

IL VULCANISMO

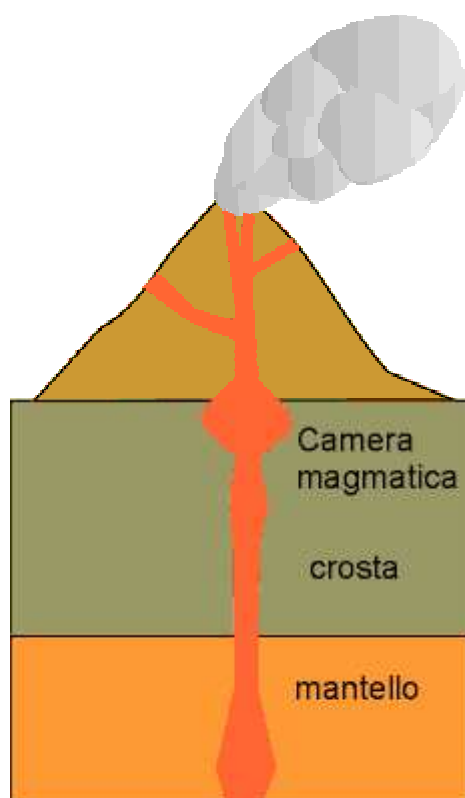
Solitamente quando si pensa ad un vulcano, si immagina una montagna a forma di tronco di cono, con in cima un foro da cui può uscire fumo, cenere, fuoco, sassi incandescenti e lava. In realtà un vulcano può anche essere completamente piatto o costituito semplicemente da una fessura nel terreno e può anche emettere soltanto vapore.

Un vulcano è la bocca di un camino, il *condotto vulcanico*, che mette in comunicazione la superficie della Terra con una zona di alimentazione posta in profondità, una sorta di serbatoio del magma chiamato *camera magmatica*. Si chiama *cratere* l'intersezione del condotto vulcanico con la superficie esterna.

Nelle profondità della Terra la temperatura è tale che alcune rocce lentamente fondono e diventano magma. Poiché è più leggero delle rocce solide intorno ad esso, il magma risale e si raccoglie in serbatoi chiamati *camere magmatiche*.

Quando il magma raggiunge la superficie terrestre si verifica un'**eruzione vulcanica**. Quando il materiale eruttato è sufficientemente consistente, esso si accumula intorno all'apertura, costruendo così il cono dell'edificio vulcanico.

Il processo che domina l'attività effusiva, determinandone le caratteristiche, è la degassazione che il magma subisce durante la risalita. Alcune eruzioni vulcaniche risultano esplosive, mentre altre no. Come e quanto sia esplosiva un'eruzione dipende da quanto il magma sia viscoso o fluido.



I magmi femici, che contengono poca silice, trattengono solo piccole quantità di gas e quindi danno luogo a lave molto fluide ad alta temperatura che scorrono lungo i fianchi del vulcano come veri e propri fiumi incandescenti.

Al contrario, i magmi sialici, più ricchi di silice e quindi più spessi e viscosi, trattengono molti elementi gassosi, tra i quali il vapore, e, inoltre, raffreddandosi tendono ad ostruire il condotto magmatico; essendo impedita la fuga dei gas, la pressione aumenta fino a quando i gas fuoriescono

violentemente esplodendo e frantumando l'ostruzione in pezzi chiamati *piroclasti*.

Se esistono delle fessure, i gas potranno trovare uno sfogo parziale determinando un'emissione gassosa intorno al cratere, ma anche in questo caso la pressione continuerà lentamente ad aumentare fino a giungere all'evento esplosivo.

Le eruzioni vulcaniche esplosive possono essere pericolose e mortali.

Un serbatoio magmatico si esaurisce in milioni di anni durante i quali possono alternarsi più fasi di attività vulcanica: esplosiva, effusiva, di emanazione gassosa, ecc. Inoltre anche nell'ambito di una singola eruzione si susseguono normalmente diverse fasi di attività. Tuttavia, per ogni apparato vulcanico esiste un particolare tipo di attività che si manifesta in modo prevalente.

Nella vita di un vulcano possono alternarsi periodi di attività e periodi di riposo. Una fase attiva viene generalmente preceduta da una fase premonitrice che si manifesta con vari fenomeni che interessano il territorio circostante il vulcano: leggeri terremoti, boati, alterazioni termiche.

