



# EL VULCANISME A CATALUNYA

Les manifestacions eruptives que van tenir lloc a la Garrotxa i, en general, a Catalunya durant el neògen i el quaternari, no són un fet esporàdic. L'origen d'aquest conjunt de morfologies i roques volcàniques, que constitueixen el Camp Volcànic Català, s'emmarca en un context geodinàmic més ampli que afecta a gran part de l'Europa occidental.

# 1. DISTRIBUCIÓ I EVOLUCIÓ DEL VULCANISME

En el Mediterrani occidental s'han reconegut dos períodes eruptius a partir de la composició i datació de les roques volcàniques, i ambdós estan representats al nord-est de la península Ibèrica. La història geològica d'aquesta zona és complexa pel fet que s'hi encavalquen estructures compressives i distensives.

El primer període va tenir lloc durant el miocè (de 24 a 18 Ma) i es caracteritza per unes condicions tectòniques compressives (figura 51). El magmatisme associat va ser de tipus *calcoalcali*, majoritàriament representat per manifestacions volcàniques subaèries a Mallorca i, sobretot, submarines entre les illes Balears i la península Ibèrica. El seu origen s'explica per la presència d'un pla de subducció inclinat cap a la península Ibèrica, alineat NE-SO, des de les illes Balears fins a l'oest de les illes de Còrsega i de Sardenya.

A partir del miocè superior, la situació esdevé distensiva i evoluciona fins a l'actualitat (figura 52). Aquest segon cicle es correspon amb el desenvolupament d'un rift d'intraplaca que afecta l'Europa occidental, amb què s'associen les manifestacions magmàtiques de tipus *alcali* dels camps volcànics de València, de les Columbretes i de Catalunya. Val a dir que també es formen alguns volcans submarins i tenen lloc fenòmens volcànics més aïllats com els de Tarragona.

Figura 51. Mediterrani occidental. Període compressiu. Vulcanisme calcoalcali.



Figura 52. Mediterrani occidental. Període distensiu. Vulcanisme alcali.



## EL RIFT EUROPEU

En el miocè superior, a finals del període terciari, s'inicia un procés extensiu en el sector occidental de la placa euroasiàtica que encara avui es considera actiu. Com a conseqüència dels esforços distensius dins de la placa, es va desenvolupar, des de les costes del mar del Nord fins al sector més meridional de la península Ibèrica, una estructura de tipus rift de més de 2.000 km de llargada (figura 53). En aquest rift es reconeixen un seguit de fosses i blocs aixecats com a conseqüència del moviment de grans falles normals d'orientació predominant NE-SO.

Els magmes van aprofitar aquestes discontinuïtats en la litosfera per ascendir fins a la superfície. Així, trobem associades al rift nombroses manifestacions volcàniques tant a l'Europa oriental com a l'occidental. Les més importants es concentren a Eifel a Alemanya, a l'Alvèrnia a França i a Catalunya.



Figura 53. Rift intracontinental de l'Europa occidental.

En el rift europeu, es poden individualitzar un seguit de segments estructurals, entre els quals hi ha el solc de València i el format per les fosses del golf de Lleó, del Tet, del Tec i de la Cerdanya. Aquests dos segments, en el sector nord-est de la península Ibèrica, estan desplaçats per un conjunt de falles normals amb una disposició perpendicular a les principals del rift (figura 53 i 54). Aquestes fractures, de ponent a llevant, són la d'Amer, la de Llorà, la de Cartellà, la de Camós-Celrà, la de Juià, la de Riurà i la de Vilopriu que separen diferents blocs aixecats (les Gavarres, les Guilleries i la serralada Transversal) i enfonsats (les depressions de l'Empordà i de la Selva i la fossa d'Olot).

La major part dels volcans del nord-est de Catalunya es localitzen al damunt, o a prop, d'aquestes fractures.

