



MARS

TERRA

UNA ANATOMIA
COMPARADA



Obra Social
Fundació "la Caixa"

Edita: Fundació “la Caixa”

Assessorament científic: Ignasi Casanova

Assessorament pedagògic: Quasar Serveis d’Imatge, S.L.

Disseny gràfic: Quasar Serveis d’Imatge, S.L.

© de l’edició, Fundació “la Caixa”
Av. Diagonal, 621 - 08028 Barcelona

Impressió:

Dipòsit legal:

OBRA SOCIAL. L'ÀNIMA DE "LA CAIXA".

**MART
TERRA**
UNA ANATOMIA COMPARADA

CONTINGUT DIDÀCTIC	02
MART-TERRA TAN IGUALS, TAN DIFERENTS Documents d'identitat de dos planetes	03
Activitats	
1 GEOLOGIA	05
ACTIVITAT GEOLÒGICA INTERNA	06
Tectònica · Vulcanisme Activitats	
ACTIVITAT GEOLÒGICA EXTERNA	08
Sedimentació · Dunes i <i>ripples</i> · Erosió · Efectes abrasius del vent · Hematites · Meteorits Activitats	
2 ATMOSFERA	12
METEOROLOGIA Tempestes de pols · Remolins Activitats	
3 HIDROLOGIA	15
Xarxes hidrogràfiques · Aigua subterrània · Casquets polars · Gel subterrani Activitats	
ON ÉS ON?	20
On s'ha pres cadascuna d'aquestes imatges?	
GLOSSARI	22
BIBLIOGRAFIA	24
Llibres · Pàgines web	

CONTINGUT DIDÀCTIC

Conceptes

Concepte general

Conèixer les semblances i diferències entre Mart i la Terra i per què Mart és un planeta sec i la Terra és plena de vida.

Conceptes específics

- » Característiques d'identitat dels 2 planetes
- » Principals característiques de l'activitat geològica
 - geologia interna (tectònica i vulcanisme)
 - geologia externa (sedimentació, dunes i *ripples*, efectes abrasius del vent, hematites i meteorits)
- » Fenòmens meteorològics que actualment es produeixen a Mart
 - (tempestes de pols i remolins)
- » Principals característiques sobre l'existència d'aigua a Mart
 - Hidrologia (xarxes hidrogràfiques, aigua subterrània, casquets polars i gel subterrani)

Objectius

- » Trobar els punts en comú que tenen Mart i la Terra, comparant les dades existents dels 2 planetes.
 - Situació de Mart i la Terra al Sistema Solar
 - Conèixer les característiques del cicle geològic en els processos geodinàmics interns i externs
 - Identificació dels canvis a la superfície relacionats amb les manifestacions dels agents geològics interns
 - Reconeixement de la tectònica de plaques i el vulcanisme
 - Identificació dels canvis a la superfície causats per agents geològics externs
 - Reconeixement del procés de formació de les roques sedimentàries i dunes i *ripples*
 - Reconeixement de l'acció d'alguns agents externs en el modelatge del paisatge: erosió, efectes abrasius del vent i hematites
- Identificar i valorar alguns elements que produeixen canvis significatius al clima de Mart
- Identificació dels canvis a la superfície ocasionats per l'acció erosiva de l'aigua
- Reconeixement de la formació dels casquets polars i de la possible existència d'aigua a Mart
- Identificació visual d'ambdós planetes amb l'ajuda d'imatges

MART-TERRA



Mart ha estat i és un dels principals objectius de l'exploració planetària. El seu color vermellós ha cridat l'atenció dels astrònoms des dels temps més antics. Actualment, una munió de missions espacials ens estan proporcionant imatges del planeta amb un detall impressionant. Davant els nostres ulls s'està revelant un món que presenta múltiples punts en comú amb el nostre propi planeta.

L'estudi de Mart confirma que molts dels processos geològics identificats a la Terra són omnipresents a l'Univers (es donen en altres llocs i en altres temps). Hem escollit alguns exemples de les fascinants anatomies de dos cossos planetaris íntimament lligats, amb paisatges gairebé indistingibles.

Històries paral·leles de dos mons que, tot i així, són avui molt diferents.

TAN IGUALS, TAN DIFERENTS

Documents d'identitat de dos planetes

Nom	Mart	Terra
Edat	4,6 x 10 ⁹ anys	4,6 x 10 ⁹ anys
Diàmetre equatorial	6.786 km	12.756,3 km
Massa	6,421 x 10 ²⁶ g	5,976 x 10 ²⁷ g
Densitat mitjana	3,95 g/cm ³	5,52 g/cm ³
Inclinació de l'eix de rotació	25,2°	23,5°
Període de rotació (dia)	24,6 hores	23,9 hores
Període de translació (any)	686,98 dies	365,26 dies
Distància mitjana al Sol	227,94 x 10 ⁶ km	149,60 x 10 ⁶ km
Temperatura mitjana a la superfície	-55° C	+ 15° C
Pressió atmosfèrica a la superfície	7,1 hPa	1.013 hPa
Principals components de l'atmosfera	1,6% Ar, 95% CO ₂ , 0,03% H ₂ O, 2,7% N ₂ , 0,13% O ₂	0,93% Ar, 0,033% CO ₂ , 1% H ₂ O, 77% N ₂ , 21% O ₂

ACTIVITATS

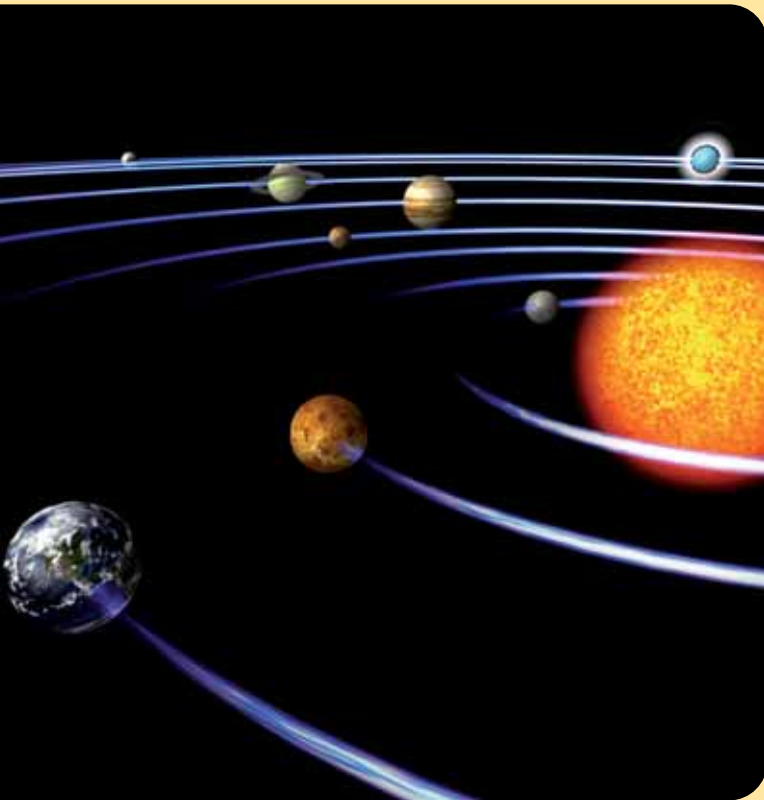
ESBRINA

La Terra es va formar fa uns 4.600 milions d'anys a partir d'un gran núvol de partícules de gasos i pols que girava sobre si mateix. Les partícules van anar ajuntant-se i al centre es va formar el Sol i els planetes del Sistema Solar.

- Com es diu la galàxia a la qual pertany el Sistema Solar?
- Quins són els astres o planetes que formen el Sistema Solar? Defineix els termes *planeta*, *satèl·lit* i *òrbita*.

Cerca i observa un mapa del Sistema Solar i situa la Terra i Mart.

- Quina distància hi ha entre ells?
- A quina distància es troben del Sol?
- Rep Mart la mateixa energia que la Terra? Per què?



CALCULA

Si haguessis nascut l'any 1990...

- Quina seria la teva edat terrestre?
- I la teva edat marciana?



RAONA

- Comprova si és cert que la durada d'un any (el temps que triga la Terra a fer una translació al voltant del Sol) augmenta a mesura que els planetes es troben més allunyats del Sol.
- Comprova si és cert que les dimensions dels planetes són més grans a mesura que es troben més allunyats del Sol.

SINTETITZA

- Quin nom rep la trajectòria que recorre un planeta al voltant del Sol?
- Quin nom rep el moviment que realitza la Terra i que dóna lloc a la successió dels dies i les nits?
- Cerca informació a Internet i esbrina per què Mart va rebre aquest nom.
- Esbrina també si les paraules *març* i *dimarts* deriven de Mart.

ACTIVITAT GEOLÒGICA INTERNA

Mart és un planeta força més petit que la Terra, de manera que el seu interior es va refredar més ràpidament.