Terminata l'eruzione vera e propria, l'attività prosegue in genere con emanazione di gas fino ad una nuova fase premonitrice.



I prodotti dell'attività vulcanica

Il magma è un fuso con una fase liquida prevalentemente costituita da silicati, una fase solida contenente quantità variabili di cristalli e una fase gassosa costituita da sostanze volatili. Le sostanze volatili rimangono sciolte nel magma quando questo si trova in condizioni di alta pressione ma si separano sotto forma di vapore quando il magma risale verso la superficie perché la pressione diminuisce.

Durante le eruzioni vulcaniche il magma dà origine a due principali tipi di prodotti: le **lave** e i **piroclasti**.

I prodotti dell'attività vulcanica sono diversi a seconda che si tratti di attività esplosiva o di attività effusiva. I piroclasti sono prodotti dal primo tipo di attività mentre le lave sono il prodotto dell'attività effusiva.

Le lave solidificano da colate di liquido contenente cristalli in sospensione, mentre i prodotti piroclastici sono il risultato della frammentazione del magma e di rocce preesistenti in brandelli di dimensioni molto variabili.

I gas vulcanici

Durante le eruzioni i gas si disperdono nell'atmosfera. Un vulcano può emettere gas anche senza eruttare gli altri componenti del magma. Mediamente i gas vulcanici sono costituiti per il 90% da H₂O; gli altri gas principali sono CO₂, CO, H₂, H₂S, HCl e SO₂. Il monossido di carbonio e l'idrogeno sono più abbondanti alle alte temperature, mentre l'anidride carbonica e l'idrogeno

soforato lo sono alle basse temperature. L' anidride solforosa talvolta si trasforma in acido solforico nell' atmosfera contribuendo al fenomeno delle piogge acide.

L' acido cloridrico immesso nell' atmosfera può invece contribuire ad intaccare lo strato di ozono. Il materiale vulcanico che raggiunge la stratosfera dopo un' eruzione esplosiva di grandi dimensioni può assorbire le radiazioni solari causando un temporaneo raffreddamento del clima del Pianeta negli anni immediatamente seguenti l' eruzione.

Le lave

Quando il magma fuoriesce dal condotto senza subire frammentazioni scorre in **colate laviche** per tratti più o meno lunghi oppure ristagna in corrispondenza della bocca vulcanica. Le distanze percorse dalla lava sono tanto maggiori quanto più è bassa la viscosità del magma e alta la temperatura di eruzione.

Le lave più fluide hanno di norma composizione basica (povere in SiO_2 e ricche in Fe e Mg), temperatura più elevata e liberano i gas in maniera non violenta.

Le lave più viscosi sono più ricche in SiO_2 e più povere in Fe e Mg, la loro temperatura è inferiore a quella delle lave fluide e sono spesso (ma non sempre) associate ad eruzioni esplosive.

Le lave viscosi formano in molti casi dei *duomi* o *domi* (*domes*).

Se la superficie delle colate è liscia, con una terminologia hawaiana si parla di lava *pahoehoe* che assume spesso forme caratteristiche come quella "a corde" o "a budella". Quando la superficie superiore è accidentata e irregolare si parla di lave *Aa*.

Le *lave a blocchi* (*block lavas*) sono dovute alla rottura di una crosta compatta che avviene già in vicinanza del punto di emissione.

Quando la lava arriva a contatto con l'acqua, per esempio durante le effusioni sottomarine, si formano strutture particolari che, per la loro forma tondeggianti, vengono dette a *pillow* (*cuscino*).

Una forma morfologica particolare è quella delle lave a *struttura colonnare* caratterizzata da fratture perpendicolari alla superficie originate dalla diminuzione di volume che si verifica durante il raffreddamento. Si formano così delle vere e proprie colonne, che tendono ad assumere una sezione esagonale. Quando la lava viene erosa lateralmente, queste colonne possono rimanere esposte in un affioramento. Il fenomeno prende il nome di *fessurazione colonnare*.

La parte superficiale di una colata di lava può solidificare per un certo spessore formando una sorta di tunnel entro il quale la lava continua a fluire. Il tunnel si svuota completamente una volta cessata l' alimentazione.



