

GUÍA DE APOYO A LAS DIAPOSITIVAS

Diapositiva 2

Marte en la Historia

Marte ha fascinado a la Humanidad desde tiempos inmemorables. Según los historiadores, el hombre conoce el planeta rojo desde hace 4.500 años, cuando los asirios registraron sus extraños movimientos en el cielo.

Marte destaca sobre el fondo estrellado por su brillo, color anaranjado y movimiento caótico. Los egipcios llamaron a Marte *sekded-ef em khetkhet*, que significa “que viaja hacia atrás”.

Para los griegos, el movimiento de Marte sugería caos y desorden, las expresiones máximas de la guerra. Por ello bautizaron al planeta con el nombre del dios de la guerra, Ares. Posteriormente, los romanos lo llamaron Marte, su propio dios guerrero. Seguramente, identificaran el color rojizo del planeta con escenas sangrientas. Aun hoy, el símbolo que los astrónomos utilizan para referirse a Marte representa el escudo y la lanza del dios de la guerra.

Hoy sabemos que el color rojizo de Marte se debe al hierro oxidado de su superficie.

Anexos relacionados:

Orígenes de la astronomía

Astronomía y astrología (con actividad)

Marte visto desde la Tierra

Diapositiva 3

Un modelo de Universo

El filósofo griego Eudoxo, en el siglo IV AC, fue el primero que propuso un Universo en el que el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas giraban en torno a la Tierra siguiendo círculos perfectos.

Según Eudoxo, la Tierra era el centro del Universo. Esta es la idea más natural del mundo. Desde la superficie terrestre no notamos el movimiento de la Tierra y, además, vemos salir el Sol (y cualquier astro) por el este y ponerse por el oeste.

Durante algún tiempo, la teoría de Eudoxo pareció funcionar. Describía bastante bien el movimiento de los planetas, dentro de la precisión de las medidas de la época, y proporcionaba una visión sencilla del Universo. Pero, en cuanto las observaciones mejoraron, el modelo de Eudoxo perdió la capacidad de explicarlas. A pesar de ello, la idea de un universo centrado en la Tierra, con los planetas girando en círculos perfectos, era demasiado atractiva como para abandonarla. Otros eruditos griegos (entre los que se encontraba Aristóteles) trataron de corregirla, siempre manteniendo a la Tierra en su posición privilegiada.

En el siglo III AC, Aristarco de Samos propuso un modelo heliocéntrico pero se impuso el geocéntrico durante 18 siglos.

Anexo relacionado: Aristarco de Samos

Diapositiva 4

Los ingeniosos parches de Ptolomeo (140 DC)

El modelo geocéntrico de Eudoxo fue mejorado alrededor de 140 DC por el filósofo alejandrino Claudio Ptolomeo. Ptolomeo imaginó un Universo en el que todos los cuerpos giraban alrededor de la Tierra, pero no describiendo círculos perfectos.

Según Ptolomeo, los planetas realizaban pequeños movimientos circulares (epiciclos) alrededor de un punto imaginario que se desplazaba alrededor de la Tierra recorriendo un círculo perfecto (deferente). Este modelo (ver animación) explicaba mucho mejor las posiciones de los planetas vistos desde la Tierra, en particular el movimiento retrógrado de Marte. Añadiendo más epiciclos, era posible describir cualquier pequeña anomalía que el modelo no hubiera predicho correctamente.

El modelo de Ptolomeo fue aceptado universalmente hasta el siglo XVI, cuando Nicolás Copérnico publicó los resultados de sus minuciosas observaciones.

Diapositiva 5

La revolución copernicana

En el renacimiento se libró una de las batallas intelectuales más importantes de todos los tiempos: determinar si la Tierra era el centro del Universo.

En 1543, el clérigo polaco Nicolás Copérnico propuso una teoría audaz que situaba al Sol en el centro del Universo. En realidad, el modelo no era nuevo, el astrónomo griego Aristarco de Samos, ya lo sugirió en el siglo III a.C.

Según las medidas de Copérnico, las posiciones de los planetas se explicaban mucho mejor suponiendo que éstos girasen alrededor del Sol, en vez de hacerlo alrededor de la Tierra. En el modelo heliocéntrico de Copérnico, los planetas describían órbitas perfectamente circulares.

Copérnico sufrió duras críticas y la Iglesia puso su libro *De revolutionibus orbium coelestium* en la lista de textos prohibidos. Esto no impidió que la evidencia a favor del modelo heliocéntrico creciera. Sin embargo, a pesar de su éxito, seguía sin explicar completamente el movimiento de Marte. ¿Podía deberse a que Copérnico estaba equivocado?

Para contestar dicha pregunta era necesario medir con mayor precisión las posiciones de Marte. A este problema dedicó gran parte de su vida el noble danés Tycho Brahe unos 60 años después de la muerte de Copérnico.