Tots els processos interns (com ara el vulcanisme i una tectònica de plaques incipient) es van aturar fa molt de temps, i el planeta va morir, geològicament parlant. Queden alguns testimonis d'aquella antiga activitat interna, com ara alguns grans volcans (com l'*Olympus Mons*), una enorme falla de més de 6.000 km de longitud (el *Valles Marineris*) i la presència de dos hemisferis diferenciats que, potser, es van desplaçar l'un respecte de l'altre de manera semblant al que passa encara avui amb les plaques tectòniques terrestres.

ACTIVITAT GEOLÒGICA EXTERNA

Mart és, avui dia, un planeta sec.

Per tant, la geologia de la seva superfície és força semblant a la dels deserts de la Terra. Els estudis indiquen que la superfície del planeta està coberta de roques volcàniques i sedimentàries. Algunes d'aquestes formacions mostren evidències que, en temps remots, va existir aigua líquida a la superfície i, per tant, es van poder desenvolupar paisatges fluvials i costaners. Avui només resten els fòssils d'aquella superfície antiga, i la geomorfologia marciana està dominada per grans planes cobertes per sediments transportats pel vent, per camps de dunes i per deserts rocallosos.



LA GEOLOGIA MARCIANA
COMPARADA AMB LA TERRESTRE

ACTIVITAT GEOLÒGICA INTERNA

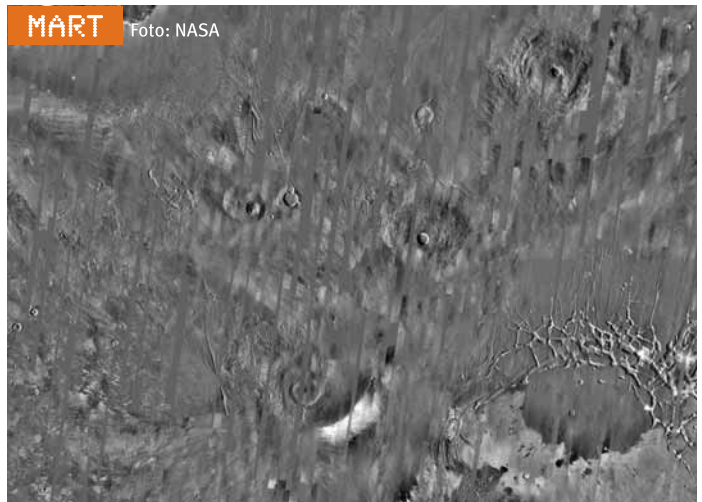
Tectònica

L'escorça de la Terra està dividida en nombroses plaques tectòniques que es mouen seguint la dinàmica interior del planeta. Això provoca l'aparició de cadenes de muntanyes, de zones d'intensa activitat sísmica, o d'alineacions d'illes volcàniques (com les Hawaii). Es creu que a Mart només es van moure entre si dues grans plaques. Això hauria donat origen a l'única expressió clarament visible de totes aquestes manifestacions de la tectònica de plaques. Es tracta de l'alineació de grans volcans a la regió de *Tharsis*, formats per erupcions de magma a través d'una gran placa en moviment.

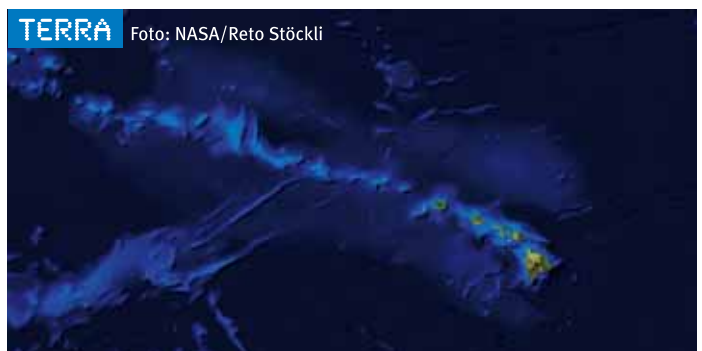
Vulcanisme

La diferència principal entre els volcans de la Terra i de Mart és la seva mida.

Els volcans de la regió de *Tharsis* són entre 10 i 100 vegades més grans que la mitjana dels terrestres. Les colades volcàniques a Mart també són molt més extenses que les de la Terra. Tot això es deu, probablement, als ritmes d'erupció més continus i a la menor atracció gravitatòria a Mart. Una de les raons per les quals es van poder formar volcans d'aquestes magnituds al planeta vermell és que les regions més calentes del mantell es mantingueren fixes respecte de la superfície durant centenars de milions d'anys.



Tres dels grans volcans de la regió de *Tharsis*: *Ascraeus Mons*, *Pavonis Mons* i *Arsia Mons* (de nord-est a sud-oest) es presenten alineats. Imatge infraroja del Mars Odyssey de la NASA. Les franges sense imatge són zones on encara no es disposa de dades d'aquest instrument.



Imatge de satèl·lit de l'arxipèlag de les Hawaii. El rosari d'illes volcàniques és fruit de les successives erupcions d'un punt calent fix al mantell terrestre, mentre la placa del Pacífic es va movent d'est a oest.



Caldera volcànica al cim de l'*Olympus Mons*, el volcà més alt del Sistema Solar. La caldera, amb un diàmetre de 70 km i una profunditat de 3 km, és fruit de l'enfonçament del terreny cada vegada que una erupció buida el magma de la cambra que hi ha sota.



Imatge de l'*Olympus Mons* obtinguda pel Viking 1 el 1978. Es tracta del volcà més gran del Sistema Solar, amb un diàmetre de 600 km i una alçada de 24 km sobre les planes circumdants.



Imatge de satèl·lit de l'illa de Tenerife, a les Canàries. Hi destaca la caldera volcànica de Las Cañadas del Teide, amb un diàmetre de 17 km, fruit del buidament de la cambra magmàtica en antigues erupcions. Més tard, es va aixecar a sobre el volcà que podem veure actualment.