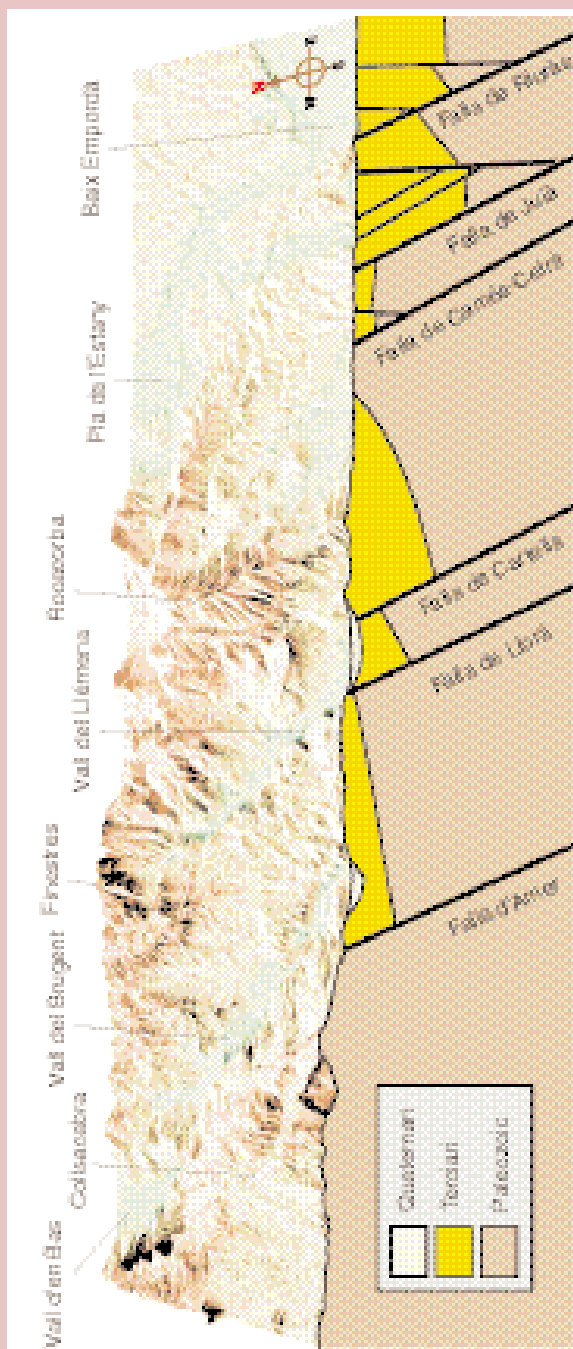


Figura 54. Tall geològic d'una part de la fossa tectònica amb les falles.

## 2. EL CAMP VOLCÀNIC CATALÀ

El conjunt de roques eruptives neogenoquaternàries del nord-est de Catalunya es distribueixen en tres zones volcàniques: de l'Empordà, de la Selva i de la Garrotxa. La distribució geogràfica de les manifestacions eruptives i les dades de geocronologia disponibles permeten deduir que l'activitat magmàtica es va iniciar en el sector de l'Empordà, posteriorment es va desplaçar cap a la Selva i, finalment, es va centrar a la Garrotxa (figura 55).

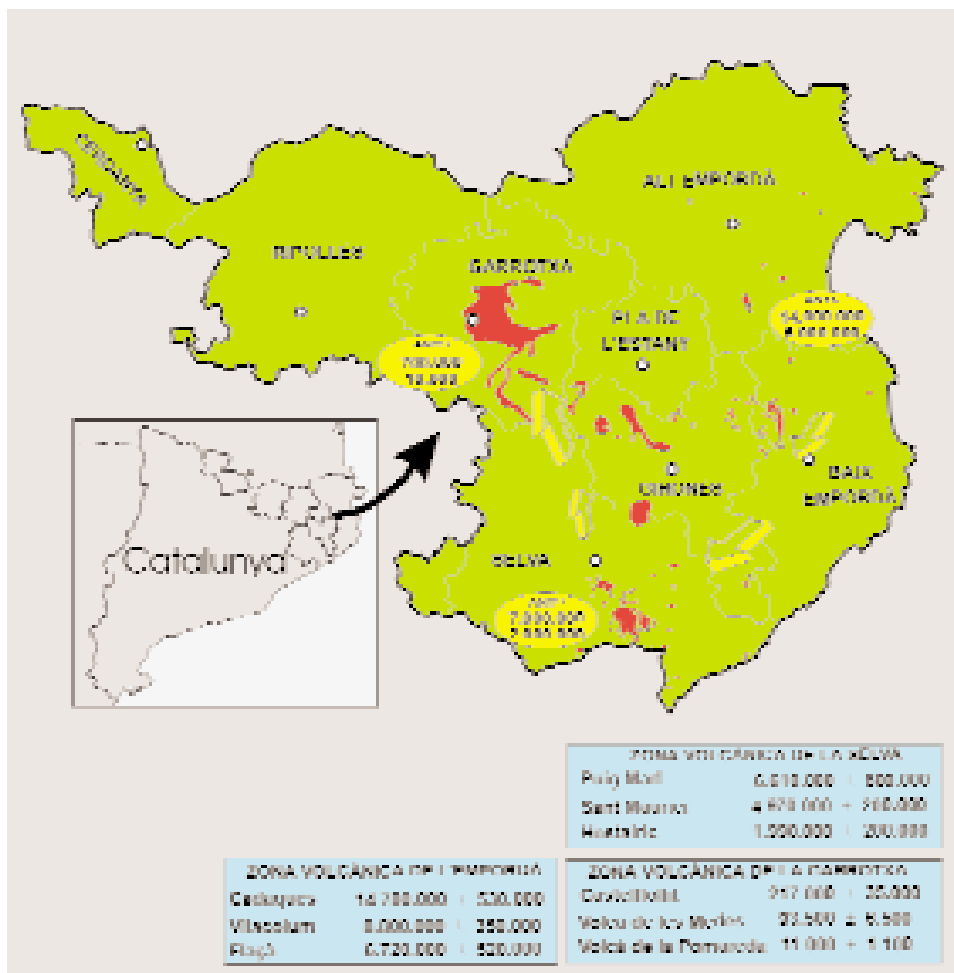


Figura 55. Mapa del nord-est de Catalunya i taula edats modificat de Saula et al.

L'antiguitat dels fenòmens volcànics a les zones de l'Empordà i de la Selva, afegida a l'acció dels processos erosius, explica que hagin desaparegut els edificis volcànics i que només s'hi puguin reconèixer els materials massius més resistents. Només hi resten fragments de colades de lava o xemeneies desmantellades.