Sulle bocche di uscita di lave fluide o sui tunnel si possono formare coni di scorie che vengono chiamati *coni di scorie saldate*. I coni di scorie variano in dimensione dalle decine alle centinaia di metri di altezza. Coni di scorie si ritrovano spesso sui fianchi di vulcani a scudo, stratovulcani e caldere. Decine di coni di questo si sono formati sui fianchi dell' Etna nel corso di eruzioni laterali.

Un getto di lava spinto velocemente nell' aria dalla rapida espansione del gas nel magma si dice *fontana di lava*. L' altezza raggiunta dalle fontane di lava va in genere dai 10 ai 100 m, ma a volte si raggiungono altezze che superano anche i 500 m.

I *laghi di lava* sono depositi di grossi volumi di lava liquida contenuti in un cratere o in una depressione. Il termine viene utilizzato anche per indicare depositi di lava già in parte o totalmente solidificata.

I laghi di lava attivi sono ricoperti tipicamente da una crosta grigia e scintillante, parzialmente solidificata in quanto costantemente raffreddata dal contatto con l' atmosfera. Tale crosta però è sottoposta ad un movimento continuo che la spinge a salire, rompersi, e riaffondare nella parte liquida sottostante.

I frammenti di lava fluida emessi da una bocca vulcanica che assumono un aspetto piatto sono detti comunemente *spatter*, e l' attività di emissione prende il nome di *pattering*. La solidificazione dello *spatter* emesso costruisce attorno alla bocca una sorta di muro che piano piano costruisce quello che si chiama uno *spatter cone*.

Un *maar* è un cratere vulcanico ampio e di scarsa altezza, formato da una serie di eruzioni esplosive superficiali. Le esplosioni sono generalmente causate dal contatto del magma con acqua, e sono quindi di tipo *freatomagmatico*. Le pareti del maar sono di solito formate in gran parte da materiale vulcanico preesistente e vengono, alla fine dell' attività esplosiva, riempite di acqua fino a formare un lago vulcanico.

Quando la lava viscosa ristagna in corrispondenza o nelle immediate vicinanze della bocca eruttiva, si formano accumuli di varie forme e dimensioni, detti *duomi* o *cupole di ristagno*. la costruzione di un duomo può durare anche parecchi anni.

Accumuli alti e sottili vengono chiamati *obelischi* o *spine di lava*.



La Devil's Tower si trova nel Wyoming (USA): si tratta di una formazione rocciosa costituita da basalto con fessurazione colonnare, risultato del consolidamento del magma all'interno di un camino vulcanico.



Il raffreddamento della lava produce spesso un tipo di fessurazione detta prismatica o colonnare: le foto mostrano un insieme di colonne prismatiche esagonali che si sono sviluppate in una colata lavica.



Quando la lava arriva a contatto con l'acqua, per esempio durante le effusioni sottomarine, si formano strutture particolari che, per la loro forma tondeggiante, vengono dette "a pillow" (cuscino).



Se la superficie delle colate è liscia, con una terminologia hawaiana si parla di lava "pahoehoe".



Quando la lava ristagna in corrispondenza della bocca vulcanica, si formano accumuli di varie forme e dimensioni, detti duomi o cupole di ristagno.



Se la lava si frantuma in grossi blocchi poliedrici viene chiamata "lava a blocchi".

Prodotti piroclastici e depositi

I prodotti piroclastici o *tefra* vengono classificati in base alle dimensioni in *ceneri fini* o *polveri* (clasti di diametro inferiore a 0,0625 mm), *ceneri* (tra 0,0625 e 2 mm), *lapilli* (tra 2 e 64 mm), *blocchi* e *bombe*.

