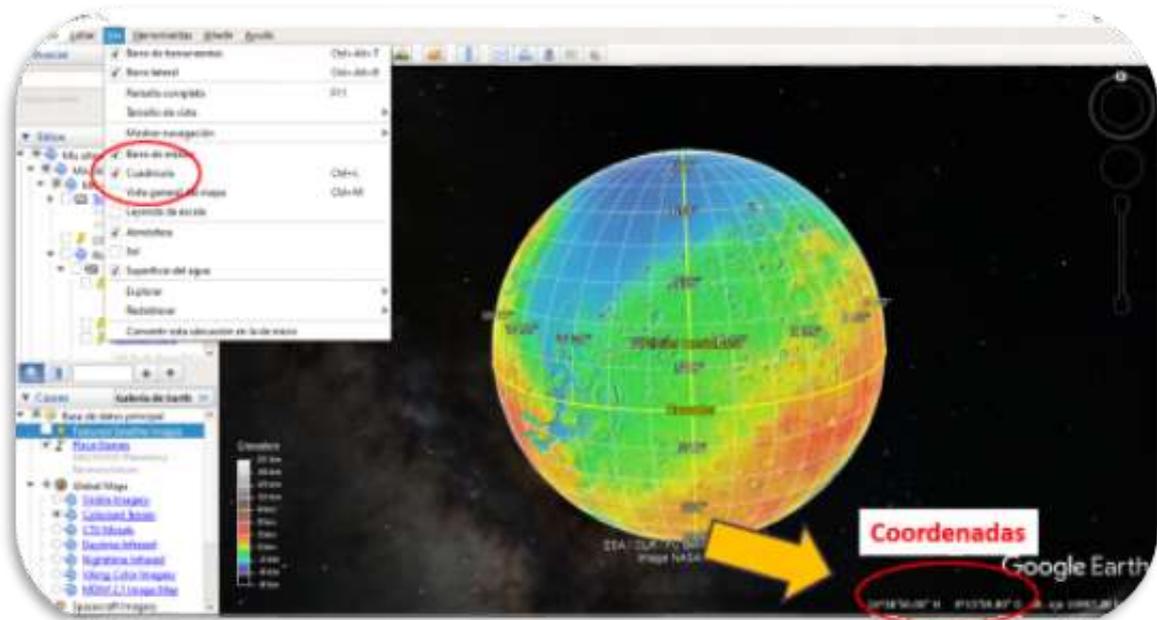


Figura 35: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

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

Lugar	Latitud	Longitud	Altitud
Valles Marineris			
Eos Chasma			
Aeolis Mensae			

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.

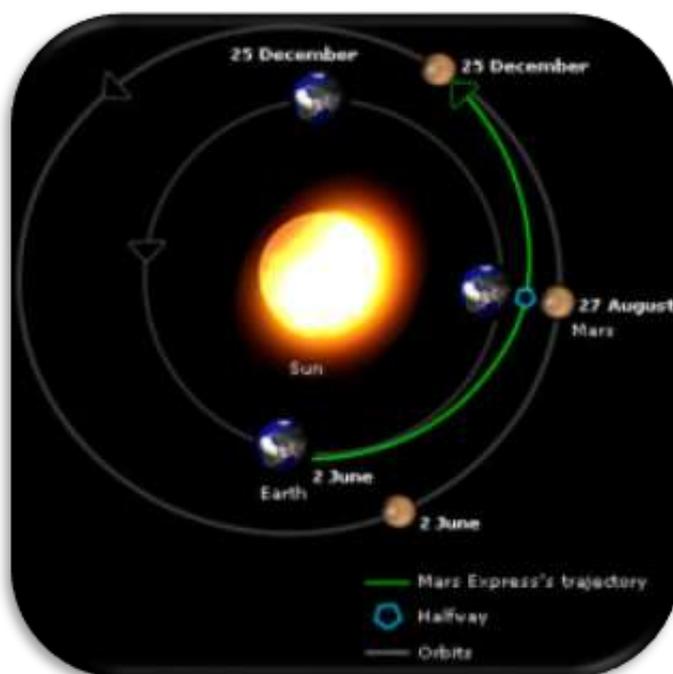


Figura 36: Trayectoria de Mars Express. (Créditos: ESA)

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!

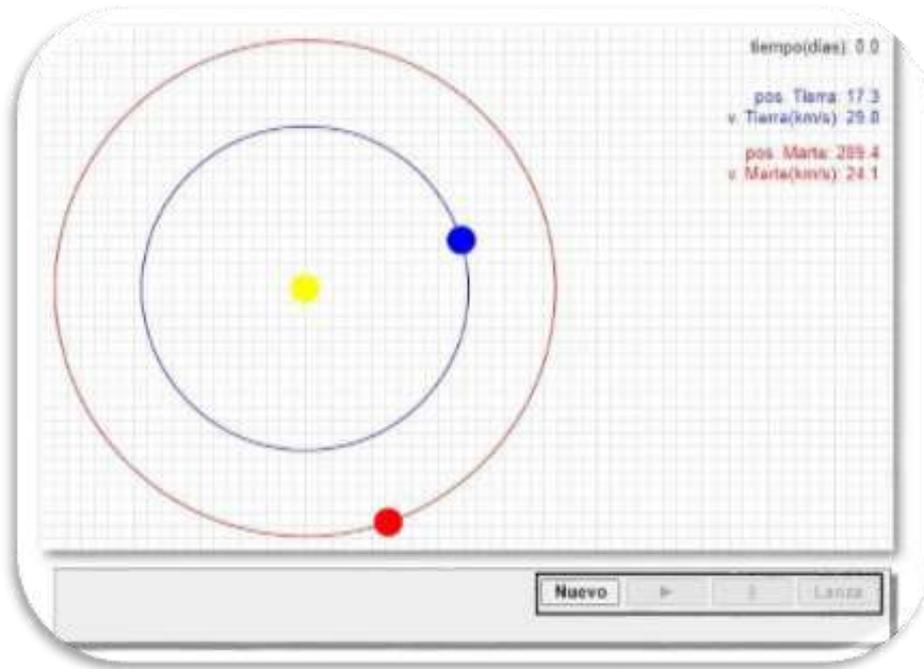


Figura 37: Simulador de viaje interplanetario. (Créditos: Universidad del país Vasco)

Amortizaje

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?