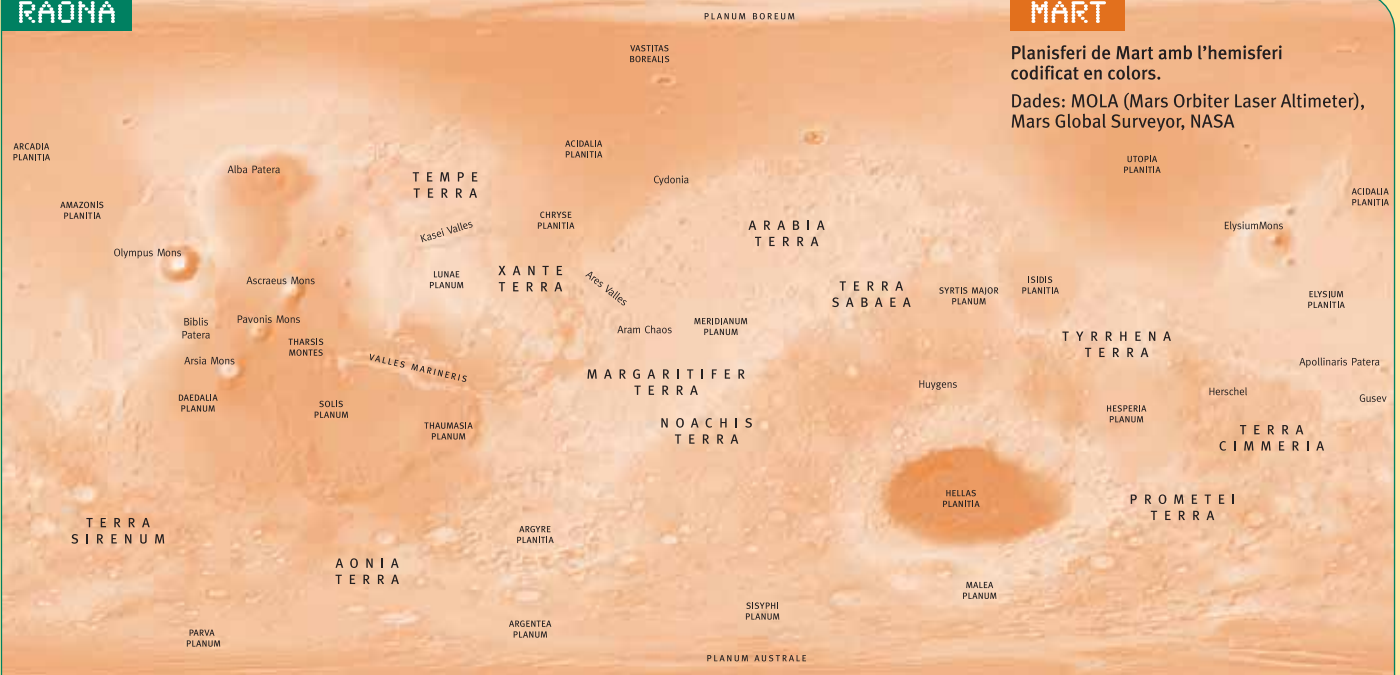
ACTIVITATS

RAONA

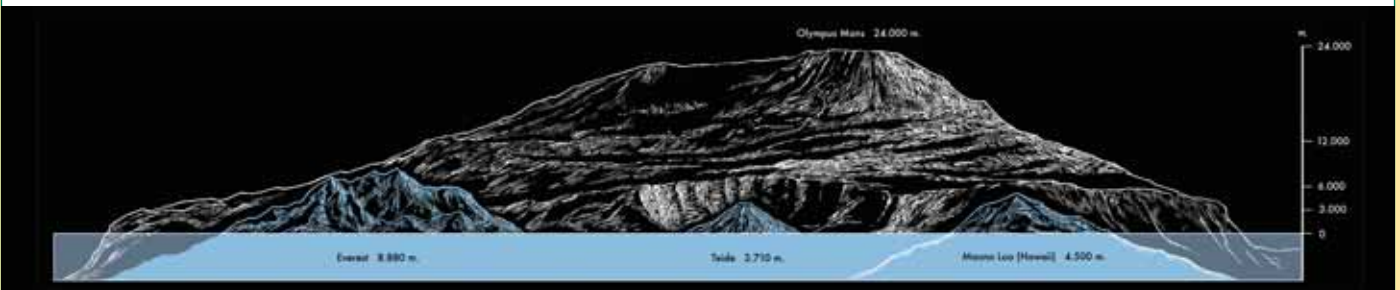
MART

Planisferi de Mart amb l'hemisferi codificat en colors.

Dades: MOLA (Mars Orbiter Laser Altimeter), Mars Global Surveyor, NASA

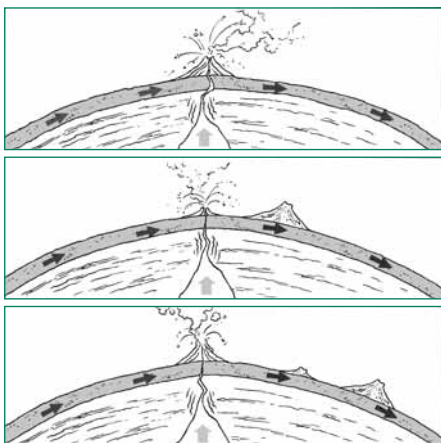


- A l'hemisferi nord marcià podem trobar l'*Olympus Mons*. Per què destaca aquest volcà sobre la resta dels que podem trobar al Sistema Solar?
- Situa'l a la imatge. És aquest l'únic volcà que podem trobar a Mart?
- On es troben situats els altres volcans? Són a la mateixa regió?



- Compara l'*Olympus Mons* amb les muntanyes terrestres que apareixen representades. Calcula quin tant per cent és més gran.

SINTETITZA



- Mart és considerat un planeta mort, des del punt de vista geològic intern. Quins processos tenen lloc a la Terra que fan que aquesta tingui vida?
- Com es formen els volcans i les cadenes muntanyoses?
- El moviment de les plaques tectòniques causa estralls en el paisatge d'un planeta. Pot causar formacions noves?
- Què succeeix quan dues plaques tectòniques xoquen entre elles? I quan se separen?
- Quina relació hi ha entre les plaques tectòniques, els terratrèmols i els volcans?

Sedimentació

Les imatges d'alta resolució obtingudes per les diferents sondes espacials enviades al planeta Mart mostren l'existència de laminacions i de capes paral·leles en els paisatges marcians. Tot i que en molts casos aquesta disposició podria ser deguda a fenòmens volcànics, alguns d'aquests estrats són inequívocament d'origen sedimentari. La seva interpretació revela l'existència passada d'ambients on l'aigua i el vent transportaven i dipositaven materials procedents de diferents indrets del planeta.

D'aquesta manera, es poden identificar les restes d'antics deltes, llacs i platges.

Dunes i ripples

Les dunes són presents arreu de la superfície de Mart, tal com passa als deserts de la Terra.

Es pot dir que els mecanismes que formen les dunes a l'un i l'altre planeta són idèntics.

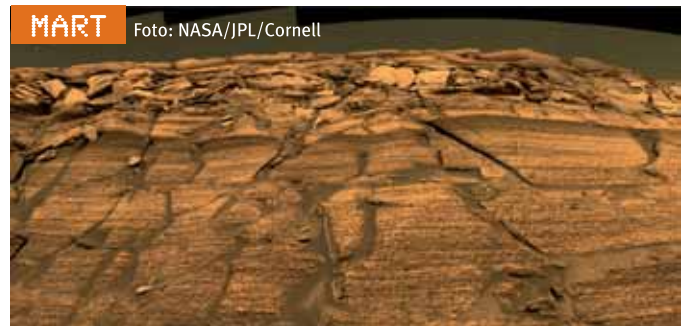
Es necessiten tres factors principals:

- » un subministrament continu de sorra,
- » velocitats del vent capaces de moure-la,
- » i un lloc ideal perquè s'hi acumuli.

Les baixes temperatures (amb la possible presència de gel subterrani) fan que el moviment de les dunes marcianes sigui, generalment, molt més lent que el de les de la Terra.



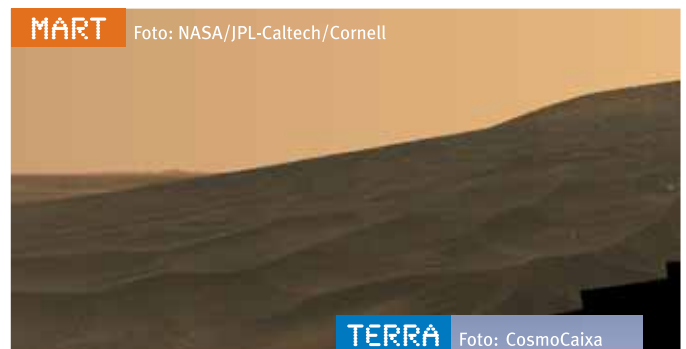
Roca volcànica fotografiada a Mart pel rover Spirit. Es tracta d'una roca basàltica amb vesícules molt similar a les que es produeixen a la Terra en refredar-se la lava.



Estrats sedimentaris a l'interior del cràter Endurance fotografiats pel rover Opportunity. La disposició dels estrats es pot explicar per l'acció de l'aigua o del vent, mentre que les diferències entre els estrats superiors i els inferiors s'expliquen per l'acció d'aigües àcides superficials (platges) o subterrànies.



Guixos laminats del Keuper, prop de La Pobla de Lillet. Aquests sediments són d'origen evaporític, és a dir, es van depositar en un mar de baixa profunditat durant el Triàsic superior (Keuper), ara fa entre 205 i 227 milions d'anys, una època en què aquesta zona de Catalunya era ocupada per un mar.



Panoràmica d'un camp de dunes i ripples obtinguda pel rover Spirit a l'interior del cràter Gusev. Es tracta d'un fotomuntatge que abraça un angle de 160 graus.



Gran duna al desert del Sàhara (Merzouga, Marroc).

Sabies que...

Fins i tot en latituds properes als pols marcians s'observen enormes camps de dunes, preferentment situades al fons de cràters d'impacte.

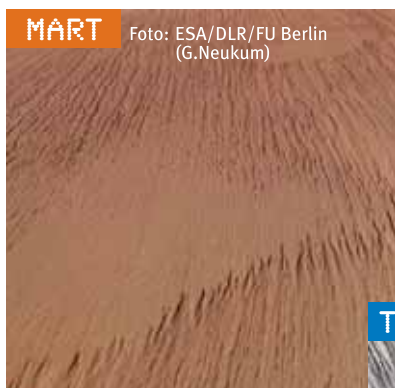
Erosió

La superfície de Mart és plena de signes d'erosió. Actualment, el vent és, sens dubte, l'agent erosiu més important. Però la recerca geològica marciana, tant des de l'òrbita com des de la superfície, ha posat de manifest que en èpoques llunyanes, fa més de 2.000 milions d'anys, la disponibilitat d'aigua líquida va provocar inundacions catastròfiques que van canviar l'aparença de milers de quilòmetres quadrats en períodes de temps molt curts (potser fins i tot unes poques setmanes). Els cràters de gairebé tot un hemisferi van ser esborrats per l'acció de les aigües.

Certament, Mart s'assemblava molt a la Terra en temps passats.

Efectes abrasius del vent

Les naus que han aterrat a zones planes de Mart han mesurat vents nocturns d'uns 10 km/h, que poden arribar fins als 30 km/h al migdia. Però, prop dels escarpaments muntanyosos, les velocitats poden arribar als 80 km/h. En algunes tempestes locals, s'han observat vents huracanats de fins a 180 km/h. I és possible que a les regions polars, on hi ha grans variacions de la pressió atmosfèrica, els vents assoleixin els 300 km/h. Com que l'aire marcià és ple de partícules de pols i de sorra d'una mida entre 0,1 i 5 mm, es pot assegurar que **les roques marcianes estan sotmeses a un intens procés d'abrasió.**



Yardangs fotografiats a Mart per la sonda Mars Express. Aquestes estructures es formen quan el vent, carregat de sorra i bufant gairebé sempre en una mateixa direcció, va llimant les parts més toves de les roques.