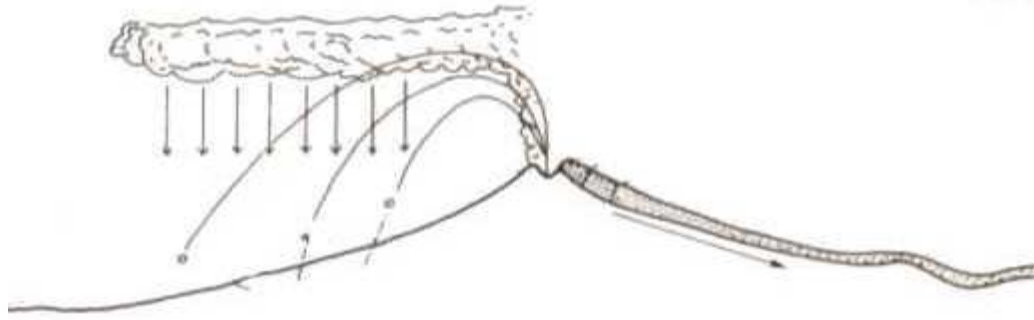
I prodotti piroclastici formano depositi che possono essere composti da frammenti sciolti oppure da materiali coerenti che costituiscono le rocce piroclastiche o *piroclastiti*. Le piroclastiti composte da blocchi e bombe formano gli *agglomerati* e le *brecce piroclastiche*. Le piroclastiti composte da frammenti di dimensioni inferiori ai 64 mm formano i *tufi*.

Le *pomice* e le *scorie* sono prodotti piroclastici con struttura vescicolata più accentuata nelle prime. Le rocce risultanti dalla mescolanza di materiale piroclastico con materiale derivante dai normali processi di degradazione e trasporto di rocce preesistenti prendono il nome generico di *tufiti*.

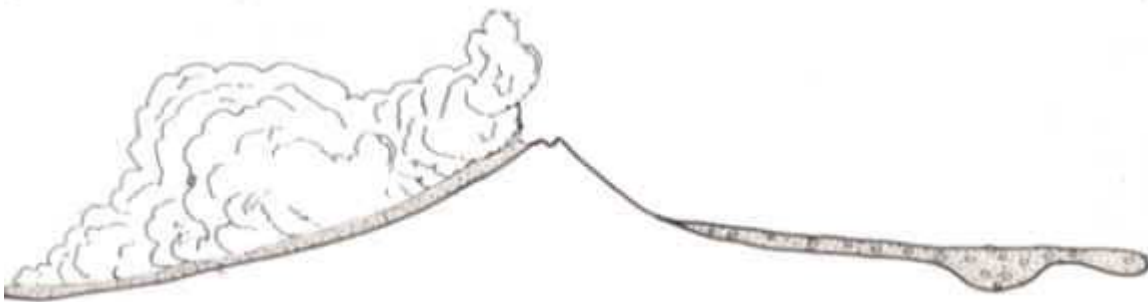
I frammenti di varie dimensioni possono essere scagliati nell'atmosfera e, dopo un trasporto più o meno lungo ricadere al suolo sotto l'azione della gravità con traiettoria balistica. Una colonna verticale di gas e materiale che si innalza direttamente sopra la bocca prende il nome di *colonna eruttiva*. Una colonna eruttiva risale verticalmente attraverso l'atmosfera e si espande per poi liberarsi del carico solido a diversa distanza dal centro eruttivo. In tutti questi casi il deposito che si forma a seguito dell'accumulo delle particelle solide sotto la semplice azione della forza di gravità, si definisce *deposito piroclastico da caduta*.

Depositati piroclastici da caduta possono formarsi anche in seguito alla sedimentazione da nubi turbolente di gas e materiale in sospensione.

Nei depositi da caduta il materiale appare ben selezionato ed è stratificato con spessore decrescente via via che ci si allontana dalla bocca eruttiva.



Le *colate piroclastiche* (o flussi piroclastici) prodotte in eruzioni altamente esplosive sono flussi di materiali piroclastici (ceneri, pomice, frammenti di rocce) in sospensione entro gas molto densi e pesanti che scivolano sui pendii come una valanga di neve raggiungendo notevoli distanze dal punto di emissione con velocità che possono facilmente superare i 100 km/h. Le temperature all' interno di un flusso piroclastico possono essere maggiori di 500 °C, sufficienti ad esempio per bruciare il legno. Una volta depositati, la cenere e il resto possono deformarsi, compattandosi e fondendosi assieme a causa dell' intenso calore e del peso del materiale sovrastante. Nei depositi il materiale appare non selezionato.