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

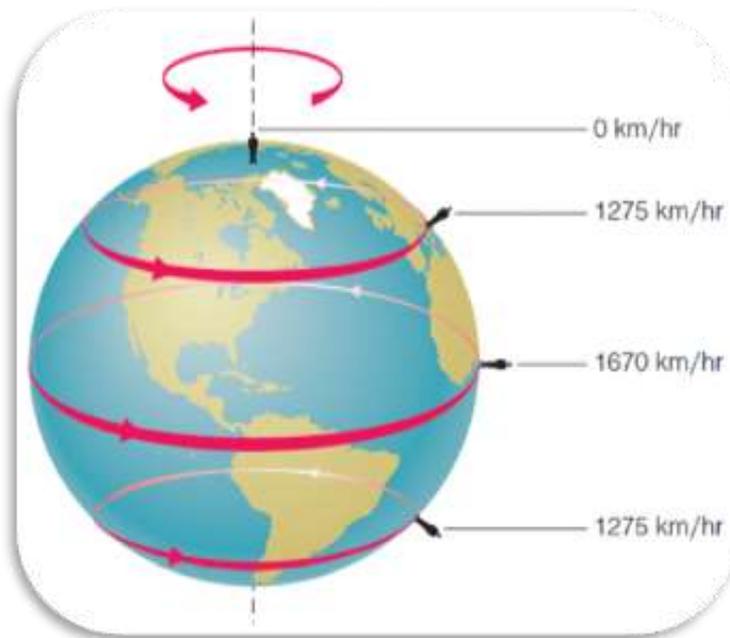
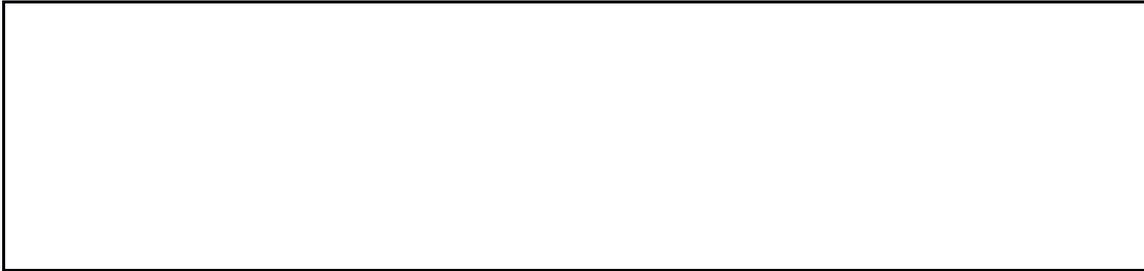


Figura 38. Velocidad de la superficie de la Tierra en función de la latitud (velocidad lineal). (Créditos: Planetario de Madrid)

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.



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](#).

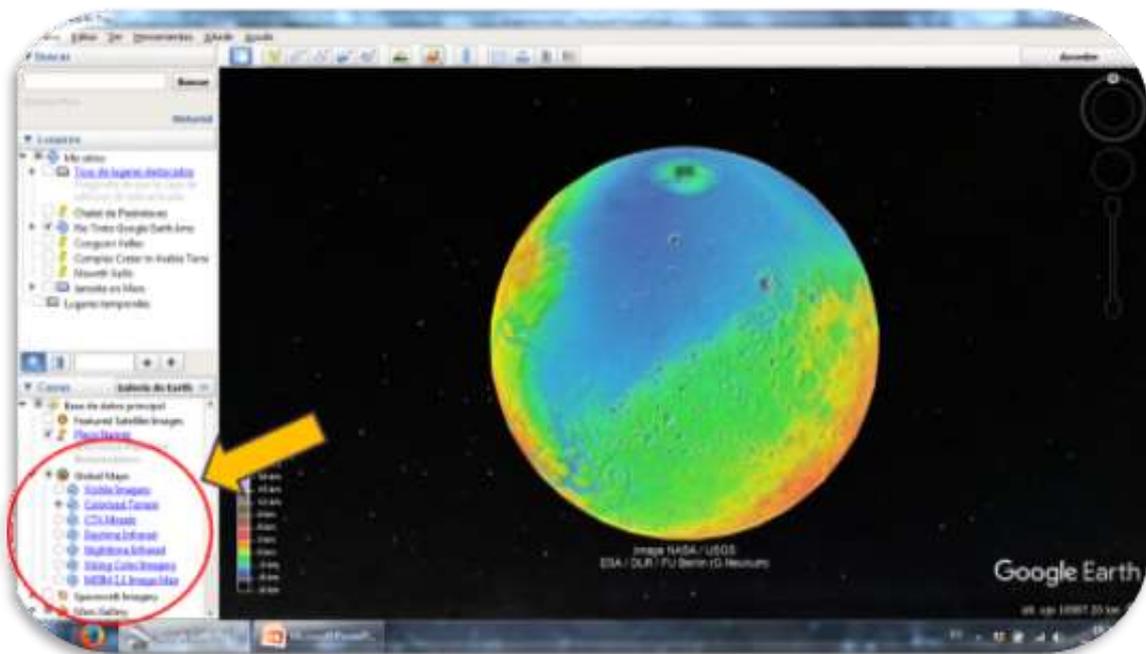


Figura 39: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

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*):

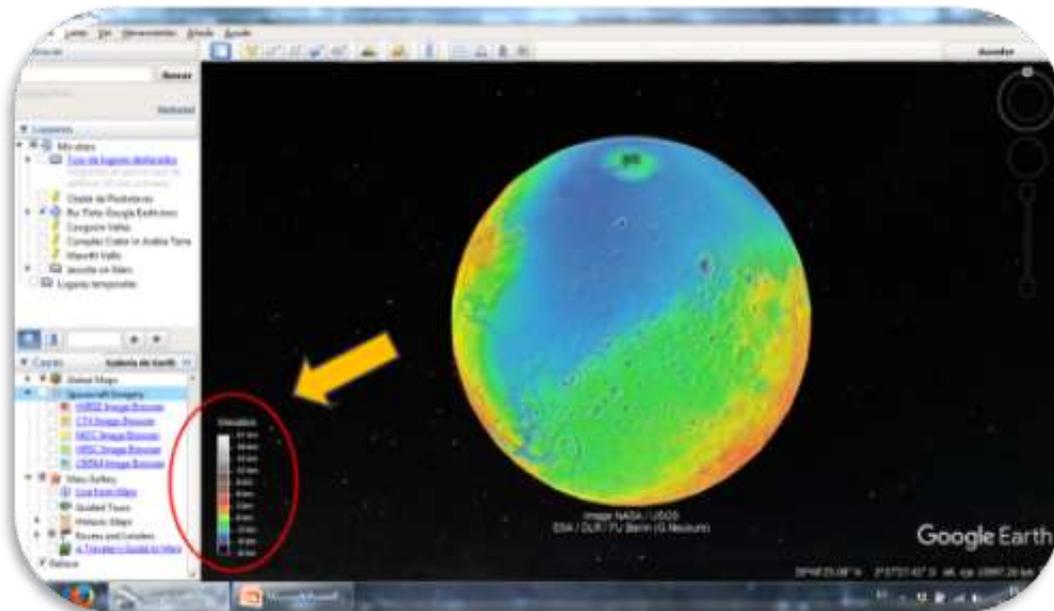


Figura 40: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

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?