## 2.1 Zona volcànica de l'Empordà

Formada per una cinquantena d'afloraments de basalts i alguns de traquites distribuïts a les comarques de l'Alt i el Baix Empordà. Els més importants es troben als voltants de la Bisbal d'Empordà, Rupià i Arenys d'Empordà. La majoria d'aquests materials volcànics estan recoberts per dipòsits pliocens. Les datacions de què es disposa indiquen que tenen una edat superior als 6Ma, i les més antigues són de l'ordre de 14 milions d'anys.

Cal destacar com a excepcionals els afloraments de traquites a Vilacolum i a Arenys d'Empordà (Alt Empordà). Aquestes roques volcàniques, de composició més evolucionada, són producte del refredament de magmes que han sofert un procés de diferenciació magmàtica.



## 2.2 Zona volcànica de la Selva

Constituïda també per un conjunt d'uns cinquanta afloraments basàltics, localitzats majoritàriament a l'entorn de Maçanet de la Selva i Riudarenes. Les xemeneies desmantellades de Sant Corneli i d'Hostalric són les més interessants i presenten una disjunció columnar molt marcada. En algunes zones es preserven encara dipòsits de materials fragmentaris resultat d'activitat eruptiva hidromagmàtica.

Les anàlisis geocronològiques de les roques volcàniques en aquesta zona permeten datar-les entre els 5 i els 2 Ma.

El volcà de la Crosa de Sant Dalmai, localitzat al vorell septentrional de la depressió de la Selva, mostra un bon estat de conservació, fet que fa suposar una edat més moderna de la seva erupció.



## 2.3 Zona volcànica de la Garrotxa

En aquesta zona es troben els volcans més moderns i amb un millor estat de conservació. Se n'han identificat trenta-vuit dins l'àmbit del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, dos a la Vall d'Hostoles i cinc a la Vall del Llémena (figura 56). Es poden observar un gran nombre d'afloraments de dipòsits piroclàstics, tant estrombolians com hidromagmàtics (especialment interessants a la Vall del Llémena), i de colades de lava.

Tot i les proves de manifestacions volcàniques anteriors al quaternari, les dades geocronològiques de què es disposa estableixen l'edat d'aquest vulcanisme entre 350.000 anys i 10.000 anys. Segons les datacions existents, es pot calcular un episodi eruptiu d'aproximadament cada 15.000 anys.