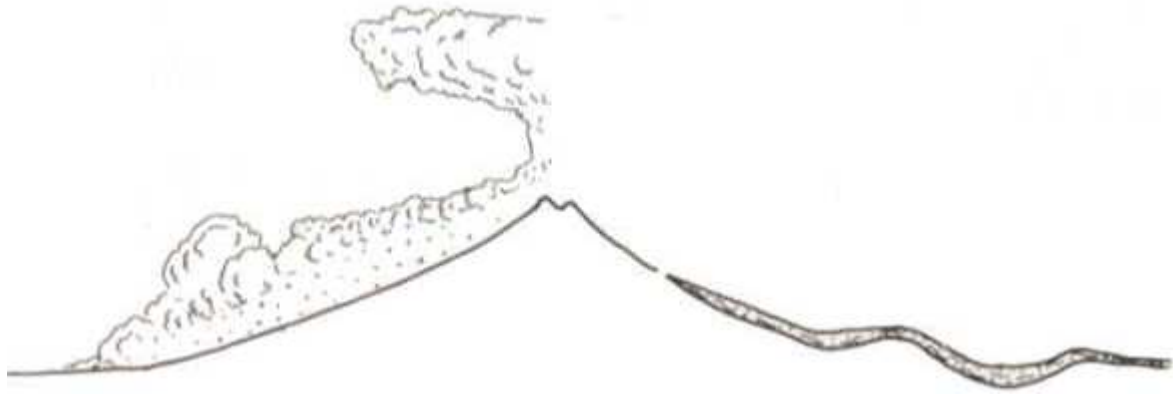
Una **nube ardente** è un esempio di colata piroclastica. Le nubi ardenti precipitano velocemente giù dalla montagna distruggendo tutto ciò che incontrano nel loro percorso. Le colate piroclastiche sono spesso associate a duomi che collassano o lasciano sfuggire una colonna eruttiva che a sua volta collassa.

L' 8 Maggio 1902 un flusso piroclastico dal Monte Pelée, nella Martinica, causò il maggiore disastro vulcanico del XX secolo: 28.000 persone persero la vita nella città di St. Pierre, situata a 7 km dalla cima del vulcano.

Le *ignimbriti* sono depositi di colate piroclastiche che possono raggiungere volumi enormi.



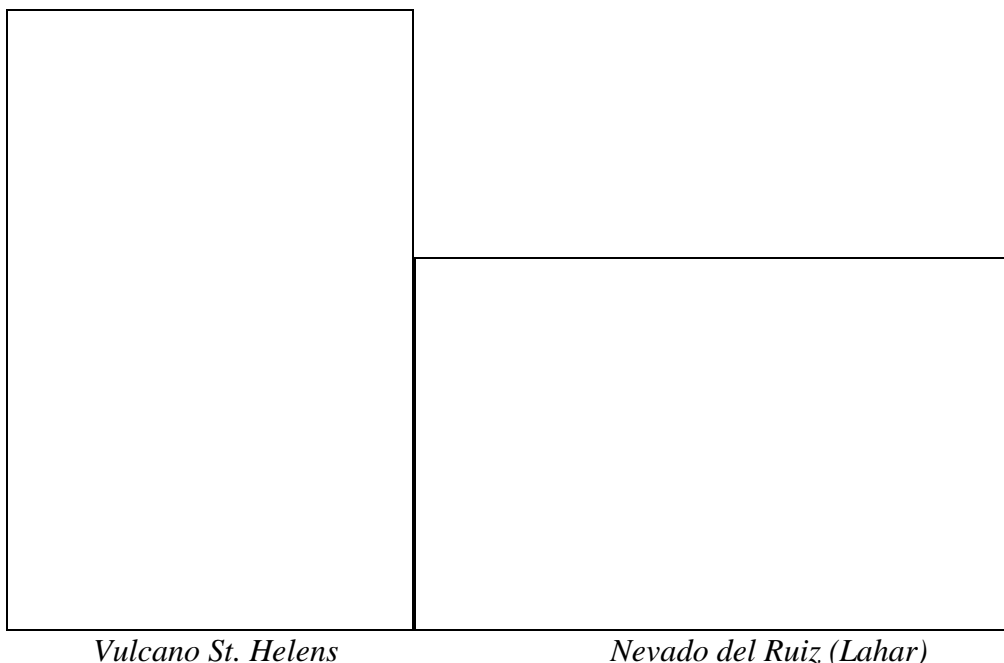
I *surges piroclastici* sono dispersioni solido-gas molto espanse, turbolente, a bassa concentrazione di particelle, che fluiscono lungo la superficie terrestre tanto sotto la spinta dell' esplosione che per azione della gravità. Il materiale ammantava la topografia del territorio su cui si espande tendendo ad accumularsi con spessori non superiori al metro e maggiori nelle depressioni; pertanto i depositi presentano una struttura con assottigliamenti e ispessimenti.