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

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

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

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?

Aunque la atmósfera de Marte sea más tenue que la nuestra, la tiene, y eso hace que también debamos 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:

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 aterrizaje.

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

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*)

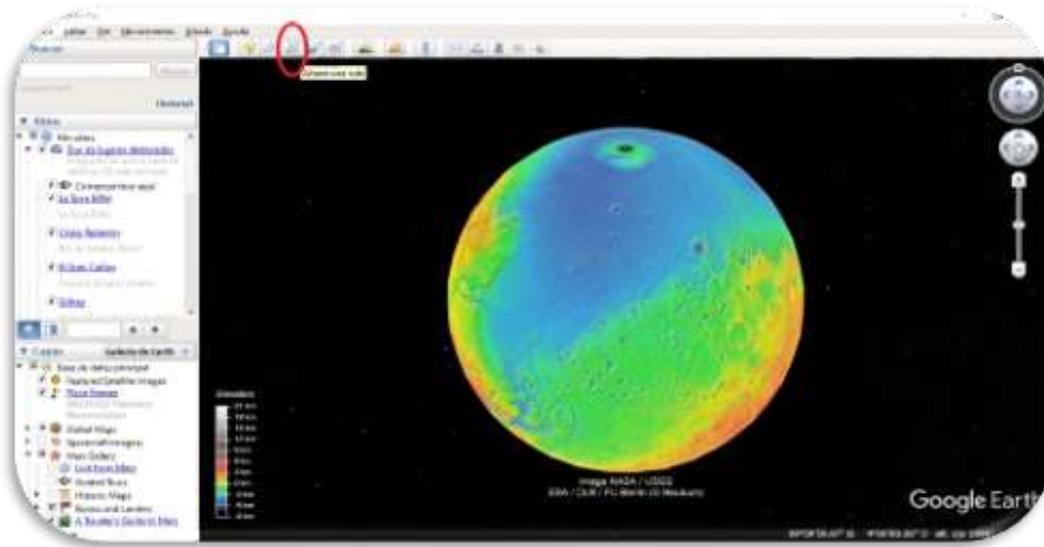


Figura 41 Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

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*).

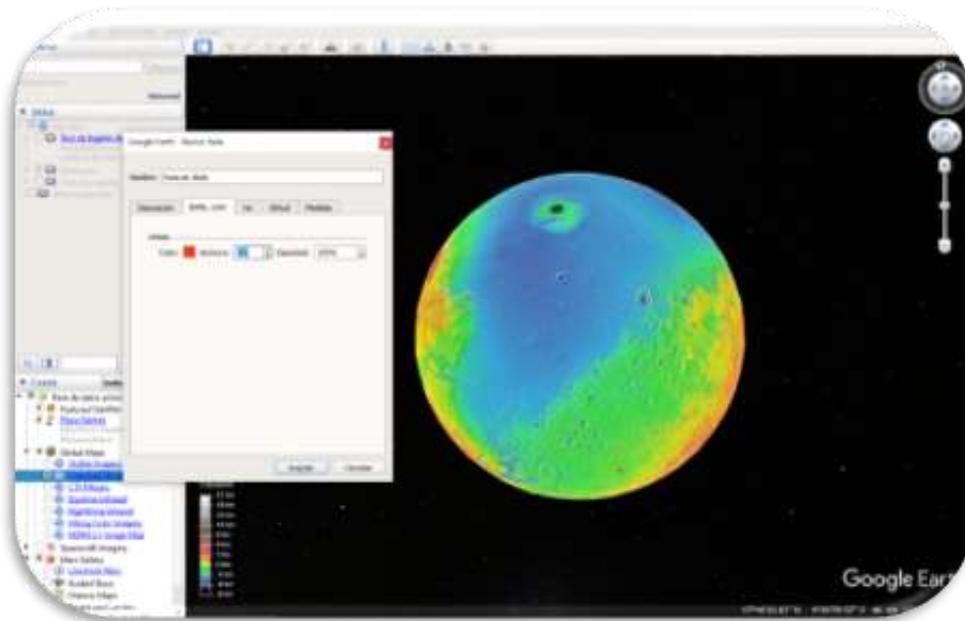


Figura 42 Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

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.

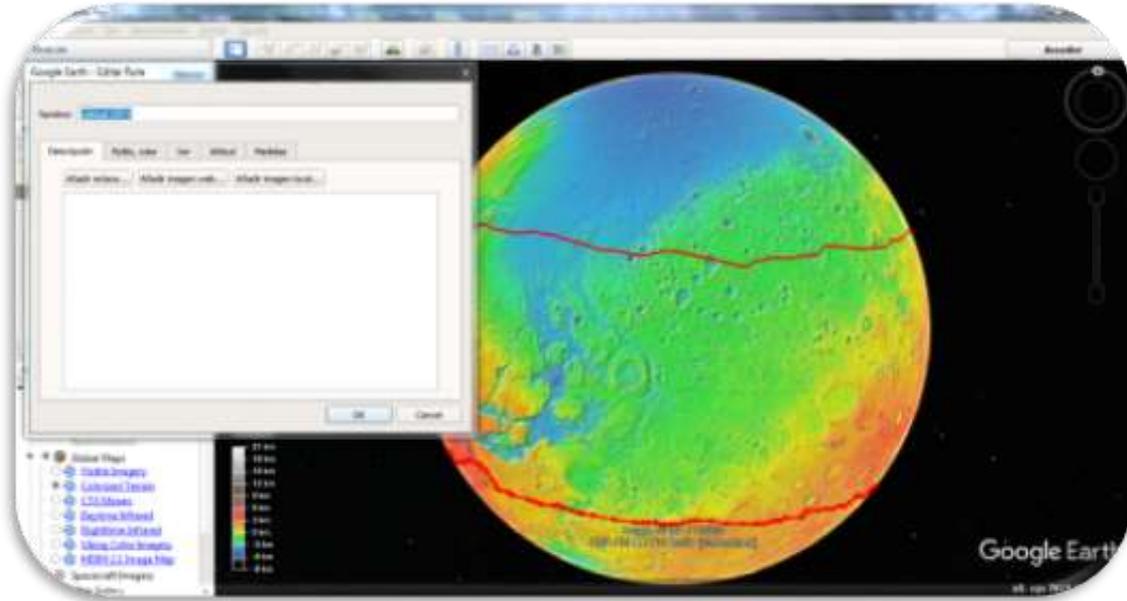


Figura 43: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

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.