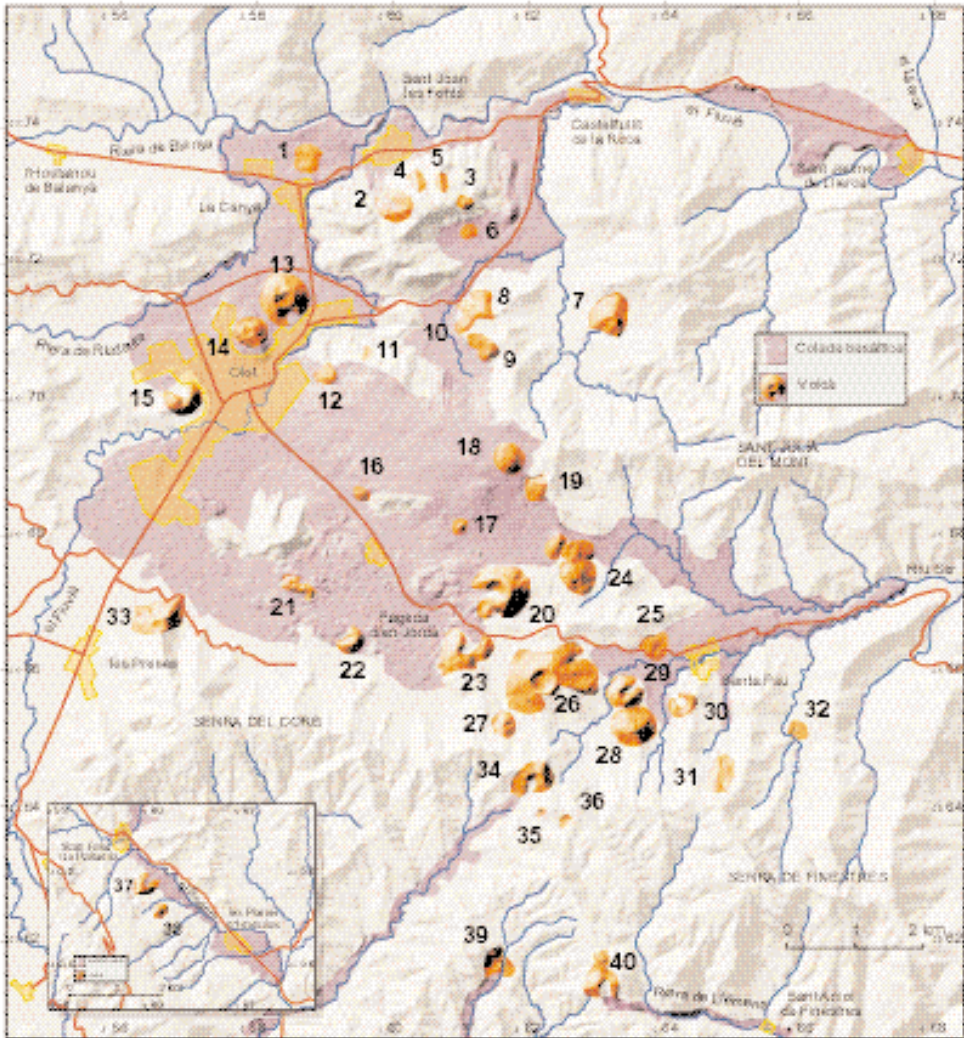
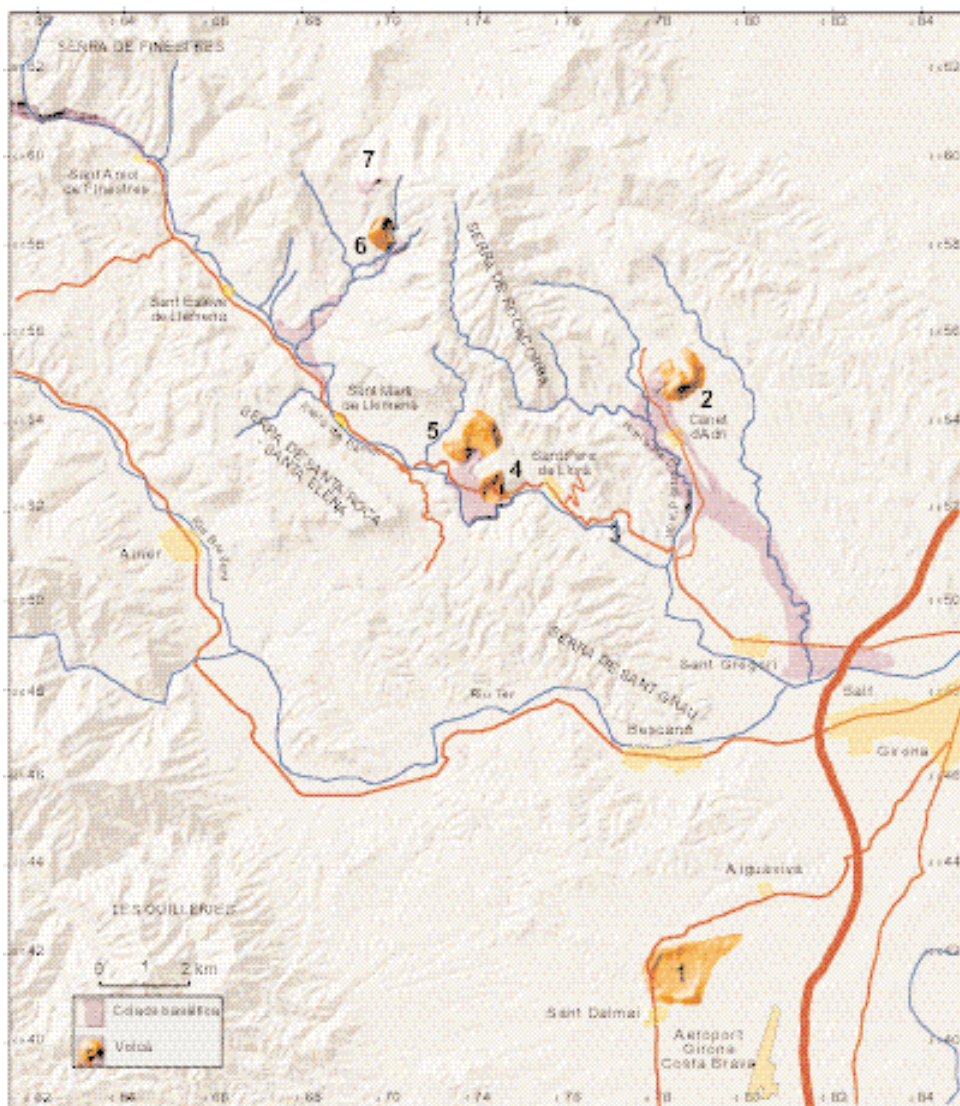


Figura 56. Localització dels volcans a la Garrotxa.

- |                              |                               |                               |                                 |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1 Volcà de la Canya          | 11 Volcà del Bac de les Tries | 21 Volcà de Cabrioler         | 31 Volcà del Pla sa Ribera      |
| 2 Volcà d'Aiguanegra         | 12 Volcà de les Bisaroques    | 22 Volcà del Puig Jordà       | 32 Volcà de Sant Jordi          |
| 3 Volcà de Repàs             | 13 Volcà de la Garrinada      | 23 Volcà del Puig de la Costa | 33 Volcà del Racó               |
| 4 Volcà de Repassot          | 14 Volcà del Montsacopa       | 24 Volcà del Puig de Martinyà | 34 Volcà de Fontpobra           |
| 5 Volcà del Cairat           | 15 Volcà de Montollvet        | 25 Volcà del Puig de Mar      | 35 Volcà de la Tuta de Colltort |
| 6 Volcà de Claperols         | 16 Volcà de Can Barraca       | 26 Volcà de Santa Margarida   | 36 Volcà de Can Tia             |
| 7 Volcà del Puig de l'Os     | 17 Volcà del Puig Astrol      | 27 Volcà de Comadega          | 37 Volcà de Sant Marc           |
| 8 Volcà del Puig de l'Estany | 18 Volcà de Pujalós           | 28 Volcà del Puig Subià       | 38 Volcà del Puig Roig          |
| 9 Volcà del Puig de Bellaire | 19 Volcà del Puig de la Garsa | 29 Volcà de Rocanegra         | 39 Volcà del Traiter            |
| 10 Volcà de Gençí            | 20 Volcà del Crosçat          | 30 Volcà de Simon             | 40 Volcà de les Medes           |