Le *ialoclastiti* sono particolari depositi piroclastici costituite da frammenti di vetro vulcanico formanti spesso veri e propri apparati vulcanici sottomarini.

Le *colate di detriti* e le *colate di fango (lahar)* sono depositi di materiali piroclastici rimaneggiati dalle acque meteoriche che li fanno franare.

Lahar giganteschi scesero dalle pendici del St. Helens (USA) dopo l' eruzione del 1980, dal Nevado del Ruiz (Colombia) nel 1985 e del Pinatubo (filippine) nel 1991.



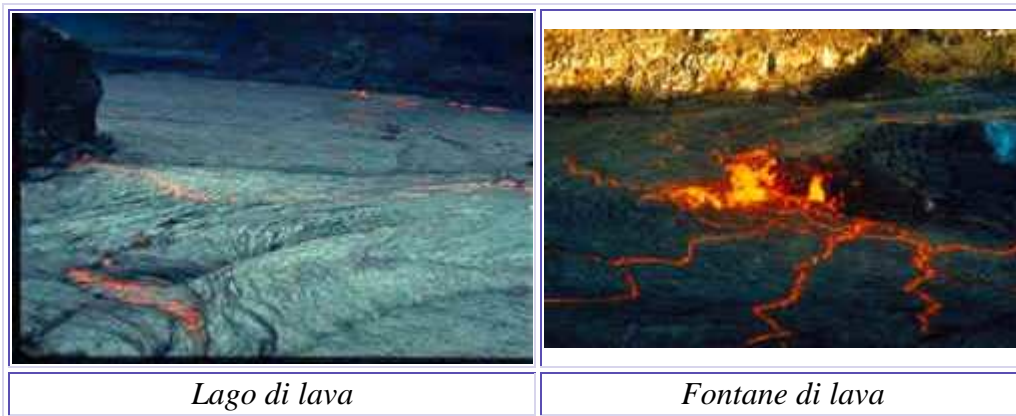
Classificazione delle eruzioni

Le eruzioni vulcaniche vengono tradizionalmente classificate in base al comportamento

complessivo dei vulcani e i vari tipi prendono il nome dai vulcani nei quali un determinato comportamento è stato osservato per la prima volta o si verifica più comunemente.

Eruzioni di tipo islandese o lineari: si svolgono attraverso lunghe fenditure. Danno origine ad altipiani basaltici e lave a "cuscinio" (pillow lave) sottomarine.

Eruzioni di tipo hawaiano: si svolgono da lunghe fratture e da crateri. Il magma è molto fluido e dà luogo ad effusioni di grandi quantità di lava. Nei crateri possono formarsi laghi e fontane di lava.



Lago di lava

Fontane di lava

Eruzioni di tipo stromboliano: dal nome dell'isola di Stromboli, nelle Eolie; la lava, emessa da un vulcano a cono, viene frammentata dalle esplosioni gassose formando una nube eruttiva bianca, povera di ceneri e ricca di vapore acqueo. Questa attività è continua e interrotta soltanto da brevi colate di lava.

Eruzioni di tipo vulcaniano: dal nome dell'isola di Vulcano sempre nelle Eolie. Sono eruzioni esplosive nel corso delle quali vengono emesse bombe di lava viscosa e nuvole di gas cariche di ceneri. Le esplosioni possono produrre fratture, la rottura del cratere e l'apertura di bocche laterali.

Eruzioni di tipo pliniano o vesuviano: queste eruzioni producono alte colonne eruttive; iniziano con il lancio di grandi quantità di pomice, ceneri e lapilli e proseguono con l'attenuazione di questi fenomeni e con una ridotta emissione di lava.

