



Els nous volcans del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa

Dolors Ferrés
Llorenç Planagumà
Albert Pujadas
Josep M. Mallarach
Joan Martí

Després de quasi dos-cents anys de recerques en el vulcanisme del nord-est de Catalunya, semblaria que tot ha d'haver estat investigat i descobert. No obstant això, les grans erupcions esdevingudes en la darrera meitat del nostre segle (el Mount St. Helens a l'estat de Washington el 1980 o el Pinatubo a Filipines el 1991, entre altres) han aportat nous criteris per interpretar com van funcionar antigues erupcions. Aquests avenços han obert noves vies d'investigació i a la vegada han plantejat nous interrogants en l'estudi dels fenòmens volcànics.

La zona volcànica catalana, i fins i tot el seu sector més ben conegut dins el Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, presenta encara molts aspectes per resoldre. L'objectiu de la revisió de la carta geològica del Parc Natural, paral·lela al Projecte

de Recerca Geològica de la Zona Volcànica Catalana (Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya-CSIC), és aprofundir en el coneixement d'aquesta àrea. Els treballs duts a terme en els darrers tres anys han fet possible identificar afloraments que no havien estat mai descrits, i en altres casos reinterpretar l'origen de dipòsits volcànics significatius.

Aquests afloraments han permès descobrir dos centres eruptius inèdits: un, situat al Bac de les Tries, a l'est de la ciutat d'Olot, i l'altre, a la capçalera de la vall de Sant Iscle dins el terme municipal de Sant Feliu de Pallerols. A més, s'han cartografiat i estudiat dos altres volcans, el de Can Barraca a Olot i el de Sant Jordi a Santa Pau, que, malgrat haver estat citats anys enrere, no havien estat descrits en detall, ni s'havia interpretat el seu dinamisme en cap dels treballs publicats en els darrers anys. Es va localitzar

també un petit aflorament de blocs escoriàtics al torrent del Grau, en el caire de la Serra de Finestres (Sant Aniol de Finestres). Les seves reduïdes dimensions i homogeneïtat del dipòsit no han permès explicar fins al moment la seva gènesi ni la relació amb els altres edificis volcànics de la zona.

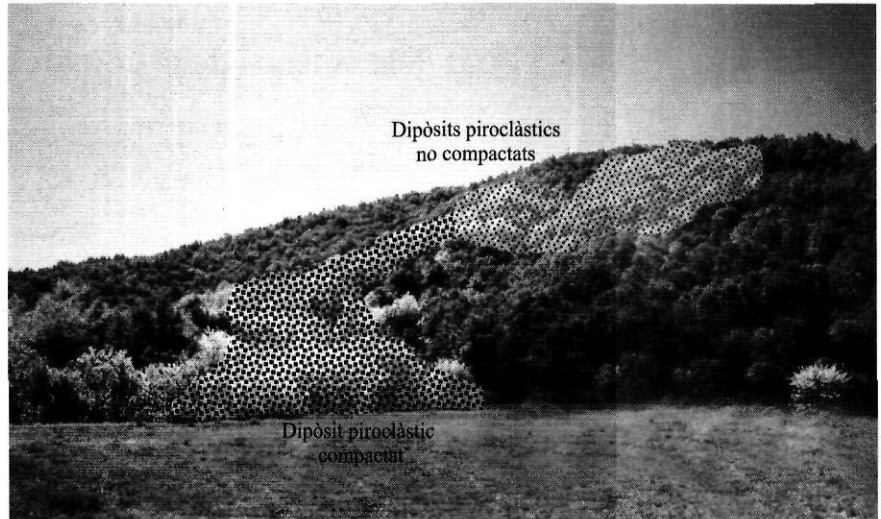
Les causes que aquests edificis volcànics haguessin passat desapercebuts als investigadors són diverses. En gairebé tots, la morfologia és difícilment reconeixible a causa de la combinació de diferents factors: haver aparegut en vessants, estar molt erosionats i trobar-se sota una densa coberta forestal que els recobreix quasi per complet. D'altra banda, alguns es localitzen en indrets de difícil accés. Ha estat la cartografia dels materials expulsats per aquests volcans, que ha donat la informació necessària per afirmar l'existència d'uns centres eruptius nous, deslliats dels ja coneguts fins al moment.