*Figura 57. Localització dels volcans a la Vall del Llémena i a la depressió de la Selva.*

- 1 Volcà de la Crosa de Sant Dalmaï
- 2 Volcà del Puig d'Adri
- 3 El Rocàs
- 4 Volcà del Clot de l'Omera
- 5 Volcà del Puig de la Banyà del Boc
- 6 Volcà de Granollers de Rocacorba
- 7 Puig Montner



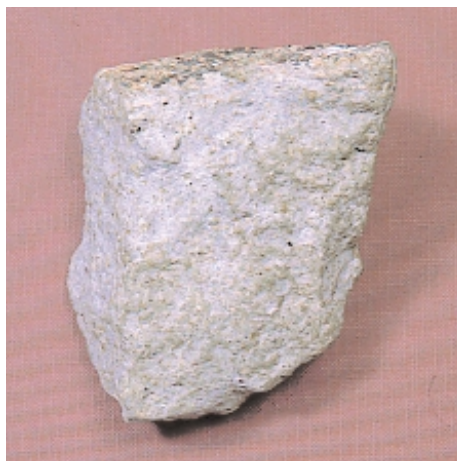
## 3. LES ROQUES I ELS MAGMES

La composició de les roques que formen la zona volcànica de la Garrotxa, i en general el Camp Volcànic Català, és relativament monòtona. Exceptuant els afloraments traquítics de l'Alt Empordà, tots els materials són basalts i basanites que tenen un contingut baix en sílice i elevat en sodi i potassi. Així doncs, en conjunt, hom pot classificar-les com a alcalines. Són el resultat del refredament de magmes bàsics que han tingut un ascens ràpid i que són característics de les àrees volcàniques d'intraplaca.



*Figura 58. Mostra d'Olot.*

*El basalt és una roca de color negre que quan es presenta sense vesiculació té una densitat notòria.*



*Figura 59. Mostra de Vilacolum.*

*La traquita de color més clar es mostra sovint amb textura porfírica (cristalls de feldspats).*

### 3.1 Els minerals

La mineralogia dels basalts és uniforme i simple. En la majoria dels casos, només hi ha petits fenocristalls d'olivina, de piroxè i de plagiòclasi dins d'una matriu microcristal·lina o parcialment vitria només observable al microscopi. Aquesta matriu és sovint rica en òxids de ferro, principalment magnetita. En petites quantitats també hi ha altres minerals com poden ser la leucita o l'analcima.

Les diferències mineralògiques entre els basalts i les basanites són ben poques, mai reconoscibles a ull nu. Són marcades per la presència de petits cristalls de *feldspatoides* com la leucita i, generalment, per una lleugera disminució en el percentatge d'òxid de sílice (figura 13).

Les traquites, a diferència de les roques basàltiques, tenen un percentatge més elevat d'òxid de sílice, superior al 60%, i estan constituïdes per grans cristalls de plagiòclasi i alguns de piroxè i biotita. A la matriu es reconeixen, en el microscopi, nombrosos cristalls petits i allargats de sanidina, així com de titani i d'òxids de ferro.

## Els minerals observables



**Figura 60. Olivina**

Mineral de lluïssor vítria i de color verd clar. Apareix tant en forma de fenocristalls com formant part de la matriu. Els cristalls grans acostumen a ser idiomorfs, amb totes les vores regulars, de manera que es corresponen amb cares cristal·logràfiques.



**Figura 61. Piroxens**

Minerals de colors foscos amb tonalitats verdoses. Es troben com a fenocristalls, però també dins de la matriu. La majoria són augites titaníferes i sovint es presenten en formes idiomòrfiques o subidiomòrfiques.



**Figura 62. Plagiòclasi**

Mineral de color blanc. Aquest tipus de feldspat es mostra generalment subordinat a la matriu i només de forma excepcional es troba com a fenocristall.

## 3.2 Les dades geoquímiques Gènesi i ascens dels magmes

La geoquímica de les roques basàltiques del Camp Volcànic Català mostra una homogeneïtat notable en els elements majors, com els òxids de sílice, d'alumini, de ferro o de calci, entre d'altres. Únicament el percentatge d'òxid de titani presenta algunes variacions significatives, que s'atribueixen a les temperatures variables del magma en el moment de formació de les roques.

En el cas dels elements traça com són el níquel, el cobalt, el crom o l'estronci i en el de les terres rares lleugeres, com el lantani, el ceri o el neodimi, sí s'observen variacions importants d'unes roques a les altres. Aquesta variabilitat en les composicions químiques concorda majoritàriament amb les zones geogràfiques -l'Empordà, la Selva i la Garrotxa- i indiquen diferències en l'àrea font dels magmes.