Tycho trabajaba como matemático imperial en la corte del emperador romano Rodolfo II y fundó el observatorio más moderno de la época. A lo largo de los años, realizó medidas muy exactas de Marte con la esperanza de que alguien pudiera interpretarlas.

Anexos relacionados:

Palabras de Copérnico
Aristarco de Samos

Diapositiva 6

Kepler, Marte y las elipses

En 1600, Tycho invitó al matemático alemán Johannes Kepler a su observatorio y le pidió que calculara una nueva órbita para Marte. Tycho eligió Marte porque era el planeta que tenía el comportamiento más extraño.

La relación entre Tycho y Kepler fue tormentosa. El primero no quería ceder completamente sus datos, y esto retrasó la labor de Kepler. Sólo a la muerte de Tycho, Kepler tuvo acceso a todas las observaciones.

Kepler empezó considerando órbitas circulares pero, tras muchos intentos fallidos, las descartó porque no explicaban con precisión las posiciones observadas. Renunciar a órbitas circulares supuso para Kepler un trauma personal, ya que siempre había creído en la perfección del Universo y el círculo era la trayectoria más perfecta que podía imaginar.

Con órbitas circulares las posiciones predichas y observadas diferían 8 minutos de arco (aproximadamente un cuarto del tamaño aparente de la Luna), cuatro veces más que la precisión de las medidas. Era un error pequeño, pero no podía ignorarlo. Cuando se convenció de que la órbita de Marte no era un círculo, probó diferentes curvas ovaladas.

Al final, tras nueve años de intenso trabajo y miles de cálculos, logró resolver el problema: Marte se movía alrededor del Sol siguiendo una elipse.

Johannes Kepler había descubierto las leyes del movimiento planetario.

Anexo: Movimientos planetarios

Diapositiva 7

Las observaciones de Galileo

Mediante observaciones, Galileo descubrió que el tamaño de Marte cambia con el tiempo. Es más grande cuando está más cerca de la Tierra, y más pequeño cuando se aleja de nuestro planeta. Los cambios en la distancia Marte-Tierra son debidos al movimiento elíptico del planeta rojo. Galileo confirmaba así el modelo heliocéntrico de Kepler, lo que le valió ser juzgado por la Iglesia en 1633.

Anexo relacionado: Movimiento planetario

Diapositiva 8

Los canales de Marte

Hasta el siglo XIX no se avanzó mucho en la exploración de Marte. A través del telescopio, el planeta rojo aparecía borroso y falto de detalles, lo que dificultaba enormemente su estudio.

En 1877, tras una aproximación máxima de Marte a la Tierra, el astrónomo italiano Giovanni Schiaparelli describió por primera vez unos surcos rectos en la superficie que llamó "canali". Esta palabra puede traducirse al inglés como "cannals" (canales artificiales) o "channels" (canales naturales, sin ninguna otra connotación). Por supuesto, la traducción aceptada de inmediato fue canales artificiales, lo que disparó la imaginación del público en general y la de algunos astrónomos en particular. Pronto se empezó a hablar de vida en Marte. Los canales serían monumentales obras de ingeniería realizadas por los marcianos para transportar agua desde los polos hasta el ecuador. En realidad, se trataba de una idea muy atractiva. Marte se asemeja mucho a la Tierra, y el hombre siempre ha deseado encontrar vida en otros lugares. Marte era el lugar ideal.

Diapositiva 9

Lowell y los canales

Cuando Schiaparelli se retiró en 1892, el astrónomo estadounidense Percival Lowell continuó la observación sistemática del planeta. Lowell contribuyó decisivamente al descubrimiento de Plutón, pero también fue el más firme defensor de la existencia de vida en el planeta rojo.

A pesar de la insistencia de Lowell, la comunidad científica nunca tomó en serio la posibilidad de que hubiera canales artificiales en Marte. No ocurrió lo mismo con la gente de a pie. Muchos escritores de finales del siglo XIX y principios del XX publicaron novelas de marcianos que el público consumía ávidamente. Quizás la más representativa sea *La guerra de los mundos* de H.G. Wells, aparecida en 1898. Esta novela narra la invasión de la Tierra por marcianos que pretenden acabar con el hombre. Al final, es la casualidad la que salva a nuestro planeta.

En 1938, Orson Welles realizó la emisión radiofónica más espectacular de la Historia de Estados Unidos, versionando la novela de H.G. Wells en forma de boletines informativos. Inmersos en un ambiente pre-bélico, muchos oyentes que no sintonizaron el programa desde el principio creyeron que los marcianos invadían Estados Unidos. Hubo llamadas a los periódicos y personas que huyeron de sus casas despavoridas.

Diapositiva 10

La exploración de Marte (animación)

Diapositiva 11

Las *Mariner* (NASA): ni rastro de marcianos

Mariner 4: el 14 de julio de 1965, la sonda de la NASA sobrevoló la superficie del planeta rojo a tan sólo 9800 km de distancia. Fue el primer ingenio humano que llegó a Marte.