Eruzioni di tipo peléeiano (dal Vulcano Pelée nella Martinica): prodotte da magma molto viscoso, sono caratterizzate dall'elevata frequenza di nubi ardenti, getti di una emulsione incandescente di gas e lava polverizzata. Sono le eruzioni più pericolose. Alla fine dell'evento eruttivo si ha in genere il collasso dell'edificio vulcanico o la fuoriuscita di un tappo di lava detto *spina* o *duomo*.

Un altro criterio per la classificazione delle eruzioni si basa sulla teoria dell'espansione dei fondali oceanici. In questo caso i fenomeni vulcanici vengono raggruppati in tre grandi categorie:

- **vulcanismo di margine divergente di placca o di dorsale;**
- **vulcanismo di margine convergente di placca;**
- **vulcanismo da hot spot o punto caldo.**

Il **vulcanismo di dorsale** si verifica lungo le fenditure delle dorsali medio-oceaniche. Il serbatoio magmatico è costituito dall'intero mantello terrestre. Il magma è molto fluido e l'attività vulcanica è relativamente calma.

Il vulcanismo di **margine convergente di placca** riguarda i fenomeni che si verificano negli archi insulari che si trovano lungo i margini di placche oceaniche convergenti e quelli che si verificano nelle catene montuose vulcaniche che si formano dove entrano in collisione una placca oceanica e

una placca continentale. I serbatoi magmatici non sono collegati con il mantello. I magmi, prima di giungere in superficie, devono attraversare un certo spessore di crosta e quindi diventano tanto più acidi o sialici, e quindi viscosi, quanto maggiore è questo spessore. L'attività risulta tanto più esplosiva quanto più elevata è la viscosità del magma.

Nel vulcanismo da **hot spot** (punto caldo) il magma proviene direttamente dal mantello. Nel mantello, oltre alle correnti convettive, esistono ristrette colonne ascendenti chiamati *plumes* (pennacchi) che possono raggiungere una placca litosferica e fonderla giungendo così in superficie. Un hot spot non è altro che la parte di una placca sulla quale agisce un plume. Appartengono a questa categoria i vulcani dell'arcipelago delle isole Hawaii.

Gli hot spot costituiscono anche una conferma del movimento delle placche e ne permettono la ricostruzione. Infatti, quando una placca, sulla cui superficie si trova un vulcano da hot spot si sposta, il pennacchio rimane al suo posto e quindi perforerà la placca nel punto che adesso si trova sopra di esso formando un nuovo vulcano, mentre il vecchio, non più alimentato, si spegnerà.

Morfologia dei vulcani

La forma di un vulcano dipende dalla composizione del magma e dalle modalità con cui avvengono le eruzioni.

Gli **espandimenti basaltici** o **plateaux basaltici** sono enormi apparati tabulari derivati da ripetute effusioni di lava basaltica da fessure della crosta. Grandi espandimenti basaltici si trovano nel Deccan (India), nella regione del Paranà (Brasile) e in Siberia. L'intera Islanda è formata da espandimenti lavici sovrapposti.

I **vulcani a scudo** vengono formati da colate di lava basaltica molto fluida che dà origine a rilievi conici molto appiattiti; spesso hanno più di un cratere e presentano anche fessure lungo i fianchi. Sono tali i vulcani delle Hawaii e l'Etna.

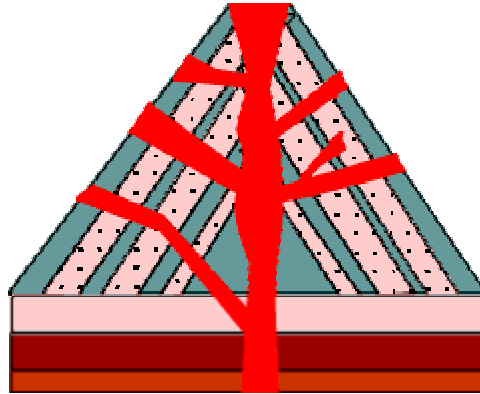


I **vulcani a cupola** sono formati da lava particolarmente viscosa che ristagna a ridosso del cratere dando origine a ripidi pendii. Un esempio di questo tipo di vulcano è il **Parícutín**, che si trova in Messico, che nel 20 febbraio del 1943, costruì in pochi giorni un cono di ceneri alto 150 m che raggiunse i 440 metri dopo circa un anno.



