

Nel febbraio 2005 Spirit, uno dei due Mars Exploration Rover che stanno perlustrando il Pianeta Rosso, si trovava già da oltre un anno nel Cratere Gusev, una depressione della superficie marziana profonda due chilometri, grande più o meno come la Calabria. Poiché Gusev è situato al termine di un'antica via fluviale più lunga del Grand Canyon, molti di coloro che, come me, fanno parte del team responsabile del controllo del rover, si aspettavano che Spirit scoprisse la prova che, miliardi di anni fa, il cratere era pieno d'acqua. Nelle pianure dove era atterrato, tuttavia, il rover non individuò depositi lacustri, né altre testimonianze della presenza di acqua all'interno di Gusev. Le immagini mostravano solo polvere, sabbia e rocce vulcaniche completamente aride.

Tutto cambiò quando Spirit raggiunse la Columbia Hills, a circa 2,6 chilometri dal sito di atterraggio. (Il nome di ciascuna delle colline commemora uno dei sette astronauti che nel 2003 persero la vita nel disastro dello shuttle Columbia.) Mentre Spirit risaliva il fianco occidentale di Husband Hill, le sue ruote spostavano pietre e lasciavano solchi profondi nel suolo. In un punto particolarmente insidioso, nella zona di Paso Robles, le ruote esposero alcuni strani depositi biancastri, completamente diversi da tutto ciò che avevamo visto in precedenza nel cratere.

Un esame più attento accertò che i depositi erano costituiti da solfati idrati ricchi di ferro e magnesio, concentrati immediatamente sotto la superficie polverosa. Sulla Terra, depositi di questo tipo sono prodotti dall'evaporazione di acqua salmastra o dell'interazione tra gas o liquidi vulcanici e acqua nel sottosuolo. Anche su Marte potrebbe essersi svolto uno di questi processi. Ma indipendentemente da quale delle due ipotesi fosse corretta capimmo che i solfati nel sottosuolo potevano testimoniare l'esistenza di un antico ambiente acquatico nel cratere.

La fortunata scoperta di Spirit confermò le osservazioni di Opportunity, il rover che sta esplorando la faccia opposta di Marte, e della flotta di satelliti che fotografano la superficie planetaria dall'orbita. Per decenni, gli scienziati hanno ritenuto che Marte fosse sempre stato un mondo freddo, arido e inospitale; le testimonianze di occasionali alluvioni e la presenza di alcuni minerali alterati dall'acqua erano considerate anomalie, rappresentative di brevi scarti dalla norma avvenuti nel lontanissimo passato, poco dopo la formazione del Pianeta Rosso, che risale a 4,6 miliardi di anni fa.

Ma le informazioni dei rover e dei satelliti, insieme a nuovi studi sulle meteoriti, compongono un quadro assai diverso. A quanto pare, un'ampia estensione della superficie marziana è stata ricoperta da acqua liquida per lunghi periodi; è stato certamente così in epoche molto precoci della storia del pianeta, ma forse anche più di recente. Una simile conclusione ha implicazioni profonde: se i periodi di clima di tipo terrestre furono frequenti e prolungati, la possibilità che su Marte si siano evolute forme di vita appare assai più verosimile.

Paesaggi mutevoli

Strutture di aspetto fluviale – che si ipotizzò dovute all'azione dell'acqua – furono identificate già nelle immagini di Marte riprese negli anni settanta dalle sonde Mariner e Viking, che mostravano enormi canali incisi da inondazioni catastrofiche e reti di valli di grande estensione che ricordavano in una certa misura i bacini idrografici terrestri. Nel decennio scorso le immagini del Mars Global Surveyor hanno rivelato magnifici esempi di canali, molto più piccoli e apparentemente recenti, nelle pareti di alcuni crateri e canyon. Queste osservazioni indicano che in passato sulla superficie marziana o poco al di sotto di essa era presente acqua allo stato liquido, ma non necessariamente per lunghi periodi. L'acqua delle alluvioni, per esempio, avrebbe potuto fermarsi in superficie solo per alcuni giorni o settimane prima di gelare e filtrare nuovamente nel sottosuolo o evaporare. Inoltre, le reti di valli mostrate dalle immagini

dei Viking, se osservate a una risoluzione più elevata, non presentano le stesse caratteristiche delle autentiche valli fluviali terrestri. La formazione delle valli marziane potrebbe essere dovuta esclusivamente al flusso di acqua nel sottosuolo e alla conseguente erosione dal basso – un processo che prende il nome di *sapping* – piuttosto che da acqua che scorreva in superficie. I canali rivelati dalle immagini del Mars Global Surveyor potrebbero essere stati scavati da acqua infiltratasi sotto una copertura di ghiaccio o proveniente da depositi di neve sepolti. [...]