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 amartizar en pendientes fuertes? ¿zonas rocosas? ¿con muchos cráteres?

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

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 amartizar? ¿por qué?

Actividad 10.3.2: Busca zonas amplias.

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

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

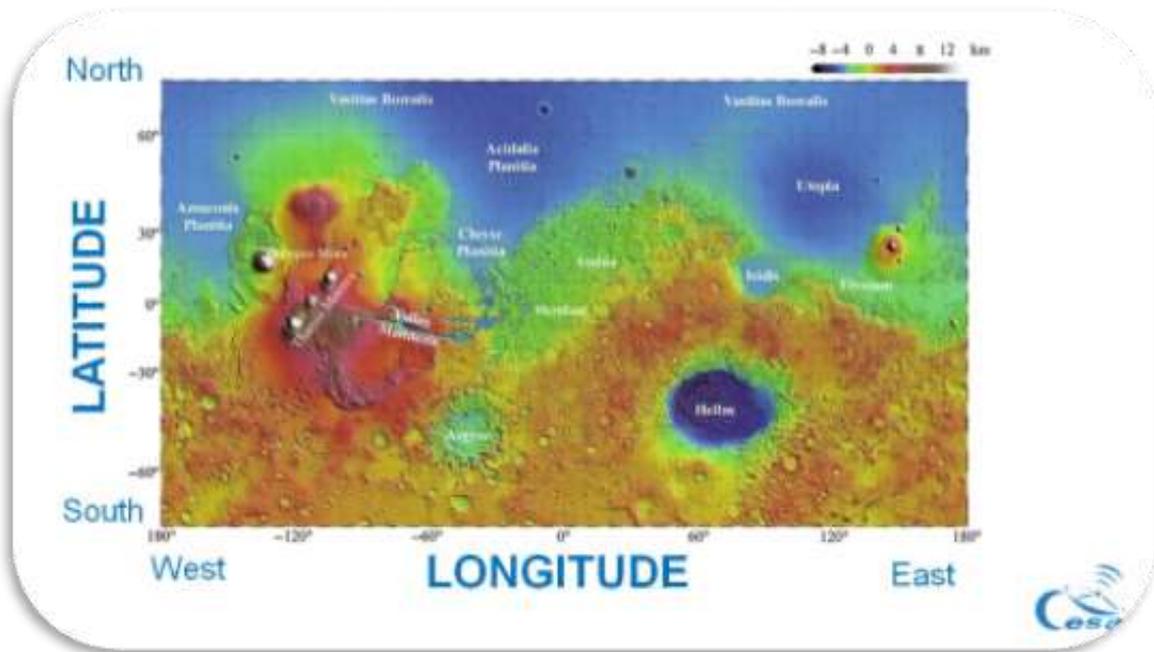


Figura 44: Mapa topográfico de Marte. Origen: CESAR

Nombre	Coordenadas	Observaciones

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*.

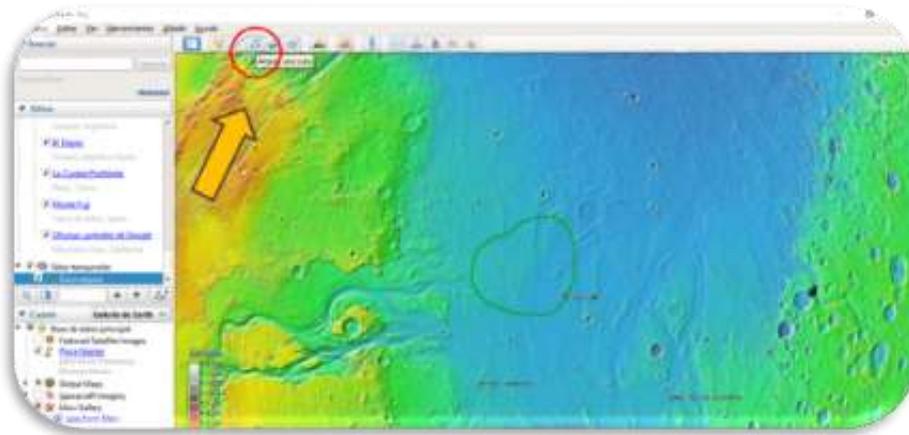


Figura 45: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

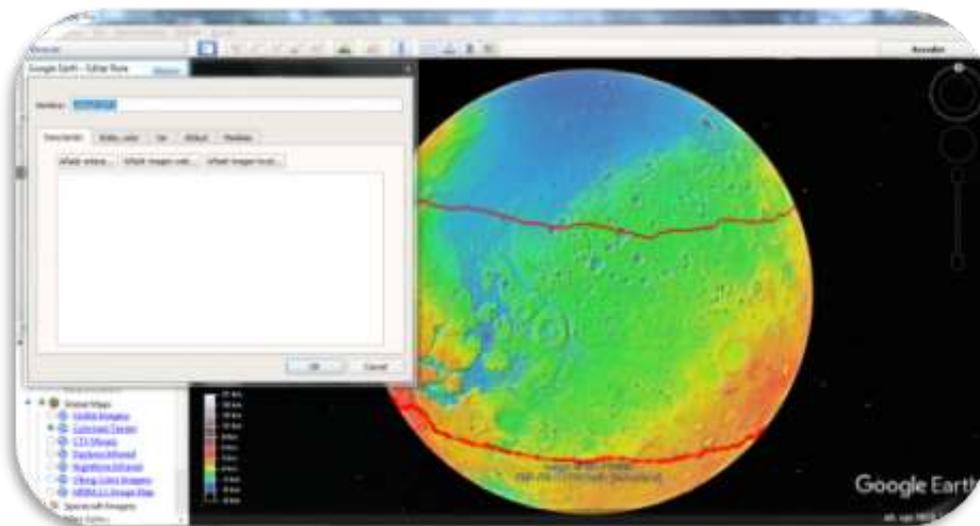


Figura 46: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

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

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

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).