Aquestes estructures situades a la Conca de Lut, a l'Iran, s'interpreten com a *yardangs* excavats sobre estrats d'argiles i sorres calcàries per un vent fort i regular que bufa en direcció NNW-SSE.



Detall d'una forma d'erosió a la plana d'inundació de Cydonia. Es creu que la seva forma arrodonida i la suavitat dels relleus circumdants es produeixen a causa de l'acció erosiva de l'aigua. Aquesta imatge, a baixa resolució, sembla tenir forma de cara. Mireu-la amb els ulls mig aclucats.



L'atzar de l'erosió o del vent poden donar forma de cara a un còdol. El palet es va trobar en el riu Pedret, a Berga.

Sabies que...

Existeix un camp de dunes al Perú que en algunes imatges de satèl·lit apareix una cara.

Hematites

L'hematites és un òxid de ferro i un dels pocs, entre els minerals trobats a Mart, que poden estar directament relacionats amb processos en els quals ha intervingut l'aigua líquida.

Algunes imatges de Mart mostren quantitats importants de boles d'òxid de ferro sorprenentment semblants a les boles d'hematites que es troben al desert de l'estat de Utah, als EUA. A la Terra, aquests nòduls es formen com a resultat de la filtració d'aigua a través de sediments compactats, transportant en dissolució el ferro que més tard formarà les concrecions arrodonides.

Sabies que...

• Els minerals marcians són d'origen majoritàriament volcànic.

MART

Foto: NASA/JPL/Cornell



Les fotos transmeses pel rover Opportunity mostren grans extensions d'estrats, que tenen un origen possiblement evaporític, cobertes de petites esferes d'hematites, un òxid de ferro que generalment necessita la presència d'aigua per formar-se.

TERRA

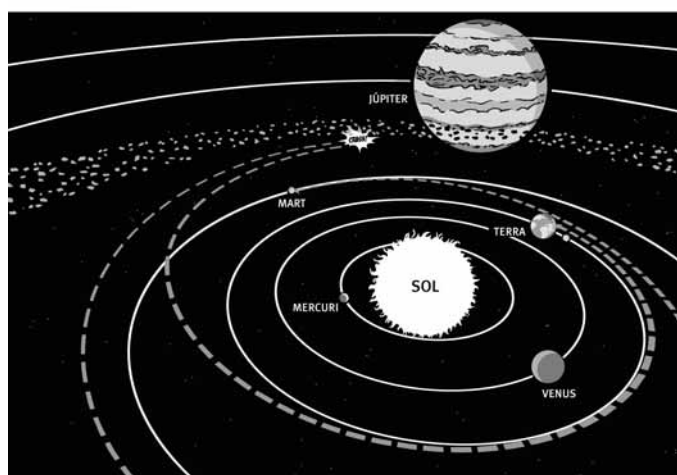
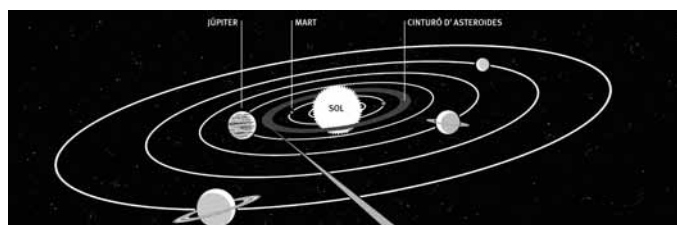
Foto: Brenda Beitle, University of Utah



Als deserts del sud de l'estat de Utah, als EUA, es troben aquestes concrecions d'hematites en grans quantitats, molt semblants a les que s'han trobat a Mart. S'han format gràcies a la circulació d'aigua a través de roques sorrenques molt poroses.

Meteorits

Cada any milers de tones de material extraterrestre cauen sobre la superfície de la Terra (i la dels altres planetes) en forma de meteorits i de partícules de pols. Són les restes del procés d'acreció (acumulació) que va donar origen als planetes ara fa prop de 4.600 milions d'anys.



Entre les diferents classes de meteorits, els metàl·lics (formats per aliatges de ferro i níquel) són els més fàcilment distingibles de les roques del seu voltant. A la Terra els meteorits de ferro-níquel es degraden amb certa rapidesa a causa de la presència d'aigua, però en un planeta sec com Mart poden mantenir-se gairebé intactes durant molt de temps.

MART

Foto: NASA/IPL



El rover Opportunity va aterrar, casualment, molt a prop d'aquest meteorit de ferro-níquel, el primer trobat a la superfície de Mart. Ha arribat a Mart procedent del cinturó d'asteroides, igual que els que es troben a la Sala de la Matèria de CosmoCaixa, els quals tenen la mateixa composició.

TERRA

Foto: Lourdes Sogas



Meteorit de Hoba, a Namàbia, el més gran trobat a la superfície de la Terra. És de ferro-níquel i pesa 60.000 kg. Es troba encara al lloc on va caure. El 1987 es va construir una protecció al seu voltant per evitar el vandalisme.

SINTETITZA

- Quins són els agents externs que intervenen en el modelatge del relleu?
- Quin d'ells creus que és el que més erosiona? Sobre quines formes actua?
- Quina feina realitza el vent sobre el relleu? Té la suficient força per transformar les estructures geològiques externes?
- Explica què és una duna. Com es formen?
- El mecanisme de formació de les dunes és igual en els dos planetes?

Els dipòsits sedimentaris són els llocs on els fòssils del nostre planeta deixen registres, de manera que també a Mart podríem trobar-los.

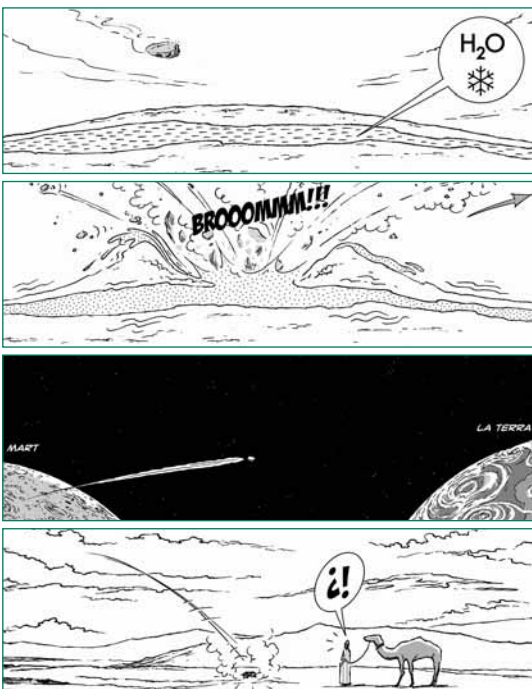
- Quins fenòmens naturals provoquen que materials procedents d'un lloc puguin ser trobats a un altre situat a gran distància?
- On creus que seria més fàcil localitzar-los, a les zones més càlides o a les zones més extremes? Per què?
- Podríem trobar restes de minerals a les roques sedimentàries?
- Aquests minerals ens podrien ajudar a saber si hi va existir aigua? I si era dolça o salada?

IMAGINA

L'energia eòlica és la que s'obté del vent, és a dir, l'energia cinètica generada gràcies als corrents d'aire i que és transformada en altres formes útils per a l'activitat humana.

- Penses que els vents que hi ha a Mart es podrien utilitzar i transformar-se en energia eòlica? Amb quina finalitat?
- Podríem fer-la servir com a font de llum elèctrica constant en una futura base?

RAONA



- Què és un meteorit? D'on procedeixen?
- En impactar amb la superfície sòlida d'un planeta, el meteorit deixa una empremta en aquesta coneguda com a “cràter d'impacte”.
- Quines modificacions pot causar en el paisatge?
- Es poden crear noves formacions en el terreny? Pensa un exemple.

- Quins agents externs provoquen l'erosió?
- L'erosió pot ser causada per factors naturals o per l'actuació de l'home i les seves activitats. Com modifica l'home aquest procés?
- Quina creus que és l'erosió més agressiva per a un planeta: la causada per agents naturals o per l'acció de l'home?

Foto: ESA/DLR/FU Berlin (G.Neukum)



LA CLIMATOLOGIA MARCIANA COMPARADA AMB LA TERRESTRE

METEOROLOGIA

Mart i la Terra tenen períodes de rotació molt semblants, i els dos reaccionen de la mateixa manera davant els cicles diaris d'escalfament i refredament.