Transmitió a la Tierra 22 imágenes de televisión, descubriendo un paisaje árido lleno de cráteres. Sus resultados permitieron descartar la existencia de los famosos canales artificiales defendidos por Lowell y la posibilidad de vida inteligente en el planeta.

Hasta 1971, otras tres sondas *Mariner* (6, 7 y 9) consiguieron tomar fotografías de la superficie marciana. Con ellas se creó el primer atlas completo de un planeta y se descubrieron volcanes y paisajes modelados por el agua.

Mariner 9 se convirtió en el primer satélite artificial de Marte.

Pero faltaba un estudio más profundo de las propiedades de Marte realizado desde la propia superficie. En otras palabras: faltaba aterrizar en Marte.

Diapositivas 12

Aterrizando en Marte en plena guerra fría

En pleno apogeo de la guerra fría, aterrizar en Marte se convirtió en una cuestión de orgullo nacional para Rusia y Estados Unidos.

En 1974 las sondas rusas *Mars 5* y *6* habrían sido las primeras en posarse en Marte si no hubieran fallado (una chocó contra la superficie y la otra no consiguió ponerse en órbita).

En 1976, los estadounidenses tuvieron más suerte. Las sondas gemelas *Viking 1* y *2* de la NASA aterrizaron suavemente en Chryse Planitia y Utopia Planitia.

Estas sondas estudiaron el planeta rojo durante seis y cuatro años respectivamente, mejorando sustancialmente nuestros conocimientos sobre los cambios estacionales de la atmósfera marciana. En conjunto, enviaron a la Tierra 4.500 imágenes de la superficie.

Diapositivas 13

Las Viking (NASA): buscando vida en Marte

Las *Viking* llevaban instrumentos para estudiar la meteorología, la sismología, la composición química del suelo y la atmósfera marcianas, y buscar huellas de actividad biológica en Marte.

Los experimentos estrella fueron los biológicos.

La búsqueda de vida ha sido y es uno de los motores fundamentales de la exploración espacial de Marte. Por este motivo, las sondas Viking realizaron tres experimentos biológicos in situ. La idea era detectar compuestos orgánicos que indicaran la presencia de vida en el suelo marciano. Sus resultados fueron negativos, aunque no con absoluta certeza.

Ya desde el principio los investigadores sabían que iba a ser difícil encontrar compuestos orgánicos porque la tenue atmósfera del planeta no es capaz de absorber la radiación ultravioleta del Sol, y ésta destruye con mucha facilidad las moléculas orgánicas. Por ello, los ingenieros de la misión *Viking* diseñaron el instrumento más sensible de la época. Su sensibilidad era tal, que hubiera detectado la presencia de microorganismos o sus residuos en cualquier lugar de la Tierra donde la vida existe.

Los resultados de las sondas *Viking* parecían desalentadores, pero no hay que olvidar que se había empezado la búsqueda, arañando tímidamente la superficie del planeta, donde las condiciones no son óptimas para la vida. Sabemos que, en la Tierra, los organismos más primitivos prefieren entornos hidrotermales porque en ellos obtienen nutrientes con mayor facilidad. En Marte podría darse una situación similar, por lo que era vital buscar en zonas más recónditas, incluso en el subsuelo. Claramente, esta exploración sistemática sólo podrá realizarse desde la propia superficie marciana. De alguna manera, no hicimos más que empezar.

Anexo relacionado: Los experimentos biológicos de las Viking

Diapositiva 14

La piedra que cayó de Marte

En el año 1996, la NASA anunció que sus investigadores habían descubierto microfósiles en ALH 84001, un meteorito marciano* encontrado en la Antártida en 1984.

Cualquier superficie helada de la Tierra es un buen lugar para identificar meteoritos, pues las piedras que veamos sobre ella han tenido que llegar del cielo.

Este meteorito (imagen de la izquierda) tiene una antigüedad de 4500 millones de años y fue arrancado de la superficie marciana por un enorme impacto que ocurrió hace unos 16 millones de años. ALH 84001 pasó la mayor parte de este tiempo vagando por el espacio, hasta que la Tierra se cruzó en su camino hace 13.000 años.

En este meteorito se han encontrado glóbulos que contienen pequeñas estructuras alargadas, muy similares a las bacterias terrestres.

A partir de estas observaciones y otros análisis químicos y mineralógicos, los investigadores sugirieron que dichas estructuras podrían ser microfósiles marcianos. Este hallazgo produjo una intensa discusión entre los científicos.

Pronto se argumentó que las estructuras encontradas en ALH 84001 son demasiado pequeñas (menos de 100 nanómetros) como para almacenar todo el material orgánico que un organismo necesita para vivir. Sin embargo, algunos investigadores han presentado pruebas de

microorganismos terrestres tan pequeños como las estructuras que se observan en ALH 84001.