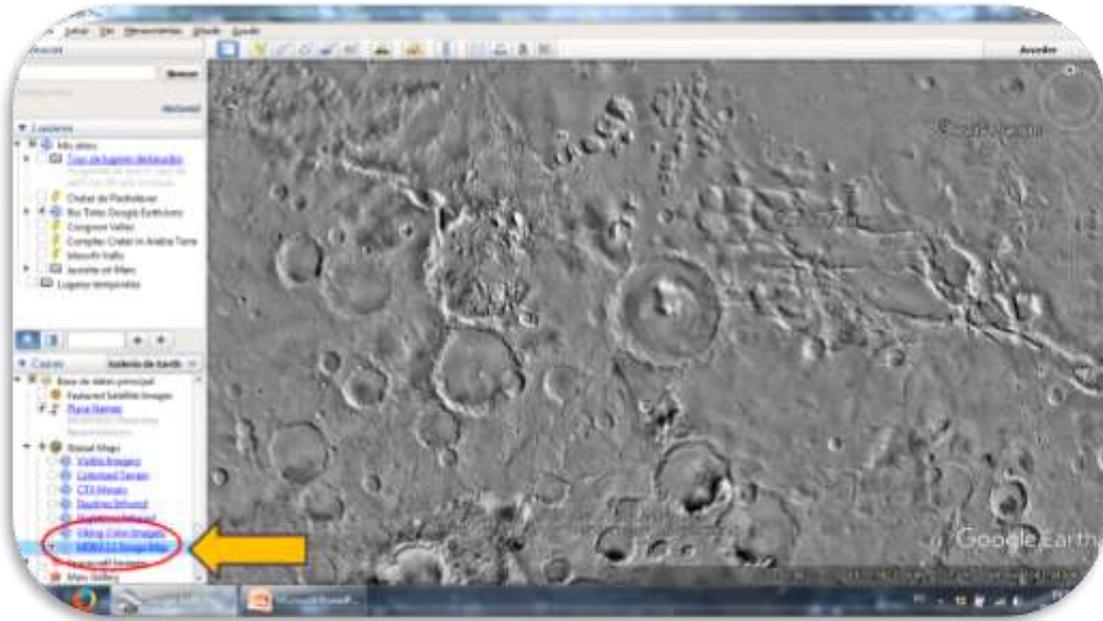


Figura 47: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

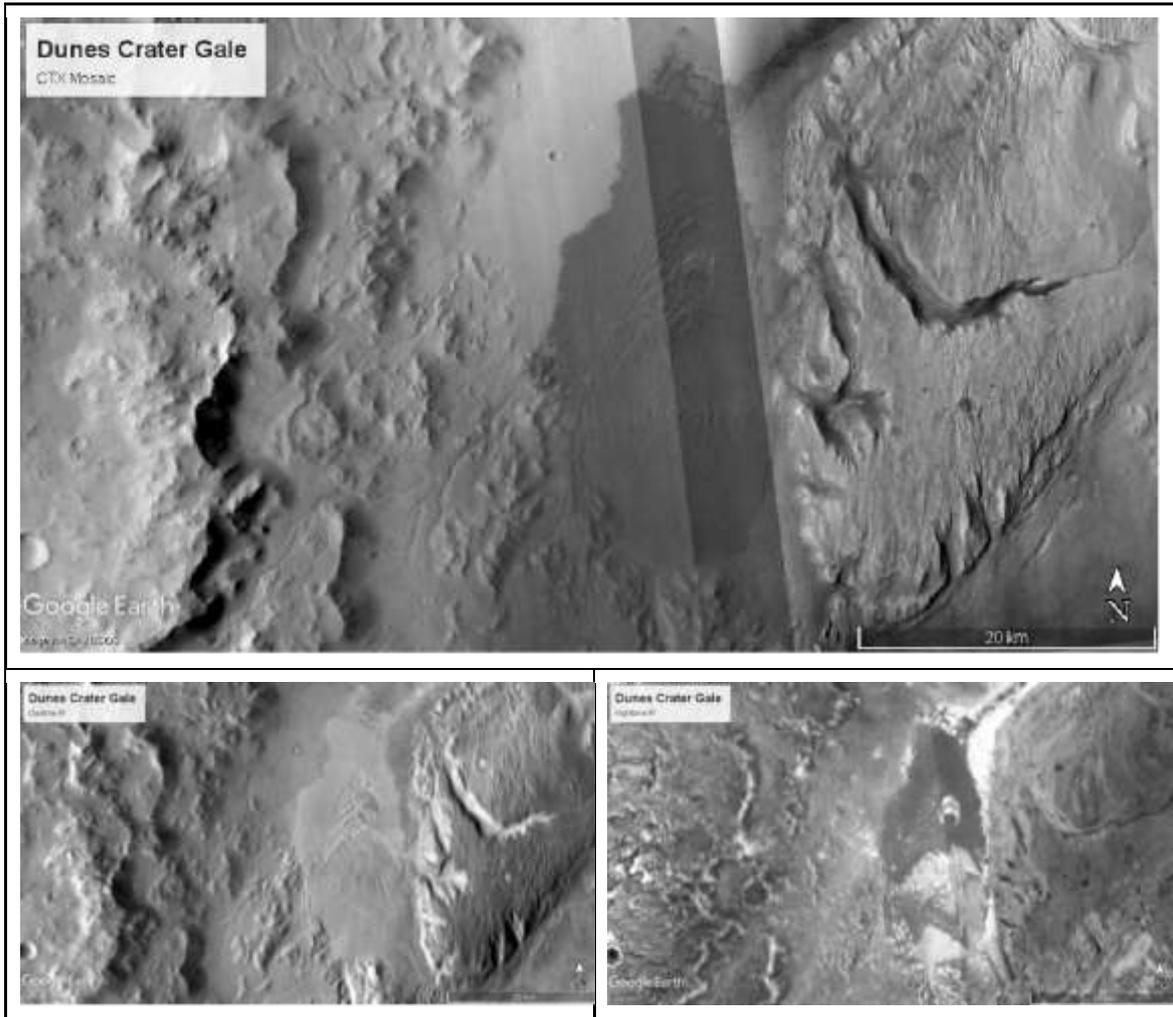


Figura 48: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth). 48a (arriba), dunas del cráter Gale vistas con el mapa CXT Mosaic. 48b (abajo a la izquierda, la misma zona vista con imágenes diurnas infrarrojas (daytime infrared). 48c (abajo a la derecha), la misma zona vista con imágenes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

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

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 amartizar.

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.