Les variacions observades en les anàlisis geoquímiques de les roques basàltiques permeten establir algunes consideracions sobre la gènesi i l'ascens dels magmes que van donar lloc al vulcanisme de Catalunya. Les zones d'origen dels magmes es troben localitzades, en general, en el mantell astenosfèric. Tanmateix, els magmes que donen lloc a les manifestacions volcàniques de l'Empordà provenen d'una àrea font de caràcter més litosfèric.

La presència d'aquestes dues zones d'origen, astenosfera i part inferior de la litosfera, es pot relacionar amb l'evolució del rift europeu. En els primers estadis extensius, l'aprimament de la litosfera provoca la seva descompressió i fusió parcial. L'escorça encara és gruixuda i alguns magmes queden atrapats en petites cambres magmàtiques on es diferencien i produeixen les traquites de l'Empordà. A mesura que progressa el rift i l'aprimament de la litosfera s'accentua, l'astenosfera ascendeix i afavoreix l'ascens de materials fosos menys evolucionats.

En alguns casos, la manca gairebé total de contaminació dels basalts per roques de l'escorça i la poca diferenciació que presenten indiquen que l'ascens, en forma de bossades de magma des del punt d'origen fins a assolir la superfície, va ser molt ràpid.

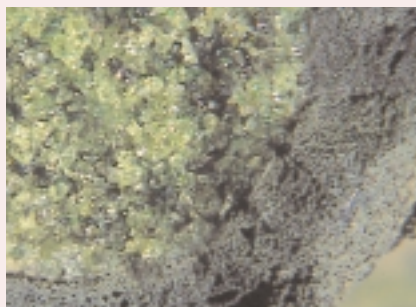
## Els enclavaments

En algunes colades de lava i dipòsits piroclàstics es troben fragments de roques que van ser englobats pel magma durant el seu ascens. Aquests fragments, anomenats enclavaments o xenòlits, són principalment de roques plutòniques tot i que també se'n troben de metamòrfics i de sedimentaris (figura 63). Són blocs generalment centimètrics de materials que formaven la litosfera o, en alguns casos, el mantell. El magma els va arrencar de les parets del conducte volcànic, els va englobar i els va transportar fins a la superfície.



*Figura 63.* Enclavament de roca plutònica: granitoid.

En alguns casos també es parla d'enclavaments per descriure els fragments lítics que es troben en els dipòsits piroclàstics. De tota manera, l'origen explosiu d'aquests fa aconsellable no anomenar-los amb aquest terme.



*Figura 64.* Enclavament ultrabàsic: dunita.

Cal destacar la presència de xenòlits ultrabàsics (figura 64) derivats del mantell o de restes de la diferenciació magmàtica dels basalts en l'escorça inferior en els volcans de Rocanegra, del Puig de la Banya de Boc o del Puig d'Adri. Aquests xenòlits són més densos que el líquid de composició basàltica. Tot i això, a causa del ràpid ascens del magma, són arrossegats immersos en el seu interior fins a la superfície. Els càlculs realitzats, d'acord amb la flotabilitat d'aquests fragments en el fluid magmàtic, permeten estimar que la velocitat d'ascens dels magmes va haver de ser de l'ordre de 0,2 m/s en aquest cas per mantenir els enclavaments en suspensió.

## 4. LES ERUPCIIONS DE LA ZONA VOLCÀNICA DE LA GARROTXA

Cadascun dels volcans de la Zona Volcànica de la Garrotxa es va formar a partir d'una única erupció. Així doncs, es pot parlar de volcans monogenètics formats per la sortida d'una bossada de magma, que en esgotar-se marca l'extinció de l'activitat en aquell punt.

Tanmateix, es poden reconèixer diferents fases d'activitat al llarg de l'erupció, marcades pel canvi d'estil de la sortida del magma a l'exterior. Entre cadascuna d'aquestes fases, no hi ha lapses de temps que permetin estadis erosius o desenvolupament de sòls.

### 4.1 Els volcans i les seves fases d'activitat eruptiva

L'activitat eruptiva que va donar lloc als volcans d'aquesta zona combinà les fases hidromagmàtiques amb les purament magmàtiques. Aquest fet fa que els productes volcànics siguin molt diversos, malgrat la monotonia de les composicions dels magmes. Les fases d'activitat eruptiva que han estat identificades, d'acord amb aquests dipòsits de materials eruptius, són de tipus efusiu, estrombolià i freatomagmàtic.

Un procés evolutiu que es repeteix sovint és el que s'inicia a partir d'una activitat estrombolià que acaba essent efusiva quan el magma s'ha desgasificat (figura 65). En són els principals exemples els volcans del Croscat, de Montolivet i de Sant Marc.



*Figura 65. El volcà del Croscat i amb cràter esbocat i la seva colada de lava, subsòl de la fageda d'en Jordà.*

En altres casos, l'erupció comença amb activitat de tipus freatomagmàtic, que passa a ser estromboliana i, finalment, esdevé efusiva. És el cas dels volcans del Traiter, de la Garrinada i del Puig d'Adri (figura 66).



*Figura 66. Volcà del Puig d'Adri.*

Més rarament trobem alguns volcans que es van formar a partir d'una única fase eruptiva, bé sigui estromboliana, com el volcà de Puig Astrol (figura 67), o freatomagmàtica, com el volcà del Clot de l'Omera.