Otro problema importante es que el meteorito podría haber sido contaminado por agentes terrestres durante los 13.000 años que permaneció en la Antártida. Si ello fuera cierto, los microfósiles tendrían su origen en la Tierra, no en Marte.

Actualmente la mayor parte de los científicos piensa que ALH 84001 no prueba la existencia de vida en Marte en el pasado, aunque el debate continúa. Al final, poco importará si ALH 84001 contiene microfósiles o no: lo importante es que reavivó el interés por la búsqueda de vida en el planeta rojo.

(*) Existen diversos métodos para detectar la procedencia de un meteorito. Para comprobar si un meteorito es marciano se observa la distribución de los isótopos de los gases nobles de su interior y se compara con los análisis obtenidos por la Viking en la atmósfera de Marte.

Diapositiva 15

De vuelta a Marte

El desalentador resultado de los experimentos biológicos de las *Viking* hizo que los científicos centraran su estrategia de búsqueda de vida en la búsqueda de agua. Y es que, en la Tierra, donde hay agua suele haber vida.

Para ello los lugares de aterrizaje se seleccionan entre aquellos que muestran evidencias de agua en su pasado.

12 años después de las *Viking* comenzaron los envíos de sonda a Marte, pero tras distintos fracasos de rusos y americanos en 1997, las sondas estadounidenses *Mars Global Surveyor* y *Mars Pathfinder* llegaron a Marte.

1997 - La *Mars Global Surveyor* tenía como objetivo principal realizar un cartografiado completo de la superficie con una resolución sin precedentes. Muchas de sus imágenes al igual que las de las *Viking* sugieren la presencia de agua líquida en un pasado.

1997 - Para el aterrizaje de *Mars Pathfinder* la NASA seleccionó una antigua planicie que parecía haber estado inundada por el agua en el pasado. Su pequeño robot móvil de exploración (*Sojourner*) realizó investigaciones del suelo y rocas marcianas. La misión duró casi tres meses y medio, desde el 6 de julio hasta el 27 de septiembre, acaparando un enorme interés del público gracias a la excelente labor de divulgación de la NASA.

Las desafortunadas: En 1988, 12 años después de las *Viking*, los rusos enviaron las sondas Phobos 1 y 2. La primera perdió el contacto con la Tierra a mitad de camino, mientras que la segunda falló en una maniobra de aproximación cuando ya se encontraba en Marte. En la década de los 90, la NASA tampoco tuvo mucha suerte.

El 21 de agosto de 1993, la sonda Mars Observer llegó a Marte, pero pronto perdió contacto con la Tierra y solo pudo tomar unas cuantas imágenes.

Los rusos pusieron muchas esperanzas en la sonda Mars 96, lanzada en noviembre de 1996, pero la misión resultó un fracaso porque no consiguió abandonar la órbita terrestre.

En 1999 se perdieron de nuevo las sondas Mars Climate Orbiter y la Mars Polar Lander (ambas de la NASA).

Diapositiva 16

Un desierto de hierro oxidado

Diapositiva 17

La superficie de Marte

La superficie de Marte es árida, llena de cráteres de impacto de todos los tamaños y edades; enormes volcanes, como *Olympus Mons* (el volcán más grande del Sistema Solar, con una altura de 24 km y una base casi tan grande como la Península Ibérica), y gigantescos cañones, como el *Vallis Marineris*, de 4.000 km de longitud (unas 10 veces el tamaño del Cañón del Colorado).

Diapositiva 18

Las huellas del agua

En numerosos lugares de Marte, se aprecia la acción del agua sobre el paisaje. Se han encontrado indicios de riadas e inundaciones que crearon vastas cuencas fluviales.

Las estructuras más fascinantes de la superficie marciana son los canales y redes de valles. Los canales nacen de forma abrupta en los llamados terrenos caóticos (depresiones de la superficie caracterizadas por la presencia de grandes rocas distribuidas al azar) y no tienen muchos afluentes. A lo largo de sus recorridos se observan islotes esculpidos por enormes inundaciones.

Se cree que los canales son el resultado de la liberación repentina de grandes cantidades de agua líquida almacenada a altas presiones en el subsuelo. La formación de una falla o el impacto de un asteroide de grandes dimensiones podría haber fracturado la superficie, permitiendo la salida violenta del agua y el hundimiento de la corteza por encima del depósito de agua (lo que daría lugar a un terreno caótico). La inundación sería capaz de arrastrar enormes bloques de piedra y erosionar el suelo hasta excavar un canal.

Para que fuera posible la existencia de agua líquida, Marte tuvo que ser más caliente en el pasado. Las redes de valles se observan casi exclusivamente en las antiguas llanuras del hemisferio Sur, pero no en el hemisferio Norte, donde los terrenos son más jóvenes. Todo ello indica que Marte tuvo agua líquida en su superficie, pero sólo durante las primeras etapas de su historia, cuando el clima era más cálido.