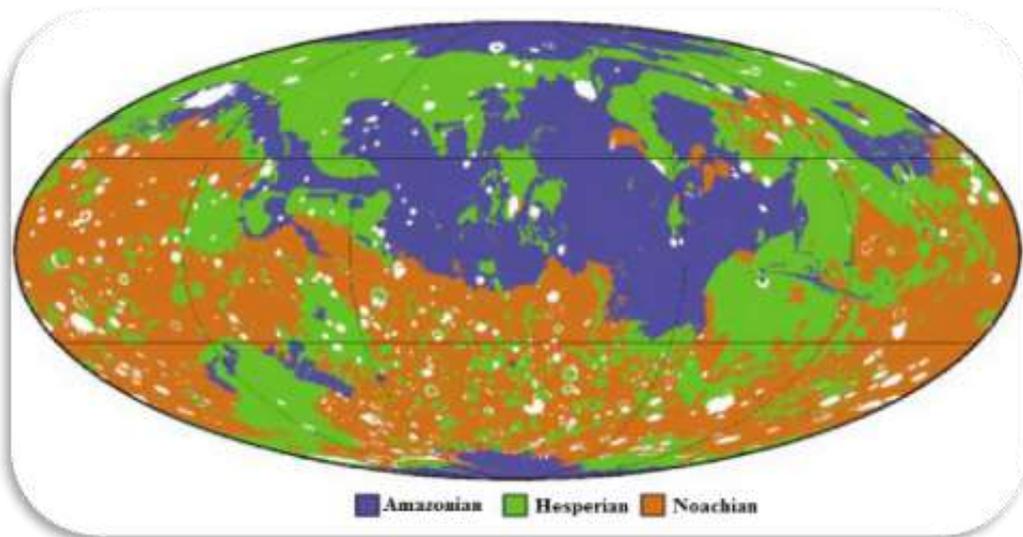


Figura 49: Distribución en la superficie de Marte de las eras geológicas marcianas. En azul, Amazónico, en verde Hespérico y en naranja Noaico. (Créditos: Greeley and Guest, 1987; Scott and Tanaka, 1986)

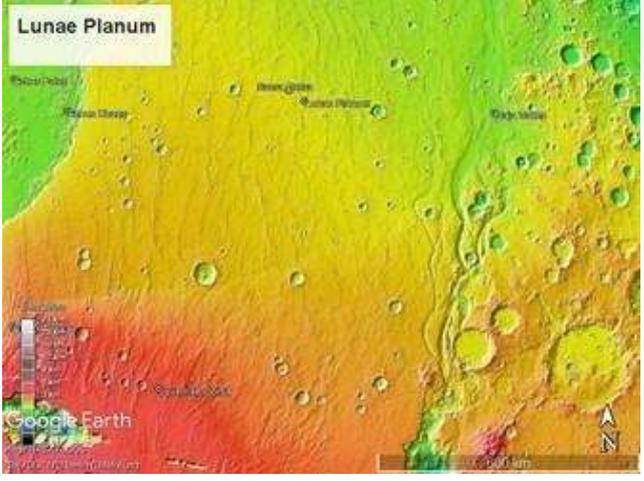
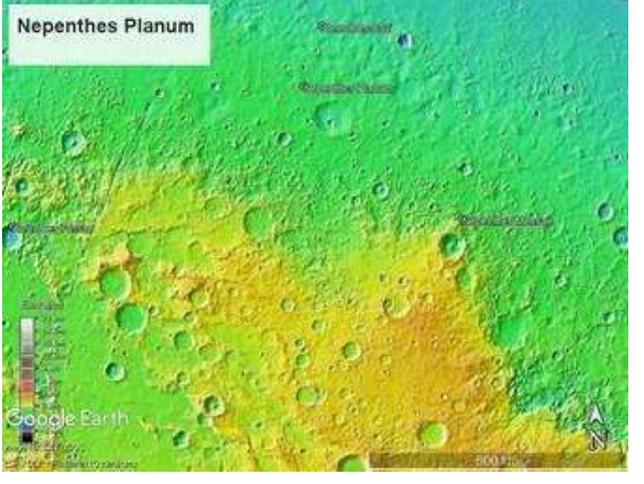
¿En qué era marciana hubo más impactos?

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?

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

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>Huygens Crater</p> <p>Google Earth</p>	
 <p>Lunae Planum</p> <p>Google Earth</p>	
 <p>Nepthes Planum</p> <p>Google Earth</p>	

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.

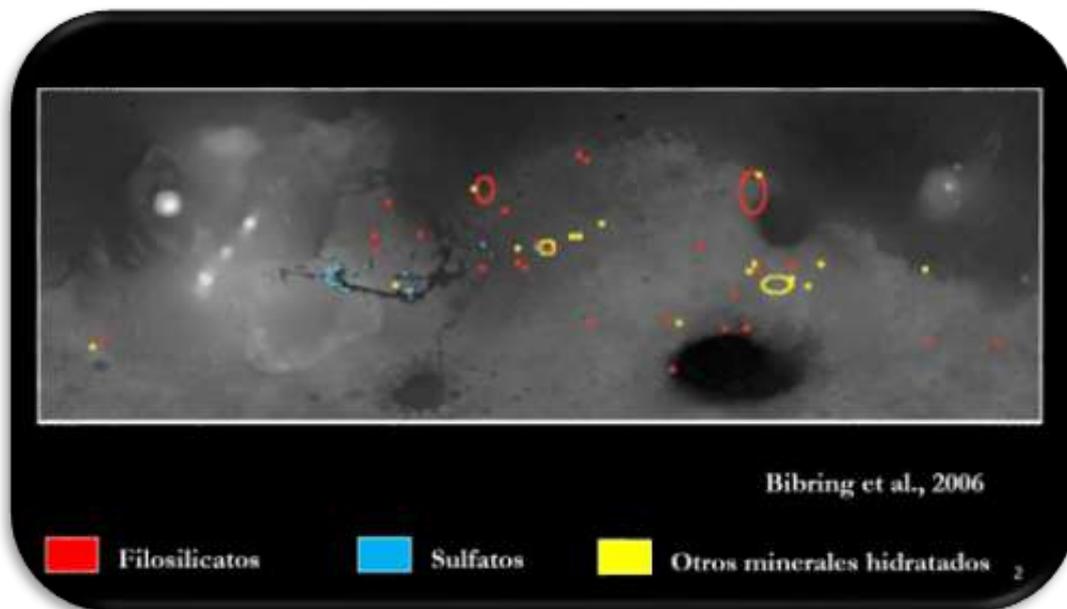


Figura 50. Figura obtenida de la publicación de Bibring et al. 2006.