*Figura 67. Volcà del Puig Astrol.*

Les erupcions on l'activitat inicial és estromboliana poden passar a ser freatomagmàtiques com a conseqüència de l'entrada d'aigua al conducte per la pèrdua d'intensitat en la sortida del magma. Aquest és el cas del volcà de Can Tia. Finalment, també s'han constatat algunes fases estrombolianes intercalades en seqüències clarament freatomagmàtiques, fet que es relaciona amb l'esgotament momentani de l'aigua de l'aqüífer.

### Exemple d'una erupció

Tot i la varietat de possibles combinacions d'estils eruptius que poden succeir-se al llarg d'una erupció, el cas més freqüent a la zona volcànica de la Garrotxa quan intervé l'activitat freatomagmàtica, és el següent.

S'inicia l'erupció amb una fase explosiva freatomagmàtica. El magma ric en gasos juvenils veu incrementat el contingut en volàtils per la vaporització de l'aigua present en el subsòl. En aquest primer estadi, es poden intercalar fases purament estrombolianes quan la interacció aigua-magma s'interromp momentàniament (figura 68a).

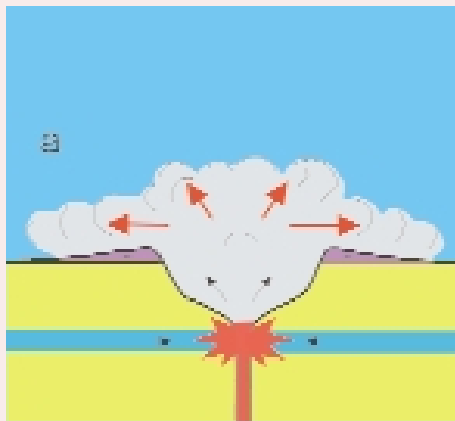


Figura 68a. Fase eruptiva freatomagmàtica.

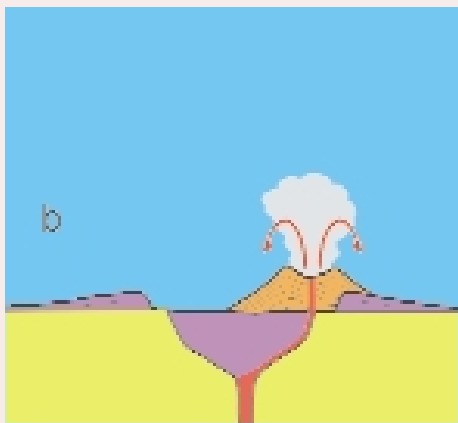


Figura 68b. Fase eruptiva estromboliana.

La mateixa sortida de nou magma impermeabilitza el conducte volcànic i, per tant, extingeix el freatomagmatisme. Tot i això, el magma de la bossada encara està prou gasificat per generar activitat explosiva de tipus estromboliana (figura 68b).

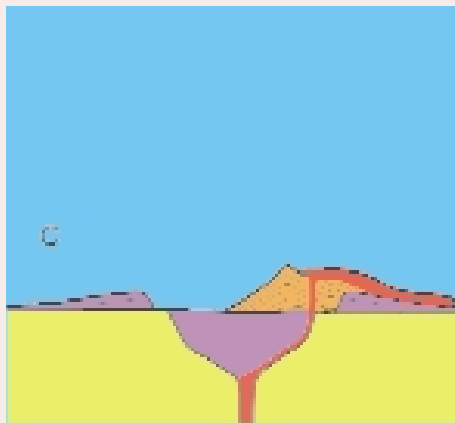


Figura 68c. Fase eruptiva efusiva.

Finalment, quan s'esgota la major part del gas juvenil, té lloc l'activitat efusiva que tanca la seqüència eruptiva. En aquest darrer estadi, l'erupció és tranquil·la i està caracteritzada per la sortida de colades de lava (figura 68c).

## 4.2 L'activitat eruptiva i els edificis volcànics

Al llarg d'una erupció, l'alternança en els tipus d'activitat dona lloc sovint a la formació i a la superposició de diferents edificis volcànics. En el Parc Natural trobem el volcà del Puig de Martinyà, entre d'altres, on dos cons d'escòries cobreixen gran part d'una construcció freatomagmàtica prèvia. Tot i això, els millors exemples d'aquesta interferència entre edificis volcànics construïts en una mateixa erupció, els trobem en el cas dels volcans de la Crosa de Sant Dalmai (figura 69) i del Puig d'Adri. En ambdós casos, són edificis formats per l'activitat estromboliana que se superposen a edificis freatomagmàtics precedents.



Figura 69. Volcà de la Crosa de Sant Dalmai.

En altres ocasions, edificis volcànics que es generen en el decurs de l'erupció són parcialment o totalment destruïts per fases posteriors. Les fases efusives terminals de volcans com el del Croscat, de Montolivet, d'Aiguaneira o tants d'altres presenten cons d'escòries parcialment esvorellats per les seves emissions de colades de lava (figura 70). La sortida del magma, bé sigui pel cràter o per la base del con, arrenca i arrossega els piroclastos d'un sector de l'edifici. La forma final, vista en planta, s'assembla a una ferradura.