Una possibilità più ipotetica è che i reticoli di valli abbiano avuto origine in epoca relativamente recente, da 1 a 1,5 miliardi di anni dopo la formazione del pianeta. Per stimare le età delle strutture della superficie marziana, i ricercatori contano i crateri d'impatto sovrapposti a esse: più impatti vi sono stati più antica è la regione. Questo metodo di datazione, tuttavia, è incerto; può essere difficile distinguere i crateri d'impatto dalle caldere vulcaniche, e in alcune zone l'erosione ha distrutto ogni traccia visibile di crateri. Tuttavia, se le valli incise dallo scorrimento superficiale fossero davvero relativamente giovani, si dovrebbe concludere che Marte può aver avuto un clima di tipo terrestre anche per un terzo della sua storia: e forse persino più a lungo, nel caso venissero individuate valli ancora più recenti.

Un'ulteriore conferma della presenza di acqua liquida per lunghi periodi è l'osservazione di fenomeni di erosione e sedimentazione imponenti in molte zone del pianeta. In base alle nuove immagini da satellite è stato calcolato che nel primo miliardo di anni della storia marziana la velocità di deposizione di sedimenti e quella di erosione potrebbero essere state circa un milione di volte più elevate di quelle attuali. Per esempio l'aspetto tormentato, butterato da solchi e cavità, della regione chiamata Meridiani Planum – l'area di un milione di chilometri quadrati dove Opportunity sta effettuando le sue ricognizioni – indica che la gran parte del suolo è stata asportata dall'erosione e trascinata altrove. Non si sa dove siano finiti tutti questi sedimenti erosi – la loro sorte è uno dei principali misteri delle ricerche su Marte – ma sembra comunque chiaro che un trasporto di materia a scala così grande non possa essere dovuto solo all'azione del vento.

In altri siti, come il fondo di alcuni crateri e il fondo e le pareti di certi canyon e abissi di Valles Marineris, sembra che cicli di deposizione e di erosione abbiano creato enormi pile di centinaia di strati di roccia, ciascuno di spessore compreso tra 10 e 100 metri. Uno degli esempi più notevoli è nel Cratere Gale, del diametro di 170 chilometri, che ha un gigantesco «tumulo» centrale di roccia sedimentaria stratificata ed erosa. Gli strati sovrapposti, i canali e i crateri d'impatto parzialmente sepolti del tumulo testimoniano una storia lunga e complessa di erosione e deposizione. La caratteristica più incredibile del rilievo, però, è che la sua altezza supera di quasi un chilometro quella del bordo del Cratere Gale. Sembrerebbe che il cratere e la regione circostante siano stati completamente sepolti da una quantità colossale di sedimenti e poi parzialmente esposti e risepelliti, forse a più riprese. Dopo l'ultimo episodio di seppellimento si è avuta una fase di prevalente erosione che ha messo allo scoperto il fondo del cratere; è possibile però che il rilievo centrale venga eroso a una velocità più bassa, il che spiegherebbe perché oggi sovrasti in altezza il bordo del cratere.

Ma quale processo può aver trasportato la quantità gigantesca di sedimenti necessaria per seppellire quasi totalmente la regione del Cratere Gale? La migliore spiegazione è lo scorrimento di acqua liquida. Lo studio delle velocità di erosione e di sedimentazione sulla Terra indica che in passato il vento potrebbe aver contribuito a trasportare i sedimenti marziani. Nessuno scenario credibile che si basi sull'erosione eolica, tuttavia, può spiegare il rapido spostamento di milioni di chilometri cubi di materia su ampie estensioni della superficie planetaria, come, a quanto pare, accadde ripetutamente durante le fasi più antiche della storia di Marte. È noto, invece, che sulla Terra l'acqua ha trasportato quantità davvero colossali di sedimenti, e potrebbe averlo fatto anche sul Pianeta Rosso.

Oltre ad analizzare la morfologia della superficie marziana sono stati cercati indizi della presenza di acqua liquida nella composizione dei minerali. Uno dei motivi per cui si è a lungo pensato che Marte non avesse mai conosciuto un periodo significativo

di clima caldo e umido è che buona parte della superficie sgombra dalla polvere trasportata dal vento sembra costituita da rocce quasi prive di segni di alterazione: minerali di origine vulcanica ben conservati, come olivina e pirosseno. Uno scorrimento prolungato di acqua in superficie avrebbe alterato chimicamente e fisicamente questi minerali, dando origine ad argille o ad altre fasi ossidate e idrate.

Argila, mirtili e onde

In realtà, si era cercato abbastanza. Nuovi dati cartografici ad alta risoluzione raccolti dall'orbita e studi ravvicinati dei rover hanno rivelato abbondanti depositi di argille e altri minerali idrati in molte regioni. Per esempio OMEGA, lo strumento franco-italiano a bordo dell'orbiter Mars Express dell'Agenzia spaziale europea (ESA) – che è particolarmente adatto a individuare i minerali derivati dall'alterazione di rocce vulcaniche – ha scoperto argille nelle zone libere da polvere di quelle che sembrano le regioni più antiche della superficie. In base all'alto numero di crateri d'impatto in queste aree, si calcola che risalgano più o meno al primo miliardo di anni della storia marziana. I depositi argillosi sono presenti in tutto il pianeta, su antiche superfici vulcaniche e altipiani fortemente craterizzati, alcuni dei quali sembrano essere stati esposti dall'erosione solo in tempi recenti.