I **vulcani a strati** o **stratovulcani** si formano quando l'attività vulcanica si manifesta con alternanza

di colate laviche e di emanazioni piroclastiche. In questo caso l'edificio è di forma conica e costituito da strati alternati di materiale piroclastico e lava consolidata. Sono stratovulcani il Vesuvio, lo Stromboli e molti altri vulcani attivi sulla Terra come il Popocatepetl (Messico), il Kilimanjaro (Tanzania), il Cotopaxi (Ecuador) il Fuji (Giappone). Sono caratterizzati da una forma piuttosto simmetrica e presentano spesso dei coni avventizi oltre al cratere centrale.



I **diatremi** sono strutture vulcaniche particolari costituite da corpi cilindrici di notevole estensione verticale. Molto importanti economicamente sono i diatremi diamantiferi sudafricani.

Le **caldere** sono strutture vulcaniche costituite da depressioni di forma circolare con diametro interno maggiore di 1 km; queste depressioni generalmente si originano per sprofondamento della parte sommitale di un apparato vulcanico in seguito allo svuotamento della camera magmatica. La formazione di una caldera può essere seguita da una esplosione e dalla formazione di una nube ardente di grande dimensione che, ricadendo al suolo, può coprire anche decine di chilometri quadrati di superficie. Le caldere sono quindi diverse dai crateri, che sono in generale depressioni più piccole, ancora spesso circolari, ma create direttamente da fenomeni esplosivi nel corso di una eruzione.

Sono di questa natura le caldere di Santorini, nel Mar Egeo e del Monte Somma (Napoli).

La caldera dei Campi Flegrei, sempre nel Napoletano, si è prodotta 35.000 anni fa in seguito all'emissione di 80 km^3 di magma. Anche il lago di Bolsena è una caldera con diametro di circa 17 chilometri formata poche migliaia di anni fa al termine dell'attività dell'apparato vulcanico dei Monti Volsini.

Il parco nazionale di Yellowstone consiste in tre enormi caldere formate in tempi successivi, circa 2 e 0,6 milioni di anni fa. La più recente di queste caldere è larga 45 km e lunga 75 km.

Vulcani in fase quiescente

Conclusa la fase eruttiva, l'attività vulcanica prosegue con emanazione di gas, finché una fase premonitrice annuncia una nuova eruzione. Col passare del tempo gli episodi eruttivi si manifestano a intervalli sempre più lunghi, e l'apparato entra in fase quiescente. La fase quiescente può protrarsi per decenni con emanazione di gas di varia composizione, ma il cui principale componente è sempre il vapore acqueo.

Le emanazioni formate quasi esclusivamente da vapore acqueo prendono il nome di *fumarole*. Se è presente una certa quantità di idrogeno solforato, viene diffuso un caratteristico e sgradevole odore di uova marce, da cui il nome di *putizze* attribuito a queste emanazioni.

Sono invece dette *solfatare* le emanazioni che contengono zolfo sotto forma di anidride solforosa.

Le *mofete*, più rare, sono caratterizzate dalla presenza di anidride carbonica in percentuale rilevante: sono tossiche e molto pericolose perché, essendo inodori non ci si accorge della loro presenza nell'aria.

Distribuzione geografica dei vulcani

La regione circum-pacifica o "anello di fuoco" è la più grande concentrazione di attività vulcanica sulla Terra. Questa distribuzione geografica è una conferma del fatto che i vulcani sono una conseguenza diretta dei movimenti della crosta terrestre. La maggior parte dei magmi si origina infatti ai margini delle placche di litosfera in movimento e precisamente lungo le dorsali oceaniche e lungo le zone di subduzione, dove la crosta sprofonda nel mantello.

Esistono anche dei vulcani che si trovano all'interno delle placche litosferiche continentali e oceaniche. Questi ultimi possono essere alimentati da magmi provenienti da zone interne alla crosta terrestre che si formano durante alcune fasi del corrugamento orogenetico, oppure da magmi provenienti dal mantello superficiale e collegati alle fosse tettoniche.