Para explicar la erosión fluvial que se observa en Marte, debió haber suficiente agua líquida como para cubrir completamente la superficie con un océano de 500 metros de profundidad.

Si Marte tuvo tanta agua, ¿dónde se encuentra ahora?

Parte podría haberse transferido a la atmósfera y luego escapado al espacio por disociación del oxígeno y el hidrógeno, pero este proceso no explica la pérdida de semejante volumen de agua.

Contenido relacionado: 3. El agua en Marte

Diapositiva 19

Imágenes sugerentes

En 1976 *Viking 1* fotografió una planicie de Marte con mesetas conocida como la región de Cydonia (los puntos negros de la fotografía son bits que faltan en la imagen).

Tobias Owen, uno de los astrónomos del equipo, comentó entre sus compañeros la sugerente imagen de una de las mesetas con forma de cara y la NASA lo destacó en una de sus notas de prensa. Esto reavivó la imaginación de algunas personas que quisieron ver en esta obra de la naturaleza una obra de arte producto de marcianos inteligentes. En 1997, nuevas fotos de la *Mars Global Surveyor* acabaron con las especulaciones.

Diapositiva 20

La atmósfera de Marte

Las atmósferas de los planetas juegan un papel importante en el desarrollo de las posibles formas de vida, además de proteger contra las radiaciones. Pero no todas las atmósferas son favorables a la vida. En el caso de Marte, los investigadores sabían que iba a ser difícil encontrar compuestos orgánicos porque su tenue atmósfera no es capaz de absorber la radiación ultravioleta del Sol, y ésta destruye con mucha facilidad las moléculas orgánicas.

Marte, como los demás planetas de tipo terrestre (excepto Mercurio), posee atmósfera. En la actualidad, la atmósfera de Marte es mucho más tenue que la terrestre (unas 100 veces menos densa). Esto hace que en Marte la presión atmosférica media sea de unos 7 milibares, mientras que en la Tierra se alcanzan 1024 milibares. Debido a la baja presión las plantas en Marte se secarían*.

Hay dos motivos por los cuales la atmósfera de Marte contiene menos gases que la atmósfera terrestre:

La pequeña masa del planeta (el 10% de la masa terrestre), insuficiente para retener una atmósfera densa. Cada segundo Marte pierde 100 kg de atmósfera.

La pérdida de gases que se ha producido a lo largo del tiempo.

Pero sabemos que Marte debió de tener en el pasado una atmósfera mucho más densa y caliente que permitió la existencia de agua líquida en su superficie. La transición a una atmósfera poco densa y fría ocurrió hace unos 3.500 millones de años según se desprende de los cráteres que pueblan su superficie.

¿Qué originó este cambio, sobre todo cuando el Sol era cada vez más luminoso?

Durante el invierno marciano, parte de la atmósfera (30%) se condensa en los casquetes polares.

Aunque tenue, la atmósfera marciana es muy dinámica. Prueba de ello son los vientos que ocasionalmente producen tormentas de polvo.

Las tormentas de polvo en Marte, que pueden durar meses, levantan pequeñas partículas de polvo de la superficie y las redistribuyen por todo el planeta.

Cuando en Marte hay una tormenta de polvo desde la Tierra se ve amarillo en vez de rojizo.

* Una presión baja hace que las plantas expulsen el agua y se sequen, pero también que expulsen sus hormonas (entre ellas la hormona del envejecimiento...). Una manzana sometida a baja presión se

conserva lozana mucho más tiempo al eliminar la hormona etileno, que causa su maduración y descomposición.

Anexos relacionados:

Atmósfera primitiva en Marte

Efecto invernadero

Diapositiva 21

Mars Odyssey (NASA)

2001 - El 24 de octubre la *Mars Odyssey* consiguió insertarse en órbita marciana. Su cometido era realizar estudios del clima marciano sin descender a la superficie y servir de enlace con la Tierra para futuras misiones.

2002 - Tras medir concentraciones de hidrógeno, obtuvo pruebas indirectas de la presencia de grandes cantidades de agua helada bajo la superficie marciana.

Su mapa de Hidrógeno sirvió para delimitar la presencia del agua en Marte. Aunque sería la sonda europea *Mars Express* la primera en enviar imágenes del agua a la Tierra.

Diapositiva 22

Últimas misiones: comienza la fiebre del agua

2003 *Mars Express* (ESA): en diciembre de 2003 aterriza en Marte la primera sonda europea.

2004 *Mars Exploration Rovers* (NASA): en enero de 2004 aterriza en Marte.

Anexo relacionado: La vida y el agua

Diapositiva 23

Mars Express (ESA)

Uno sus objetivos principales es descubrir la presencia de agua en alguno de sus estados químicos posibles, así como encontrar pruebas geológicas de que Marte tuvo agua líquida en su superficie.