Els dos factors principals que distingeixen l'atmosfera de Mart de la de la Terra són l'existència de grans quantitats de pols en suspensió que donen a l'horitzó de Mart una lluminositat rogenca, i el fet que l'atmosfera marciana arribi a temperatures tan baixes en alguns indrets que fins i tot el seu component principal (CO_2) es pot congelar i caure sobre la superfície (imaginem què passaria si a la Terra hi nevés nitrogen!)

MART 31 de juliol de 2008



El vent bufa i la pols pot arribar a cobrir tot el planeta.

METEOROLOGIA

Tempestes de pols

Les tempestes de pols a Mart, per grans que siguin (i poden arribar a cobrir tot el planeta!), es produeixen a causa de l'escalfament de la seva superfície per la radiació solar.

Tot i que la distància de Mart al Sol sigui prop del doble que la de la Terra, la radiació solar escalfa prou per fer moure l'aire i aixecar grans quantitats de pols. Atès que l'atmosfera marciana és molt tènue (unes cent vegades menys densa que la terrestre) només les partícules més fines romanen en suspensió. Aquestes partícules són força reflectants, de manera que les tempestes són de colors clars, fàcilment observables des de la Terra fins i tot amb telescopis d'*amateur*.

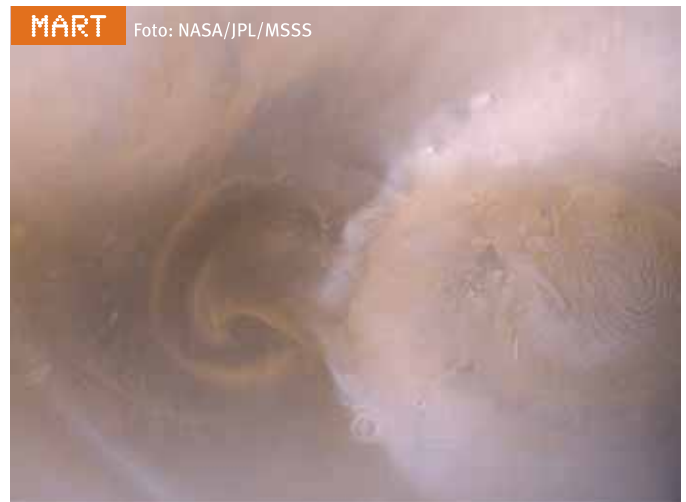
Remolins

Remolins de pols que s'originen de la mateixa manera que ho fan als deserts de la Terra travessen constantment la superfície de Mart.

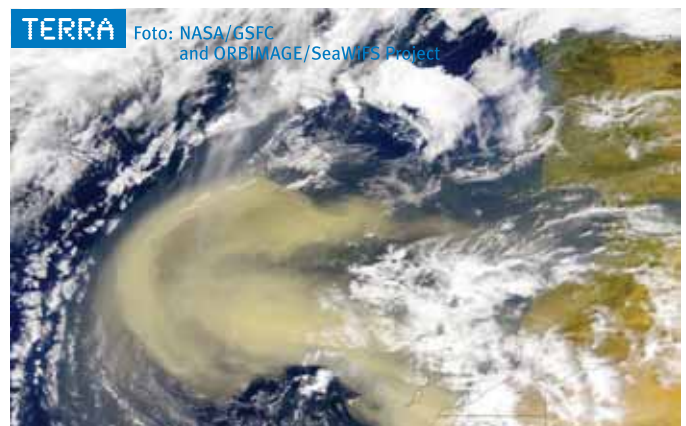
Es necessita un fort escalfament de la superfície, de manera que el terra estigui més calent que l'aire que té a sobre. A l'estiu marcià, durant el dia, les temperatures poden arribar als 20 graus centígrads positius. Aleshores, l'aire calent proper al terra puja i comença a girar cada vegada més de pressa, de manera que és capaç d'aixecar sorra. La sorra escombra el terra i la columna central d'aire manté en suspensió una pols molt fina que fa visible el remolí.



El rover Spirit, que va aterrar a l'interior del cràter Gusev, ha fotografiat dotzenes de petits remolins. El més important (foto gran) té un diàmetre de 90 m i una alçada de 275 m.



Una gran tempesta de pols s'estén al llarg de 900 km a partir del pol nord de Mart (a la dreta). Aquestes tempestes es produeixen per l'increment de pressió atmosfèrica causada per la sublimació del diòxid de carboni (visible en forma de gel a la foto) durant la primavera marciana.



Una gran tempesta de pols s'estén al llarg de 1.800 km a partir de la costa del NW d'Àfrica. En aquesta zona del planeta els vents dominants poden transportar la pols des del desert del Sàhara fins a les costes americanes.



Als deserts de la Terra són molt habituals els remolins de pols com aquest, fotografiat al desert de Namíbia.

ACTIVITATS

ESBRINA

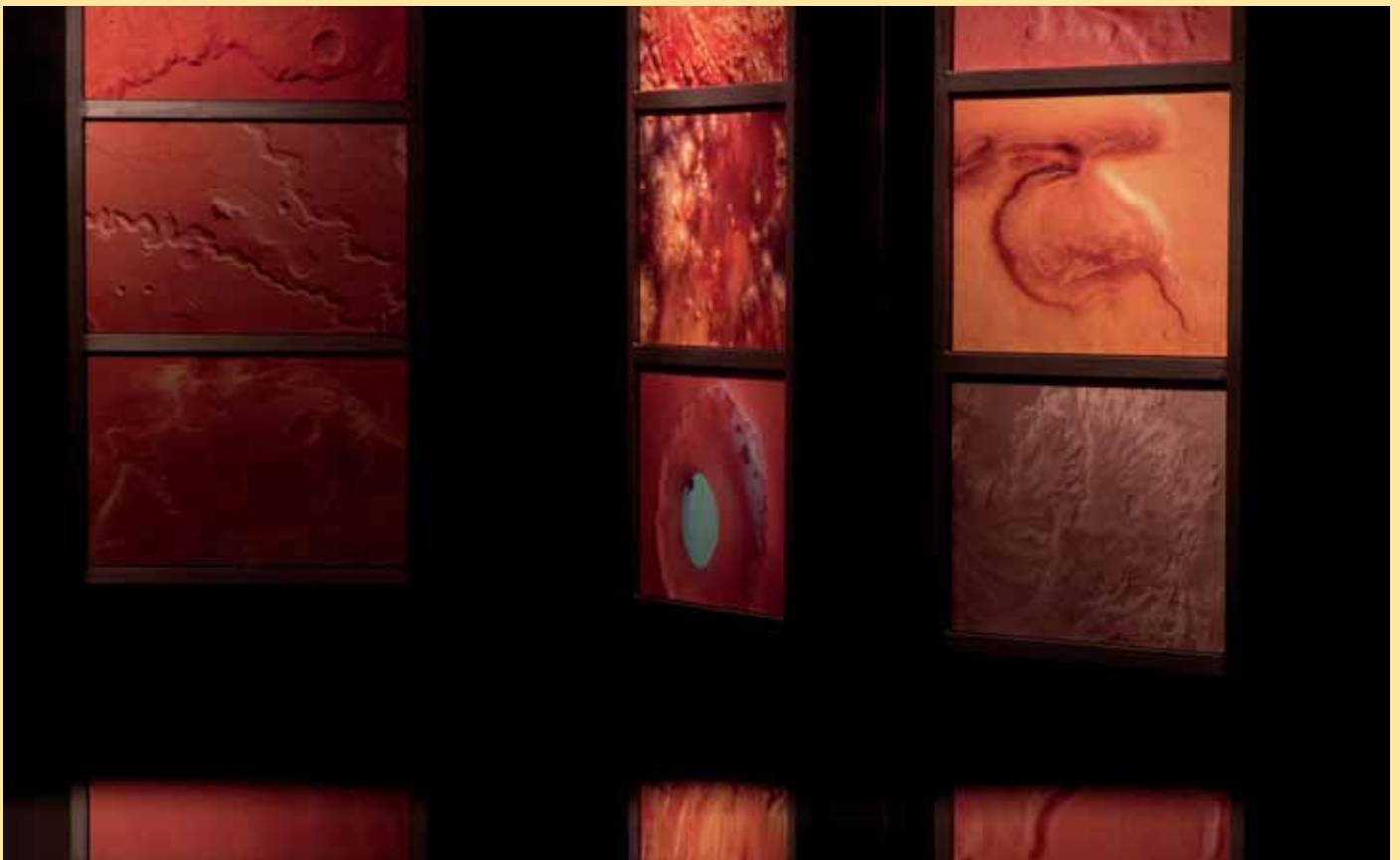
- Què és l'atmosfera? En quantes capes es divideix?
- Quina funció té l'atmosfera per a la vida sobre la Terra?
- L'atmosfera terrestre és igual que l'atmosfera marciana?

SINTETITZA

- Què és el vent? Com s'origina?
- Quins fenòmens meteorològics caracteritzen les tempestes marcianes?

Les tempestes de pols, tant a la Terra com a Mart, es produeixen més freqüentment a les zones desèrtiques, àrides o semiàrides.