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”)

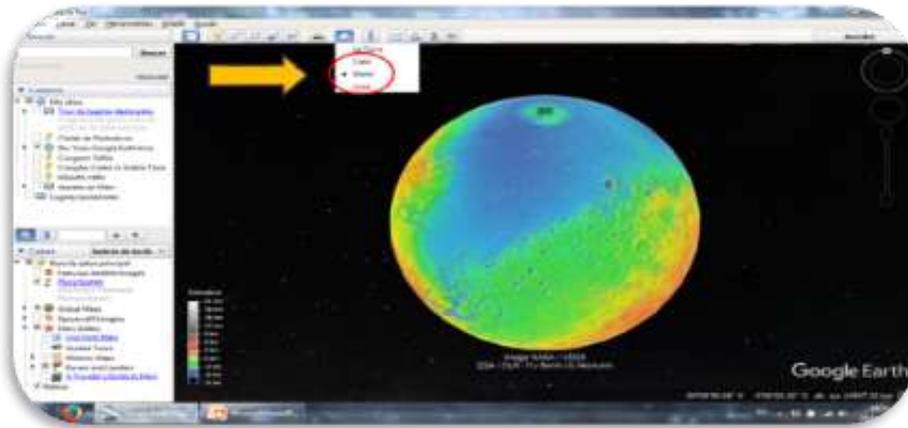


Figura 51: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

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*.

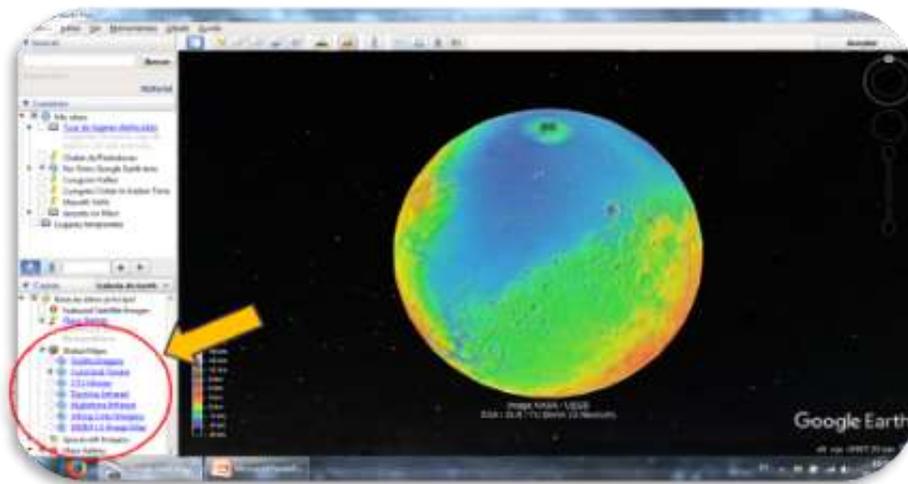


Figura 52: Imágenes del Software Google Earth Pro (Créditos: Google Earth)

¿Veis algún cauce seco? ¿Dónde?

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*, 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.



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?



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 para el rover	Ventajas	Inconvenientes

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*.

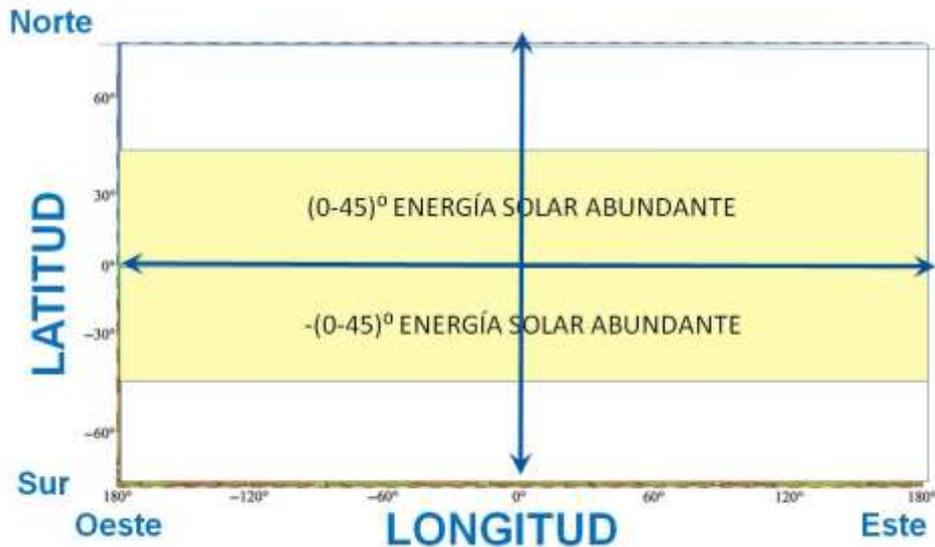


Figura 55: Requerimientos de luz solar. (Créditos: CESAR)

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



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?

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?



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?

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

¿Vosotros haríais lo mismo? ¿Tenéis otras ideas?

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.

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.

¿Qué os llevaríais a un viaje a Marte y qué no?

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*.

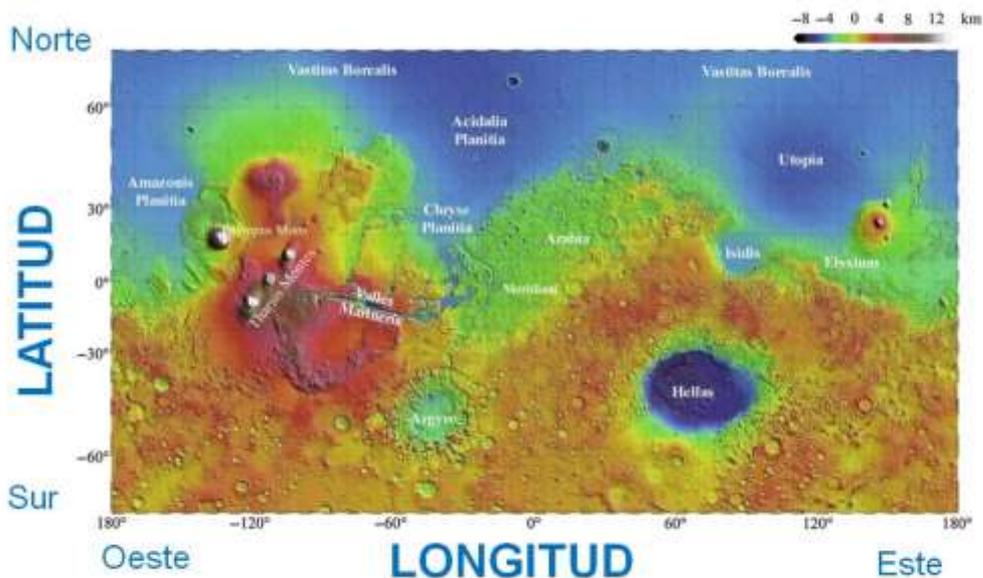


Figura 57: Mapa topográfico de Marte (Créditos: CESAR)



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.