Mars Express es además el punto de comunicación entre los *rovers* de la NASA y la Tierra.

Su sonda *Beagle 2*, tenía que realizar una investigación medioambiental, exobiológica y geoquímica en Marte pero no llegó a destino.

Diapositiva 24

Mars Express (ESA)

Enero de 2004: encuentra hielo de agua y de dióxido de carbono, en el polo Sur de Marte.

La sonda de *Mars Express* ha detectado la presencia de metano y amoniaco indicativos de actividad biológica aunque también podrían proceder de los volcanes.

Diapositiva 25

Mars Express (ESA)

Sus imágenes parecen indicar que la actividad volcánica terminó hace 1 millón de años.

Diapositiva 26

Mars Express (ESA)

Febrero de 2005: descubre un mar congelado cerca del ecuador.

Diapositiva 27

Mars Exploration Rovers Mission (NASA)

En enero de 2004 aterrizan en Marte las dos sondas *Mars Exploration Rovers*, de la NASA (*Spirit* y *Opportunity*).

Los lugares escogidos para el aterrizaje se seleccionaron por los indicios que mostraban de agua líquida en el pasado. *Opportunity* aterrizó en una región ecuatorial, Sinus Meridiani, con depósitos de óxido de hierro similares a los del Río Tinto (Huelva).

Fueron con robot móvil de exploración de 130 kg para investigar la zona de aterrizaje durante al menos 90 días. Los coches robot pueden alcanzar una velocidad de 5 cm/s.

Anexo relacionado: El Río Tinto y Marte

Diapositiva 28

Pruebas de agua líquida en el pasado

Sabemos que hay agua en forma de hielo en los polos y debajo de la superficie, pero además, *Spirit* y *Opportunity* han encontrado evidencias de la presencia en el pasado de grandes cantidades de agua líquida en la superficie. Pero ¿cuándo y por qué desapareció?

Diapositiva 29

A paso de robot

La velocidad de los *rovers* no supera los 5cm/s, pero paso a paso *Spirit* se ha desplazado más de 4 km y ha obtenido imágenes maravillosas como la de los "remolinos del diablo" (este tipo de fenómeno también se da en el altiplano argentino y boliviano).

Diapositiva 30

Las huellas de Spirit

La imagen muestra las huellas de las ruedas de *Spirit* sobre la superficie Marciana.

Diapositiva 31

Misiones futuras de la NASA

A continuación se indican algunas de las futuras misiones a Marte.

Mars Reconnaissance Orbiter, llegará a Marte en marzo de 2006. Hará fotografías detalladas de la superficie, buscará agua bajo la superficie e identificará los lugares de aterrizaje de las siguientes misiones. También prestará servicios de "Internet Interplanetario" que utilizarán las naves en un futuro no muy lejano. Dispondrá de una cámara de navegación óptica que hará la función de faro interplanetario guiando a naves espaciales en su acercamiento al planeta rojo.

2007: En el año 2007, la NASA lanzará la misión PHOENIX. Aterrizará en el helado polo norte marciano, a una latitud de entre los 65 y 75 grados N. La duración de la misión será de unos

150 días marcianos, o soles. Durante este tiempo, PHOENIX desplegará su robótica y cavará agujeros de hasta medio metro, para penetrar en las capas de hielo. Estas capas, supuestamente afectadas por los cambios climáticos, podrían ser una fuente de ciertos compuestos orgánicos necesarios para el origen de la vida.

Para mejorar nuestro entendimiento de los procesos atmosféricos marcianos, PHOENIX explorará la superficie de Marte a unos 20 kilómetros de altitud, obteniendo información sobre la formación, duración y el movimiento de nubes, niebla y polvo. También medirá la temperatura y la presión atmosférica.

2009: La NASA se ha propuesto desarrollar y lanzar un laboratorio científico, Mars Science Laboratory, que supondrá un gran avance en la medición de la superficie. Esta misión está prevista para el año 2009.

En los últimos meses, la NASA ha estado desarrollando un programa a largo plazo para la exploración de Marte (para las dos próximas décadas). El nuevo programa incorpora lo que se ha aprendido de antiguos fallos y éxitos. Además, contará con colaboración internacional, especialmente de Francia e Italia.

Diapositiva 32, 33 y 34

Marte en el Sistema Solar

Marte es un planeta de tipo terrestre, el cuarto desde el Sol después de Mercurio, Venus y la Tierra.

Para hacernos una idea de las distancias, la Luna está a poco más de un segundo luz de la Tierra, el Sol a 8 minutos luz y Marte a 20 minutos luz de nosotros. La luz viaja a 300.000 km por segundo.

El movimiento de Marte, al igual que el de todos los planetas, está controlado por la fuerza de la gravedad, a partir de la cual se deducen las tres leyes de Kepler.