Le argille marziane sono fillosilicati, cioè minerali costituiti da foglietti di mica tra cui sono intrappolate molecole d'acqua e ioni idrossido. Esse hanno una composizione diversificata, esattamente come ci si può attendere dall'alterazione operata dall'acqua sui diversi tipi di rocce vulcaniche di Marte. Anche se finora OMEGA ha esplorato ad alta risoluzione solo una piccola frazione della superficie, la scoperta di questi minerali è una chiara prova dell'esistenza di condizioni di tipo terrestre per un lungo periodo dell'antica storia del Pianeta Rosso.

Per di più sono stati identificati minerali alterati dall'acqua (argille, ossidi idrati di ferro e carbonati) in alcune meteoriti marziane: si tratta di rocce espulse da Marte in seguito a impatti con asteroidi o comete, che sono poi precipitate sulla Terra. Si è ipotizzato che i fenomeni di alterazione dovuti all'acqua potrebbero essere avvenuti nel sottosuolo, perché prima di essere scagliata nello spazio la maggior parte delle meteoriti faceva parte della crosta marziana (ma non del suo livello più superficiale). E poiché pare che alcune di queste meteoriti provengano da zone relativamente giovani della crosta, è lecito ritenere che i processi di alterazione nel sottosuolo siano attivi ancora oggi. Questa ipotesi potrebbe essere verificata dalle missioni in corso o da quelle future, per esempio cercando indizi della presenza di sorgenti o di attività idrotermale.

Le imprese dei rover hanno dato elementi utili per chiarire l'enigma del clima del Pianeta Rosso. Otto mesi prima della scoperta di Paso Robles, Spirit ha esaminato una roccia bitorzoluta rivelando la presenza di ematite, un minerale di ferro altamente ossidato che sulla Terra è comune nei suoli alterati dall'acqua. Alcuni mesi dopo ha dimostrato l'esistenza di fillosilicati e di goethite, un minerale di ferro ossidato che non può formarsi in assenza di acqua. Evidentemente le Columbia Hills racchiudono una documentazione dell'antica storia di interazioni tra rocce e acqua che non si è conservata nelle pianure vulcaniche più recenti studiate da Spirit all'inizio della missione.

Nel frattempo Opportunity ha compiuto scoperte altrettanto stupefacenti a Meridiani Planum. Già poche settimane dopo l'atterraggio il rover aveva individuato antichi depositi affioranti di rocce sedimentarie fortemente stratificate, porose, idrate e ricche di sali. Osservazioni complementari effettuate dall'orbita hanno permesso di appurare che questi depositi si estendono sull'intera regione. Gli affioramenti stratificati studiati da Opportunity indicano che le rocce sedimentarie di questo tipo scendono in profondità per decine di metri (o più) nel sottosuolo, a dimostrazione del fatto che in passato acqua liquida fu presente in superficie per lunghi periodi.

I risultati di Opportunity, tuttavia, illustrano un capitolo differente della storia dell'acqua su Marte. Le rocce idrate scoperte dal rover sono costituite in prevalenza

da minerali ricchi di zolfo, come la jarosite, e le rocce degli affioramenti sedimentari contengono notevoli quantità di cloro e bromo, oltre che di zolfo. Tutti questi elementi sono fortemente mobili in soluzione acquosa, e ciò implica che i depositi si siano formati dopo l'evaporazione di acqua salmastra. Perciò questi affioramenti potrebbero testimoniare l'epoca in cui i laghi e i corsi d'acqua di Meridiani Planum si ridussero gradualmente fino a prosciugarsi.

La scoperta nelle rocce affioranti di granuli sferici di dimensioni millimetriche contenenti ematite – soprannominati «mirtilli» – conferma a sua volta la presenza a lungo termine di acqua sulla superficie di Marte. Riteniamo che i mirtilli siano granuli precipitati durante l'evaporazione di acqua con una notevole concentrazione di ferro o di sali. Se un simile processo è sufficientemente lento e omogeneo, i grani di minerale che ne risultano mostrano un accrescimento sferico. Sulla Terra alcune di queste concrezioni raggiungono le dimensioni di biglie o di palline da ping pong; quelle osservate su Marte hanno in media un diametro di 2-3 millimetri. Spostandosi verso sud dal sito dell'atterraggio, Opportunity ha rinvenuto mirtilli più piccoli, il che fa pensare a possibili variazioni nella persistenza dell'ambiente acquoso o nella velocità di evaporazione.

Il rover ha anche fotografato alcuni affioramenti di roccia che sembrano conservare tracce lasciate dalle onde nell'acqua bassa. I migliori esempi di queste strutture «a festone», prodotte dall'interazione delle onde con i sedimenti sabbiosi, sono stati scoperti nella prima parte del 2006.

[Da J. Bell, «I fiumi di Marte», *Le Scienze*, febbraio 2007].