Els volcans de la Garrotxa

L'inici dels estudis a la zona volcànica de la Garrotxa es remunta a la darrera dècada del segle XVIII, però la seva projecció a la comunitat científica internacional no començà fins a la nota de William Maclure (1808) i, sobretot, la publicació de la magna obra de Charles Lyell, *Principles of Geology* (1830), fonament de tota la geologia moderna.

El farmacèutic olotí Francesc Xavier de Bolòs publicà al 1820 la primera relació de volcans d'aquesta zona en una monografia que ja tenia enllestida el 1796, sense que gosés publicarla (Garganta 1936). Inicialment, Bolòs va identificar quatre volcans (Montolivet, Montsacopa, Garrinada i Santa Margarida) però ja deia que n'hi havia molts més. Al 1841, quan Bolòs va publicar la seva monografia revisada, ja hi tractà tres volcans més (Puig de Banya del Bóc, Puig d'Adri i Puig Moner) i va identificar altres «punts vulcanitzats», dos dels quals (Puig de les Medes i Fontpobra) es va demostrar més tard que també eren volcans. És a dir, l'any 1841 Bolòs ja havia identificat correctament nou volcans.

Darrere del treball del farmacèutic d'Olot hi trobem un llarg llistat d'estudis que varen anar afinant la distribució dels volcans i dels seus productes. A inicis de segle, mossèn Josep Gela-



Volcà del Bac de les Tries.

bert ja va censar 34 volcans (1904), tot i que en la monografia de Salvador Calderón, Manuel Cazorro i Lucas Fernández Navarro (1907) només se'n reconeixien 29. El catàleg elaborat per Maximino San Miguel de la Cámara (1927), que recollia totes les aportacions realitzades amb motiu del Congrés Geològic Internacional de 1926, inclou 42 edificis volcànics.

Des d'aleshores, les descobertes de nous aparells volcànics quaternaris han esdevingut més lentes. Amb els localitzats recentment es coneixen en l'actualitat, només a la Garrotxa, quaranta volcans. D'aquests, quatre estan formats per més d'un edifici volcànic i un d'aquests té cinc edificis adventicis (taula 1). Tanmateix, no tots els volcans descrits a la bibliografia científica ho són realment. En alguns casos, les recerques posteriors varen mostrar que les interpretacions eren errònies. Alguns turons arrodonits no eren cons volcànics, encara que ho semblessin per la forma i que estiguessin recoberts de piroclastos. Igualment, algunes depressions circulars o ovalades, que s'havien interpretat com a cràters, es va demostrar que tenien altres orígens. Per exemple, hom va descartar que els turons de Ca de Bosc de Sacot i Ca de Bosc de Batet fossin cons volcànics (Tournon, 1969) o que la cubeta de l'Estany a Sant Joan les Fonts fos un cràter (Mallarach, 1981 i 1982).

Les aportacions que vénen a continuació s'han de situar, doncs, en la perspectiva històrica esmentada. Són una nova contribució al coneixement

de la zona volcànica de la Garrotxa, la més recent i més ben conservada de la Península Ibèrica.

Les noves aportacions

La identificació i cartografia detallada dels nous afloraments de materials volcànics, junt amb la descripció dels dipòsits, va permetre realitzar la interpretació del dinamisme eruptiu de cada un dels volcans. Aquestes aportacions omplen alguns buits en l'estudi de la zona volcànica de la Garrotxa i permetran explicar de manera més completa com va ser el funcionament dels volcans d'aquesta regió. Alhora, però, enceten noves incògnites que caldrà resoldre amb estudis de camp exhaustius i complementar amb treballs analítics.