Marte gira alrededor del Sol siguiendo una órbita elíptica que tarda en completar 1,88 años. En Marte los cumpleaños se celebran cada dos años terrestres y los días duran 37 minutos más que en la Tierra.

La distancia media de Marte al Sol es 1,5 unidades astronómicas (UA)
1 UA es la distancia media entre el Sol y la Tierra (150 millones de km)

Diapositiva 35

Fobos y Deimos: asteroides capturados por Marte

Las pequeñas lunas de Marte: *Fobos* y *Deimos* de 22 y 12 kilómetros, fueron capturados por la gravedad marciana.

Según la mitología griega Marte se unió con Afrodita (Venus) y tuvo 4 hijos: Eros (Cupido), Fobos (miedo), Deimos (pánico) y Harmonía.

Fobos es de las luna conocidas la que más pegada va a su planeta. ¿Será que tiene miedo de los golpes de los meteoritos?

En el futuro Fobos chocará con Marte o se romperá en trocitos que rodearán a Marte en forma de anillos.

Diapositiva 36

¿La Tierra o Marte ?

La imagen de la izquierda es la Tierra, la de la derecha Marte.

Diapositiva 37 y 38

Marte y la Tierra

Marte se parece bastante a la Tierra en muchos aspectos, aunque no es exactamente igual. La masa de Marte es la décima parte de la de la Tierra, y su tamaño es la mitad. Por este motivo, la gravedad superficial es menor que en la Tierra: sólo 3,7 m/s² en lugar de 9,8 m/s². En Marte pesarías la mitad que en la Tierra. Esta diferencia en la gravedad es también la causa de que en Marte la velocidad de escape sea más baja, por ello es más fácil que Marte pierda su atmósfera (y sus piedras tras un impacto).

Si Marte tuviera actividad interna podría calentar el hielo y resurgiría el agua líquida tan necesaria para la vida, pero las imágenes de la Mars Express (ESA) parecen indicar que la actividad volcánica terminó hace 1 millón de años aunque aún se aprecia una ligera actividad sísmica.

Muchos de los procesos geológicos que ocurren en la Tierra también actúan o han actuado en Marte, sin embargo, los resultados son completamente diferentes.

Hay tres diferencias fundamentales entre la Tierra y Marte que determinan las características geológicas de ambos planetas:

1. **Tamaño:** el menor tamaño de Marte hizo que su núcleo se enfriara muy rápidamente, de manera que el flujo de calor y, por tanto, la actividad volcánica, son pequeños comparados con los de la Tierra.
2. **Placa tectónica:** Marte es un planeta con una única placa tectónica, pues durante la formación del planeta, su menor tamaño y su mayor distancia al Sol hizo que se enfriara antes que la Tierra quedando su interior con una sola placa. No hay deriva continental, lo que explica la ausencia de grandes cadenas montañosas y la existencia de enormes volcanes en Marte: como la corteza no se mueve con respecto al manto, los volcanes siempre se alimentan de una misma fuente de magma, creciendo hasta que dicha fuente se agota. En la Tierra, por el contrario, el movimiento de las placas tectónicas arrastra los volcanes y los desconecta de su fuente de magma al cabo de un tiempo más o menos corto. Esto los inactiva y detiene su crecimiento.
3. **Temperatura:** la superficie marciana es muy fría. Aunque en verano puede alcanzar los 20 grados centígrados, la temperatura media diaria es de unos 50 grados bajo cero. En estas condiciones no existe agua líquida en la superficie de Marte. De hecho, se cree que el subsuelo marciano (al menos cerca de los polos) está congelado hasta profundidades de 1 km o más. La ausencia de agua líquida en el Marte actual hace que apenas haya erosión. Esto explica el extraordinario estado de conservación de casi todas las estructuras geológicas visibles en su superficie.

La tierra marciana está congelada, salvo las regiones ecuatoriales. Sin embargo los científicos creen que bajo este *permafrost* pueden haber formas de vida en estado latente que podrían revivir en mejores condiciones como ha sucedido en la Antártida y Siberia.

Anexo relacionado: ¿Por qué hace frío en Marte?

Diapositiva 39

Distancia Tierra-Marte

Como la órbita de Marte es muy elíptica y la de la Tierra prácticamente circular, la distancia entre estas dos órbitas varía.

Se dice que un planeta está en oposición cuando, visto desde la Tierra, se encuentra en sentido opuesto al Sol. Un planeta en oposición es visible durante toda la noche. Marte entra en oposición con la Tierra una vez cada 1,88 años. Dependiendo de si la oposición ocurre cerca del perihelio o del afelio de Marte, la distancia Tierra-Marte es mínima o máxima, respectivamente. En el momento de la oposición, la mínima separación entre los dos planetas es de 59 millones de kilómetros, mientras que la máxima es de 102 millones de kilómetros.