- Podem trobar restes d'una tempesta de pols a milers de quilòmetres de distància?
- Les fortes tempestes que es produeixen a Mart poden arribar a cobrir tot el planeta? Quina és la causa que les origina?
- Mart té una atmosfera seca i sense aigua líquida. Creus que pot patir tempestes elèctriques?



SOBRE LA PRESENCIA D'AIGUA

Actualment, no hi ha aigua líquida de manera continuada a la superfície marciana, ja que la pressió atmosfèrica és massa baixa i s'evapora immediatament. Hom creu, però, que fa uns 3.800 milions d'anys, una bona part del diòxid de carboni, avui present als pols en forma de gel, es trobava en forma gasosa a l'atmosfera, de manera que la pressió era suficient per permetre l'existència de rius, torrenteres i, fins i tot, un oceà.

Moltes de les formes geològiques que es veuen a la superfície, avui totalment seca, així ho testimonien. La gran pregunta, però, roman: **per què es va assecar Mart?**



MART 10 de juliol de 2001



UNA ANATOMIA COMPARADA

Xarxes hidrogràfiques

Moltes de les xarxes de valls que es veuen a la superfície de Mart són força semblants a les que es veuen a la Terra. Aquestes han estat ocasionades per l'erosió causada pels rius.

Des del seu descobriment a començaments dels anys setanta en algunes fotografies de la sonda Mariner 9, s'ha especulat molt sobre el seu origen. No es pot descartar que ara fa milers de milions d'anys pogués haver-hi rius, o com a mínim torrenteres estacionals, amb capacitat per erosionar el substrat rocós i donar lloc a l'aparició de les xarxes de canals tributaris que tant ens recorden les de la Terra.

Aigua subterrània

Encara que l'aigua líquida no és estable a la superfície marciana actual, es creu que a alguns centenars de metres les condicions de pressió i temperatura poden permetre l'existència i conservació de llacs o rius subterranis.

En determinades condicions podrien aflorar a la superfície formant torrenteres de curta durada, potser fins i tot en l'actualitat. Intentar trobar aquests aqüífers subterranis és una de les missions principals de l'instrument anomenat *Radar de penetració del subsòl* a bord de la nau Mars Express, de l'Agència Espacial Europea.



MART Foto: NASA/JPL/MSSS

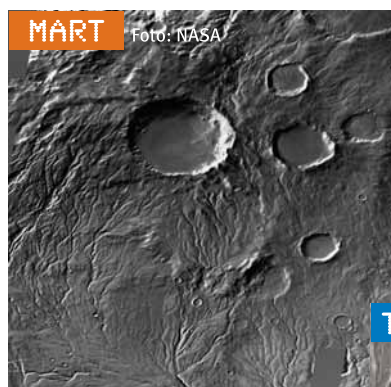
Aquestes torrenteres a l'interior d'un cràter d'impacte a Mart s'originen totes a un mateix nivell, cosa que fa pensar que s'han format per la sortida a l'exterior d'aigües subterranies. Aquests esdeveniments podrien haver passat en temps recents, geològicament parlant.



TERRA

Foto: NASA/GSFC/MITI/ERSDAC/JAROS, and U.S./Japan ASTER Science Team

Formes torrencials baixant de les muntanyes al SW de la Xina. En aquest cas es tracta d'aigües de pluja.



MART Foto: NASA

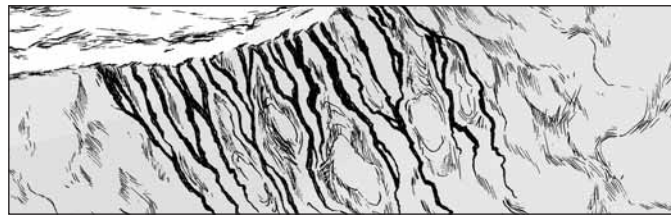
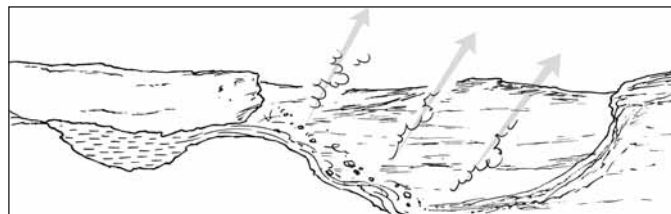
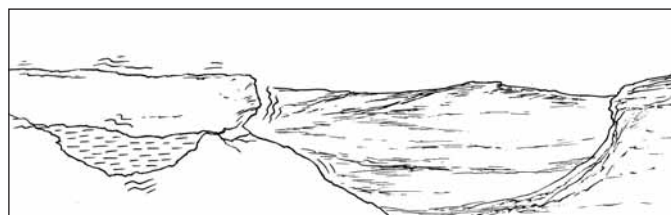
Aquestes xarxes de drenatge en forma dendrítica semblen haver estat excavades per aigua que corria sobre la superfície de Mart. Les condicions en les quals es va produir aquest procés són objecte de controvèrsia.



Foto: NASA/GSFC/MITI/ERSDAC/JAROS, and U.S./Japan ASTER Science Team

Foto de satèl·lit de les muntanyes de la serralada de Tibesti, al Chad, on es veu una xarxa de canals tributaris.

Sabies que...
És possible que una part dels antics rius i de l'oceà marcí es trobin avui en forma d'aigua subterrània.



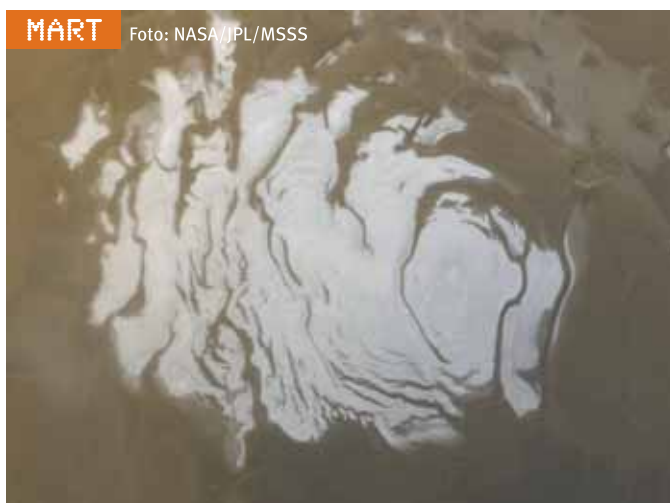
A Mart es podrien haver format reserves d'aigua subterrània que els moviments del terreny haurien comunicat amb l'exterior, originant la sortida sobtada i breu de l'aigua en forma de torrenteres.

Casquets polars

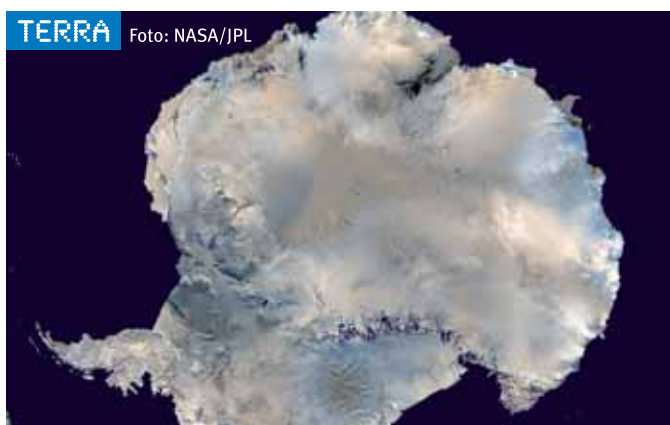
Com la Terra, Mart té dos casquets polars fets de gel, les dimensions dels quals canvien seguint el ritme de les estacions.

Els gels del pol nord són fonamentalment d'aigua, mentre que els del pol sud semblen estar formats per una barreja de gels d'aigua i de diòxid de carboni. A l'hivern marcjà, ambdós pols queden recoberts d'una fina capa de diòxid de carboni congelat, que fa augmentar molt la seva extensió. A l'estiu, el diòxid de carboni se sublima (passa directament a vapor), de manera que contribueix a augmentar lleugerament la pressió atmosfèrica global del planeta.

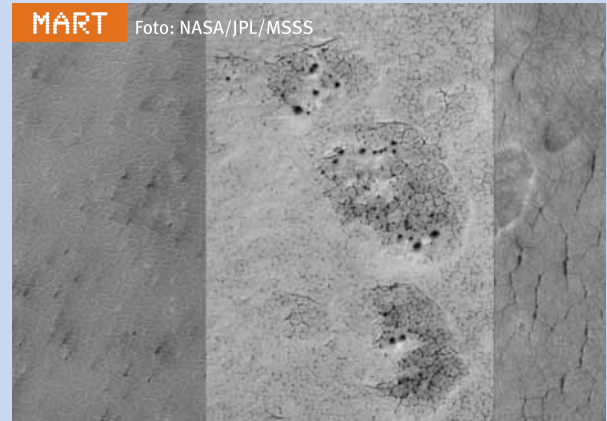
L'augment local de pressió és, de fet, molt important i és una de les causes de les grans tempestes de pols.