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 H_2O 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.

¿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.



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, pueden o no coincidir con las tuyas ¿Cumplen los requisitos?

Lugar	Observaciones
<p><i>Acidalia Planitia (Sur)</i></p>  <p>Mars Express images (HRSC camera) Berlin (G. Neukum), CC BY-SA 3.0 IGO</p>	
<p><i>Chryse Planitia</i></p>  <p>Mars Express images (HRSC camera) ESA/DLR/FU Berlin</p>	

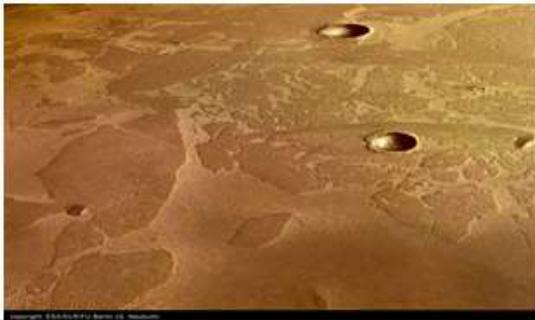
Utopia Planitia



Mars Express images (HRSC camera)

ESA/DLR/FU Berlin

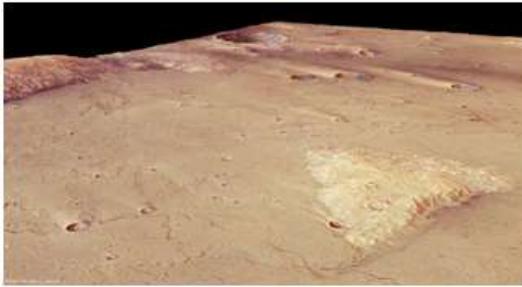
Amazonis Planitia



Mars Express images (HRSC camera)

ESA/DLR/FU Berlin

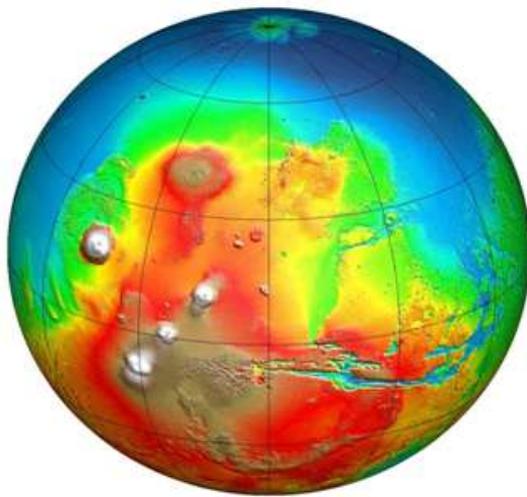
Isidis Planitia



Mars Express images (HRSC camera)

ESA/DLR/FU Berlin

Tharsis North



NASA/MGS/MOLA Science Team, FU Berlin

Hellas Planitia



Mars Express images (HRSC camera)

ESA/DLR/FU Berlin

Clouds Vastitas Borealis & Northern Polar Cap



Mars Express images (HRSC camera)

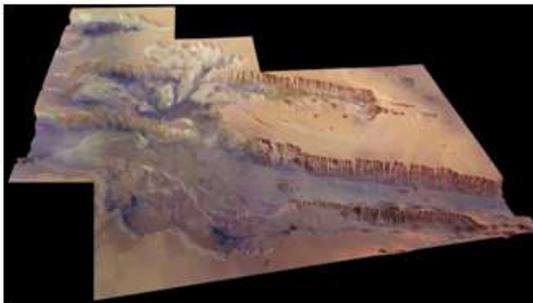
ESA/DLR/FU Berlin

Elysium



Mars Express images (HRSC camera)
ESA/DLR/FU Berlin

Valles Marineris



Mars Express images (HRSC camera)

ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum), [CC BY-SA 3.0 IGO](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

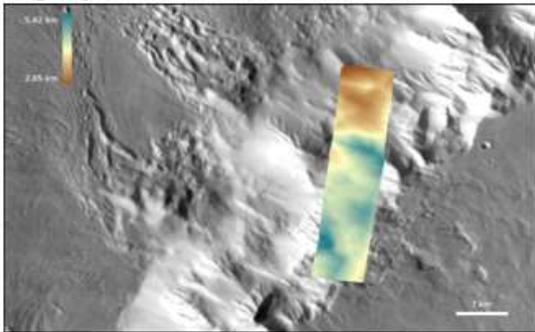
Argyre Planitia



Mars Express images (HRSC camera)

ESA/DLR/FU Berlin [CC BY-SA 3.0 IGO](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Olympus Mons



ESA/Roscosmos/CaSSIS (footprint)

Tabla 14: Diferentes lugares de Marte donde amartizar 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 amartizaje
Experto en eficiencia/seguridad de la nave (Equipo 1)	
Experto en eficiencia/seguridad del rover (Equipo 2)	
Experto en datos científicos de Marte (Equipo 3)	
Experto en requisitos de la misión robótica/no tripulada	
Experto en requisitos de la misión tripulada (Equipo 5)	

Tabla 15: Requisitos para amartizar 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		
Misión tripulada		

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 amortizaje:

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

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

¿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 amortizaje.



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

Nombre de la zona	Latitud	Longitud	Observaciones

Tabla 19: Lugares para amartizar.

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 amartizaje y lo defienda ante los demás. Porque toca elegir solo una entre todo.

¿Cuál es vuestro lugar de amartizaje?

Nombre de la zona	Latitud	Longitud	Observaciones

Tabla 20: Lugar final de amartizaje.

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



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?

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

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



¿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?

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

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



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

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*.



Enlaces



Fase 0

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

Fase 1

- [Maqueta esférica de Marte](#)
- [ESA KIDS: Rosetta](#)
- [Artículo sobre Rosetta](#)
- [Artículo 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](#)
- <http://cesar.esa.int/form.php?Id=16&k=KkiztX4Of1&ChangeLang=es>

Fase 2

Fase 3

- [Simula tu lanzamiento](#)
- [Exomars 2022](#)

Fase 4

- <http://cesar.esa.int/form.php?Id=16&k=KkiztX4Of1&ChangeLang=es>
- http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE_Contest

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 Cardesin.

Guía previa:

http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE_Mission_to_Mars_II&ChangeLang=es

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