Como es natural, los lanzamientos de sondas espaciales se preparan aprovechando las oposiciones de Marte para que la distancia a recorrer sea menor. De todas las oposiciones, las perihélicas son las más favorables, aunque sólo ocurren una vez cada 15 años. En la práctica, existen otras consideraciones que hacen que los lanzamientos no siempre coincidan con las oposiciones.

Diapositiva 40

Composición y estructura

El interior de Marte, al igual que el de la Tierra, se divide en núcleo, manto y corteza. Su núcleo podría estar formado por roca sólida y hierro, pero no en estado líquido, pues la sonda Mariner 4 no detectó campo magnético. No obstante, la sonda Mars Global Surveyor descubrió que en el pasado Marte tuvo un campo magnético. Esto sugiere que su núcleo estuvo fundido. En la Tierra, la parte exterior del núcleo está fundida y actúa como una dínamo, generando el campo magnético terrestre. Un núcleo caliente está relacionado con la actividad interna de un planeta y esta a su vez con la existencia de agua líquida.

Mientras que en la atmósfera terrestre dominan las moléculas de nitrógeno y oxígeno (un 98% del total), la composición de la atmósfera marciana está dominada por dióxido de carbono (un 95% del total). En ambos planetas, la cantidad de vapor de agua es pequeña (un 1% en la Tierra y un 0,006% en Marte).

A primera vista, la diferencia entre la abundancia de CO₂ en la Tierra y en Marte es enorme. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la mayor parte del CO₂ terrestre se encuentra disuelto en el agua de los océanos o en forma de carbonatos. Cuando se consideran todas estas contribuciones, la abundancia de CO₂ en la Tierra es prácticamente igual a la de Marte.

Anexo relacionado: Magnetismo en Marte

Diapositiva 41

Lo que aún no sabemos

Marte es el planeta mejor conocido después de la Tierra. Sin embargo, todavía quedan muchas incógnitas por resolver.

- ¿Hay hoy en día agua líquida en Marte? ¿Dónde se encuentra?
- ¿Han existido océanos en Marte?
- ¿Es Marte un planeta muerto desde el punto de vista de la actividad interna?
- ¿Cuál es exactamente el mecanismo que produce las tormentas globales?
- ¿Tuvo Marte una atmósfera densa?
- ¿Hay zonas fundidas en el interior del planeta?
- ¿Hubo tectónica de placas en Marte?

Y lo más importante:

¿Se desarrolló vida en Marte? ¿Podría persistir la vida en el Marte actual?

Diapositiva 42

Epílogo

Tras miles de años de minuciosas observaciones y cálculos, el hombre ha sido capaz de enviar naves espaciales al puntito rojo que parece moverse caóticamente en el cielo nocturno. Hoy hemos superado la natural superstición de los antiguos dando paso al estudio científico de Marte. Gracias a ello hemos descubierto un mundo fascinante, muy parecido a la Tierra en términos globales pero también muy diferente en otros aspectos. Durante cientos de años hemos mezclado nuestra rigurosidad científica con el deseo de que exista vida en Marte. Es algo profundamente enraizado en nuestro interior, quizás para no sentirnos solos en el Universo. Poco a poco llegaremos a una respuesta definitiva. Con los experimentos biológicos de las sondas *Viking* dimos el primer paso. Es necesario seguir investigando el planeta rojo para responder a muchas preguntas fundamentales que todavía no tienen respuesta.

En este camino, el final de una era y el principio de otra llegará cuando el hombre pise por primera vez la superficie de Marte, y quién sabe si los futuros marcianos llevarán nuestros genes.

Anexo relacionado: Terraformación de un planeta

Diapositiva 43

Los bucles de Marte

Podemos cerrar la charla haciendo una propuesta de actividad observacional. Ellos mismos pueden comprobar el movimiento caótico de Marte que mencionamos al principio. Para ello, comenzarán la actividad observacional seis semanas antes de la oposición y la terminarán seis semanas después. La próxima oposición será a principios de noviembre, con lo que pueden comenzar las observaciones la última semana de septiembre y finalizarlas en enero de 2006. Como ya hemos visto, cuando Marte está en oposición su distancia a la Tierra es menor.

Anexo relacionado: Marte visto desde la Tierra (con actividad observacional)

CRÉDITOS

Esta es una guía de apoyo a las diapositivas de la charla "Marte, el planeta rojo" de la Unidad didáctica: "Diseña un viaje a Marte" y forman parte de la **Experiencia piloto Cosmoeduca** desarrollada por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y subvencionada por el anterior Ministerio de Ciencia y Tecnología. Los materiales que la completan así como la información de la experiencia se encuentra en:

www.iac.es/cosmoeduca

Todos los materiales de Cosmoeduca han sido preparados para ayudar al profesorado en el desarrollo de sus clases y podrán ser usados con este fin siempre y cuando se deje indicada la procedencia y no se haga un uso lucrativo o comercial de los mismos.

E-mail de contacto: ianguita@iac.es