Casquet polar sud de Mart. La foto mostra el casquet residual permanent durant l'estiu local marcjà. A la primavera i l'hivern tota l'àrea estaria coberta de gel. Tot i ser estiu, la temperatura és prou baixa (-125°C) perquè el gel sigui de diòxid de carboni.



Fotografia de satèl·lit de l'Antàrtida, el casquet polar sud de la Terra, a l'estiu local. Els casquets polars terrestres estan compostos per gel d'aigua.



Els terrenys amb aquestes estructures poligonals són molt freqüents a Mart. Es produeixen a causa de les tensions produïdes en els gels subterranis pels cicles de congelació i fusió del gel proper a la superfície. Aquesta mena de terrenys gelats s'anomenen *permafrost*.

Gel subterrani

L'existència de sediments fluïdificats al voltant dels cràters de més de 5 km de diàmetre suggereix que per sota de la superfície de Mart pot haver-hi aigua líquida, o bé gel que es va fondre com a conseqüència de l'impacte. A més, els estudis dels ambients sedimentaris de les latituds més properes als pols, basats en l'anàlisi d'imatges d'alta resolució de la superfície en diferents èpoques de l'any marcjà, han proporcionat evidències de l'existència de gel molt a prop de la superfície (potser tan sols a uns quants metres).

Aquest gel subterrani es coneix a la Terra com a *permafrost* i és comú a les regions àrtiques i fredes del nostre planeta.



A les regions àrtiques de la Terra, on hi ha zones amb el sòl permanentment gelat (*permafrost*), són freqüents els terrenys amb estructures poligonals.

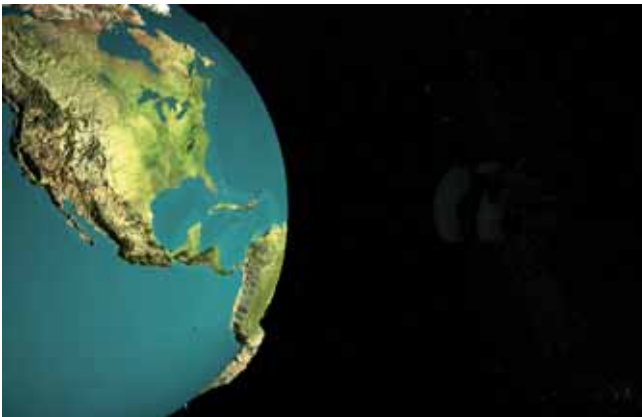
SINTETITZA

- Quines diferències es poden observar entre els casquets polars marcians i els terrestres?
- Enumera les evidències que has après i que demostren que va existir aigua líquida a la superfície de Mart.
- Per què creus que es va assecar Mart? Penses que pot existir aigua subterrània?
- Podria aflorar aigua líquida a la superfície sota determinades condicions? Pensa un exemple.

A la Terra podem trobar aigua marina o salada, aigua dolça i aigua en estat sòlid (casquets polars, icebergs...).

- Com creus que seria l'aigua que possiblement existeix a Mart?

RAONA



- La Terra és coneguda amb el nom de Planeta Blau. Per què?



- Mart és conegut amb el nom de Planeta Vermell. Per què?



Mart és molt més petit que la Terra, però l'àrea de la seva superfície és igual que la superfície emergida de la Terra.

- Per què? Raona la teva resposta.

ACTIVITATS

RAONA

- Els dies a Mart són més llargs o més curts?
- Mart, igual que la Terra, té canvi d'estacions, però la seva durada és la mateixa?
- Quin moviment del planeta és responsable dels canvis d'estacions?
- Què és un núvol? Com es forma? Què ha de passar en aquest núvol perquè hi hagi precipitacions?
- Per què no plou a Mart?
- Creus que a les roques sedimentàries podríem trobar informació que ens ajudi a confirmar si hi va existir aigua?
- Les restes a la composició dels minerals podrien també facilitar informació?

ESBRINA

- Què signifiquen les següents abreviatures, fórmules químiques...? Et donem algunes pistes que poden ajudar-te.

Pa (unitat de pressió)	Ar	Fe
Ma (unitat de temps)	CO ₂	Ni
BP (escala de temps)	H ₂ O	g
°C (escala de temperatura)	N ₂	cm
km (unitat de longitud)	O ₂	

- Esbrina si els següents elements geològics són volcans, falles o cràters i si pertanyen a Mart o a la Terra. Et facilitem un exemple.
 - Azuara · Isidis · San Andrés · Arsia Mons · Olympica Fossae · Vredefort · Cerberus Fossae · Argyre · Alhama · Chinyero · Ascraeus Mons · Maladeta · Acheron Fossae · Hellas · Rochechouart-Chassenon · San Ramón ·

Mart	Element geològic
Pavonis Mons	Volcà
	Volcà
	Volcà
	Falla
	Falla
	Falla
	Cràter
	Cràter
	Cràter

Terra	Element geològic
Teneguía	Volcà
	Volcà
	Volcà
	Falla
	Falla
	Falla
	Cràter
	Cràter
	Cràter

CONCLUSIÓ

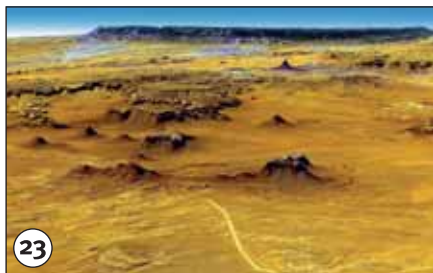
- Creus que entre Mart i la Terra hi ha més semblances o més diferències? Enumera'n les principals.

On s'ha pres cadascuna d'aquestes imatges?

A Mart o a la Terra? La resposta la trobaràs al final de les imatges.



U.S./Japan ASTER Science Team. **16** **MART.** Camp de dunes, amb una alçada d'1 m, a l'interior del cràter Endurance. Cerquen-les en una de les fotos panoràmiques. Foto: NASA/JPL/Cornell. **17** **MART.** Panoràma des del cim de Husband Hill, un turó de 100 m d'alçada, obtingut pel rover Spirit. Foto: NASA/JPL-Caltech/Cornell. **18** **TERRA.** Con de dejecció dels Monts Zagros a Iran. Foto: NASA/GSFC/MITI/ERSDAC/JAROS, and U.S./Japan ASTER Science Team. **19** **TERRA.** Depositions salines al Salar d'Atacama (Xile). Si fos a Mart, seria una prova molt contundent en favor de la presència d'aigua. Foto: Raimon Reginaldo. **20** **MART.** Plana volcànica fotografiada pel rover Spirit. Els turons del fons han rebut el nom de Columbia Hills del Sahara (Merzouga, Marroc). Foto: Raimon Reginaldo. **23** **TERRA.** Foto de satèl·lit de Monument Valley (Arizona/Utah, EUA). Es veuen les carreteres i els edificis. Foto: NASA/GSFC/MITI/ERSDAC/JAROS, and U.S./Japan ASTER Science Team. **24** **MART.** Aquestes bandes s'originen quan el vent troba un obstacle, darrere el qual s'acumula la sorra més clara. Foto: NASA/JPL.



1) MART. Foto obtinguda pel rover Spirit a l'interior del cràter Gusev. Es podria tractar d'una plana al·luvial. 2) TERRA. Foto de satèl·lit del desert de Namibia. Es veu el cràter d'impacte Roter-Kamm, de 25 km de diàmetre. Foto: NASA-Johnson Space Center. 3) MART. Interior del cràter Endurance fotografat pel rover Opportunity. El trobareu a altres llocs de l'exposició. Foto: NASA/JPL/Cornell. 4) MART. Posta de sol fotografiada pel rover Spirit. La resplendor blavosa a prop del Sol és real. El diàmetre aparent del Sol és 2/3 del que es veu des de la Terra. Foto: NASA/JPL/Cornell. 5) TERRA. Altiplà produït per desplaçaments tectònics al desert del Sahara (prop d'Ouarzazate, Marroc). Foto: Raimon Reginaldo. Foto: NASA-Johnson Space Center. 6) MART. Rocques basàltiques al cràter Gusev fotografades pel rover Spirit. Foto: NASA/JPL. 7) TERRA. Foto de satèl·lit del Grand Canyon del Colorado (Arizona/Utah, EUA). Foto: NASA/JPL/Cornell. 8) TERRA. Desert rocós al Sahara (Marzoug, Líbia). Foto: Carles Schnabel. 9) MART. Altiplans excavats per l'aigua que s'aixequen 2 km per sobre de la plana circumdant. Foto: ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum). 10) TERRA. Bandes fosques originades pel vent en trobar un obstacle. Zona volcànica d'Amboy (Desert Mojave, Califòrnia, EUA). Foto: U.S. Geological Survey. 11) TERRA. Vall de la Lluna al desert d'Atacama, Xile, el lloc més àrid de la Terra. No s'hi veu cap resta orgànica. Les sals blanques són evidència d'extrema aridesa. Foto: Joaquim Ribalta. 12) MART. Mar de dunes i núvols fotografiats pel rover Opportunity. Els núvols són de cristalls de gel d'aigua i de diòxid de carboni. Foto: NASA/JPL/Cornell. 13) TERRA. Grans ripples al desert del Sahara (prop de Nefra, Tunís). El martell no admet dubtes que és a la Terra. Foto: Gian Gabriele Ori. 14) MART. Rocques