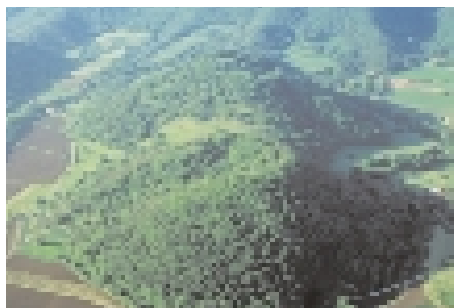


Figura 70. Volcans de Rocanegra i Puig Subià.

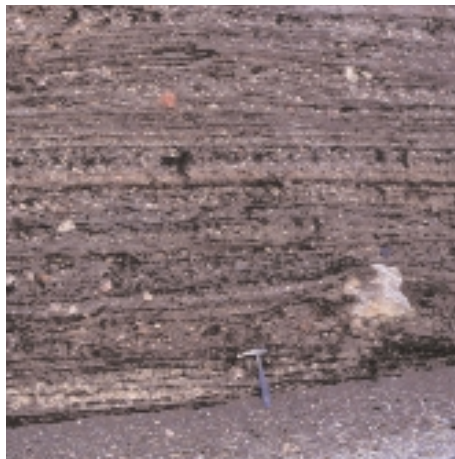
En l'activitat estromboliana, el tram final del conducte volcànic es pot ramificar i provocar la sortida del magma a través de diverses boques eruptives. Aquestes formen els cons adventicis [1], com els que envolten el volcà del Croscat (figura. 71).



Figura 71. Volcà del Croscat.

## 5. ELS MATERIALS VOLCÀNICS

A la Zona Volcànica de la Garrotxa, les roques que resulten de l'activitat efusiva són poc variades com a conseqüència de la uniformitat dels magmes que les generen. Les colades de lava tenen colors grisos i negres, i presenten els diaclasats típics de la disjunció columnar, lenticular i esferoidal. Les seves superfícies són generalment planes. Les poques que són rugoses, de tipus malpaís, són difícilment observables com a conseqüència de l'atapeïda cobertura vegetal i el retreballament antròpic.



*Figura 72. Dipòsits freatomagmàtics del volcà de Puig d'Adri.*



*Figura 73. Dipòsits d'escòries a la gredera del volcà del Croscat.*



*Figura 74. Seqüència de materials volcànics a la Pomereda.*

L'activitat volcànica explosiva donà lloc a una diversitat molt notable de dipòsits piroclàstics (figures 72 i 73). La violència de les explosions i el seu origen, bé sigui magmàtic o hidromagmàtic, controlen la granulometria de les roques piroclàstiques i el tipus de components que les formen.

En els afloraments de la zona, es pot observar la superposició de diversos tipus de dipòsits com a resultat de la successió de diferents polsos i fases d'activitat eruptiva (figura 74). Cal tenir ben present les característiques de cadascun dels materials volcànics per identificar-los.



Fragments juvenils, en general molt vesiculats, de mida predominantment bloc (bombes), amb un percentatge variable de lapil·li. Es troben només a distàncies molt properes al centre eruptiu i estan soldats tèrmicament.

Fragments juvenils angulosos molt vesiculats predominantment de mida de lapil·li. Sovint presenten nivells d'acumulacions de bombes, es disposen radialment des del centre eruptiu amb una extensió poc important i formen el con volcànic.

Fragments juvenils angulosos i vesiculats de mida cendra. Es disposen en forma radial a l'entorn del centre d'emissió majoritàriament en les zones distals del con.

Fragments juvenils i lítics de mides diverses amb un contingut notable de blocs. Es mostren repartits a l'entorn del cràter.

Fragments juvenils i lítics de mida cendra o lapil·li fi. Els fragments poden tenir diversos graus d'arrodoniment i els piroclastos juvenils mostren un grau de vesiculació baix. Tenen una dispersió important i solen presentar un elevat grau de compactació.

Fragments juvenils i lítics de mides lapil·li i blocs englobats en una matriu de cendres. Estan compactats i rebleixen depressions preexistents.



*Figura 75. Dipòsit piroclàstic de caiguda estrombolià. Aglomerat volcànic.*



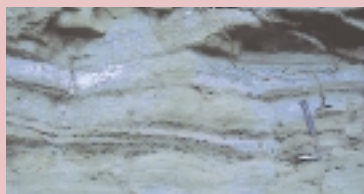
*Figura 76. Dipòsit piroclàstic de caiguda estrombolià. Dipòsit d'escòries.*



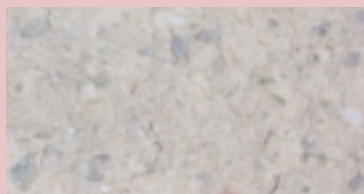
*Figura 77. Dipòsit piroclàstic de caiguda estrombolià. Dipòsit de cendres.*



*Figura 78. Dipòsit piroclàstic de caiguda freatomagmàtic. Dipòsit de bretxa.*



*Figura 79. Dipòsit d'onada piroclàstica. Dipòsit de cendres amb lítics.*



*Figura 80. Dipòsit de colada piroclàstica. Dipòsit de tuff volcànic.*