Termes principals

- Aigua** » Substància formada per dos àtoms d'hidrogen i un d'oxigen (H₂O). És essencial per a la supervivència de totes les formes conegudes de vida. En el seu ús més comú, amb *aigua* ens referim a la substància en el seu estat líquid, però aquesta pot trobar-se en forma sòlida (*gel*) i en forma gasosa, a la qual anomenem *vapor*.
- Aire** » Barreja de gasos que constitueixen l'atmosfera terrestre i que romanen al voltant de la Terra per l'acció de la força de gravetat. L'aire és essencial per a la vida al planeta. És particularment delicat i està compost en proporcions lleugerament variables per substàncies com ara nitrogen (78%), oxigen (21%), vapor d'aigua (variable entre 0-7%), ozó, diòxid de carboni, hidrogen i d'altres gasos nobles com el criptó o l'argó, és a dir, un 1% d'altres substàncies.
- Atmosfera** » Capa de gas que pot envoltar un cos celeste amb la suficient massa com per atreure'l, si a més la temperatura atmosfèrica és baixa.
- Duna** » Acumulació de sorra, en els deserts o el litoral, generada pel vent, per la qual cosa posseeix unes capes suaus i uniformes. Pot ser produïda per canvis en el vent o per variacions en la quantitat de sorra.
- Erosió** » Procés de sostracció o desgast de la roca del sòl intacte (roca mare) per l'acció de processos geològics exògens, com els corrents superficials d'aigua o gel glacial, el vent, els canvis de temperatura o l'acció dels éssers vius.
- Gel** » Aigua sòlida cristal·litzada, congelada. És un dels tres estats naturals de l'aigua.
- Geologia** » Ciència que estudia la forma interior del globus terrestre, la matèria que el compon, el seu mecanisme de formació, els canvis o alteracions que aquest ha experimentat des del seu origen, i la textura i estructura que té en l'actual estat.
- Hidrologia** » Ciència geogràfica que es dedica a l'estudi de la distribució, espacial i temporal, i de les propietats de l'aigua present a l'atmosfera i a l'escorça terrestre. Inclou les precipitacions, l'escorrentia, la humitat del sòl, l'evapotranspiració i l'equilibri de les masses glaceres.
- Hidrosfera** » Sistema material constituït per l'aigua que es troba sota la superfície de la Terra i sobre aquesta. L'aigua que conforma la hidrosfera es reparteix entre diversos compartiments: oceans, glaceres, escorrentia superficial, aigua subterrània, atmosfera en forma de núvols i biosfera.
- Mart** » Conegut de vegades com el Planeta Vermell, és el quart del Sistema Solar. Forma part dels anomenats planetes tel·lúrics (de constitució rocallosa, com la Terra) i és el planeta interior més allunyat del Sol. És, en molts aspectes, el més semblant a la Terra.
- Meteorit** » Cos celeste petit (meteoroides) que assoleix la superfície de la Terra, ja que que no es desintegra per complet a l'atmosfera. En entrar en contacte amb aquesta, la fricció amb l'aire causa que el meteoroides es calenti i entri en ignició emetent llum i formant un meteor, bola de foc o estel fugaç.
- Meteorologia** » Ciència interdisciplinària que estudia l'estat del temps, el medi atmosfèric, els fenòmens produïts i les lleis que el regeixen.
- Mineral** » Substància natural, homogènia, d'origen inorgànic, de composició química definida (dins de certs límits). Posseeix unes propietats característiques i, generalment, té l'estructura d'un vidre (forma cristal·lina).

- Òrbita** » Trajectòria que, en l'espai, recorre un cos sotmès a l'acció gravitatòria exercida pels astres.
- Planeta** » Cos celeste que té suficient massa com perquè la seva gravetat superi les forces del cos rígid, de manera que assumeixi una forma en equilibri hidrostàtic (pràcticament esfèrica). Segons aquesta definició, el Sistema Solar consta de vuit planetes: Mercuri, Venus, la Terra, Mart, Júpiter, Saturn, Urà i Neptú.
- Remolí** » Moviment giratori i ràpid d'un fluid com, per exemple, l'aire, l'aigua, la pols i el fum.
- Roca** » Qualsevol material d'origen natural i orgànic constituït per diversos minerals, la composició química dels quals no és definida.
- Rotació** » Moviment d'un planeta al voltant d'un eix imaginari.
- Satèl·lit** » Cos celeste opac que només brilla per la llum reflexa del Sol i que gira al voltant d'un planeta primari.
- Sedimentació** » Procés pel qual el material sòlid, transportat per un corrent d'aigua, es diposita en el fons del riu, embassament, canal artificial, o dispositiu construït especialment per a tal fi. Qualsevol corrent caracteritzat d'aigua pel seu cabal, tirant d'aigua, velocitat i forma de la secció, té una capacitat de transportar material sòlid en suspensió. El canvi d'algunes d'aquestes característiques del corrent pot fer que el material transportat se sedimenti o que el material existent en el fons o marges del curs sigui erosionat.
- Sol** » Estel nan groc de tipus espectral G2 que es troba al centre del Sistema Solar. La Terra i unes altres matèries (incloent uns altres planetes, asteroides, meteorits, cometes i pols) orbiten al seu voltant.
- Terra** » Tercer planeta del Sistema Solar, seguint l'ordre segons la distància que manté pel que fa al Sol; i el quart d'ells, de més petit a més gran. Es troba situat a uns 150 milions de quilòmetres del Sol. És l'únic planeta en què fins ara es coneix l'existència de vida.
- Translació** » Moviment d'un planeta al voltant del Sol, estel central del Sistema Solar.
- Univers** » Generalment definit com tot el que existeix físicament: la totalitat de l'espai i del temps, de totes les formes de la matèria, l'energia i l'impuls, les lleis i les constants físiques que les governen.
- Vent** » Moviment de l'aire que està present a l'atmosfera (especialment a la troposfera), produït per causes naturals. Es tracta d'un fenomen meteorològic.
- Volcà** » Aparell geològic, comunicant temporal o permanentment entre el mantell i la superfície terrestre. És també una estructura geològica per la qual emergeixen el magma (roca fosa) i els gasos de l'interior d'un planeta.



Llibres

- ANGUITA, F. *Biografía de la Tierra: historia de un Planeta Singular*. Madrid: Editorial Aguilar, 2002. ISBN 978-84-0309-277-8.
- ANGUITA, F. *Historia de Marte, Mito, Exploración*. Barcelona: Editorial Planeta, 1998. ISBN 978-84-0802-698-3.
- ANGUITA, F. i CASTILLA, G. *Crónicas del Sistema Solar*. Madrid: Editorial Equipo Sirius, 2009. ISBN 978-84-92509-41-6.
- LUQUE, B. i MÁRQUEZ, Á. *Marte y vida: ciencia y ficción*. Madrid: Editorial Equipo Sirius, 2008. ISBN 978-84-95495-48-8.
- REES, M. *Universo: la guía visual definitiva*. Madrid: Pearson Alhambra, 2006. ISBN 978-84-205-5141-8.
- SAGAN, Carl. *Cosmos*. Barcelona: Editorial Planeta, 2004. ISBN 978-84-08-05304-0.

Pàgines web

NASA

<http://mars.jpl.nasa.gov/>

<http://www.nasa.gov/audience/forstudents/index.html>

<http://solarsystem.nasa.gov/missions/profile.cfm?Sort=Target&Target=Mars>

ESA

<http://www.esa.int/esaHS/education.html>

http://www.esa.int/SPECIALS/Mars_Express/index.html

Any Internacional de l'Astronomia 2009

<http://www.astronomia2009.es/>

Sociedad Astronómica Española

<http://sea.am.ub.es/>

International Astronomical Union

<http://www.iau.org/>

Revista de Astronomía, Astrofísica y Ciencias del Espacio

<http://www.astronomia-e.com>

Instituto Geológico y Minero de España –Didáctica–

http://www.igme.es/internet/divulgacion_didactica/general.htm

Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra

<http://www.aepect.org/>

Google

<http://www.google.com/mars/>

<http://earth.google.com/mars/>

Cara en camp de dunes del Perú

<http://maps.google.com/maps?t=k&ll=-16.337013,-71.959763&spn=0.241495,0.307961>



Obra Social
Fundació "la Caixa"