VOLCÀ DEL BAC DE LES TRIES

• Situació

Aquest volcà rep el nom de l'indret on es troba, el Bac de les Tries, al vessant nord de l'altiplà de Batet que limita amb el riu Fluvià, al terme municipal d'Olot. A la primavera de 1997, l'obertura d'un sender va fer possible la troballa d'uns materials volcànics al nord-est de cal Pacient, just al sud de les instal·lacions del Club Natació Olot. Tot el Bac de les Tries està recobert per un bosc caducifoli molt dens on destaquen unes clapes de castanyers, la distribució de les quals coincideix, aproximadament, amb la dels materials volcànics. Damunt d'aquests es poden desenvolupar sòls àcids, molt apreciats pel

Taula 1. Llistat dels volcans de la comarca de la Garrotxa

	Nom del volcà	Municipi	Observacions
1	Volcà de la Canya		Molt degradat i parcialment cobert per colades de lava d'altres volcans.
2	Volcà d'Aiguanegra		
3	Volcà de Repàs		Molt degradat
4	Volcà de Repassot		Molt degradat
5	Volcà del Cairat	Sant Joan les Fonts	
6	Volcà de Claperols		Molt degradat
7	Volcà del Puig de l'Ós		
8	Volcà de l'Estany		
9	Volcà de Bellaire		
10	Volcà de Gengí		
11	Volcà del Bac de les Tries		Molt degradat
12	Volcà de les Bisaroques		
13	Volcà de la Garrinada		
14	Volcà del Montsacopa		
15	Volcà de Montolivet	Olot	
16	Volcà de Can Barraca		Degradat i parcialment cobert per colades de lava d'altres volcans.
17	Volcà del Puig Astrol		
18	Volcà de Pujalós		Degradat
19	Volcà del Puig de la Garça		Degradat
20	Volcà del Croscat	Olot/Santa Pau	Cons adventicis associats: Turó de la Pomareda, Puig s'Agonia, Turó de Can Xel i dos adventicis del flanc sud-est (sense denominació)
21	Volcà de Cabrioler		Volcà de Cabrioler (est) Santa Pau Volcà de Cabrioler (oest) Olot
22	Volcà del Puig Jordà		
23	Volcà del Puig de la Costa		
24	Volcà del Puig de Martinyà		Format per tres edificis volcànics: del Puig de Martinyà del Torn i del Puigsafont.
25	Volcà del Puig de Mar		Degradat
26	Volcà de Santa Margarida	Santa Pau	
27	Volcà de Comadega		
28	Volcà del Puig Subià		Degradat
29	Volcà de Rocanegra		
30	Volcà de Simon		
31	Volcà del Pla sa Ribera		Degradat
32	Volcà de Sant Jordi		Edifici volcànic erosionat o cobert
33	Volcà del Racó	Les Preses	
34	Volcà de Fontpobra		
35	Volcà de la Tuta de Colltort		
36	Volcà de Can Tià	Sant Feliu de Pallerols	
37	Volcà de Sant Marc		
38	Volcà del Puig Roig		Molt degradat
39	Volcà del Traiter	Les Planes d'Hostoles	Format per tres edificis volcànics: del Traiter superior, del Traiter inferior i del Puig de la Codina.
40	Volcà de les Medes	Les Planes d'Hostoles/ Sant Aniol de Finestres	Format per dos edificis volcànics: de les Medes i de Puig Rodó. El Llacunagra podria tractar-se d'un tercer edifici.

Tots es localitzen a l'àmbit del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, exceptuant el Puig de Sant Marc i el Puig Roig (Sant Feliu de Pallerols).

castanyer, mentre que la resta del vessant, té sòls bàsics formats damunt de roques carbonatades. El volcà reposa damunt de roques sedimentàries eocenes de la formació Bellmunt, integrades per alternances de conglomerats, gresos i margues de colors rogencs.

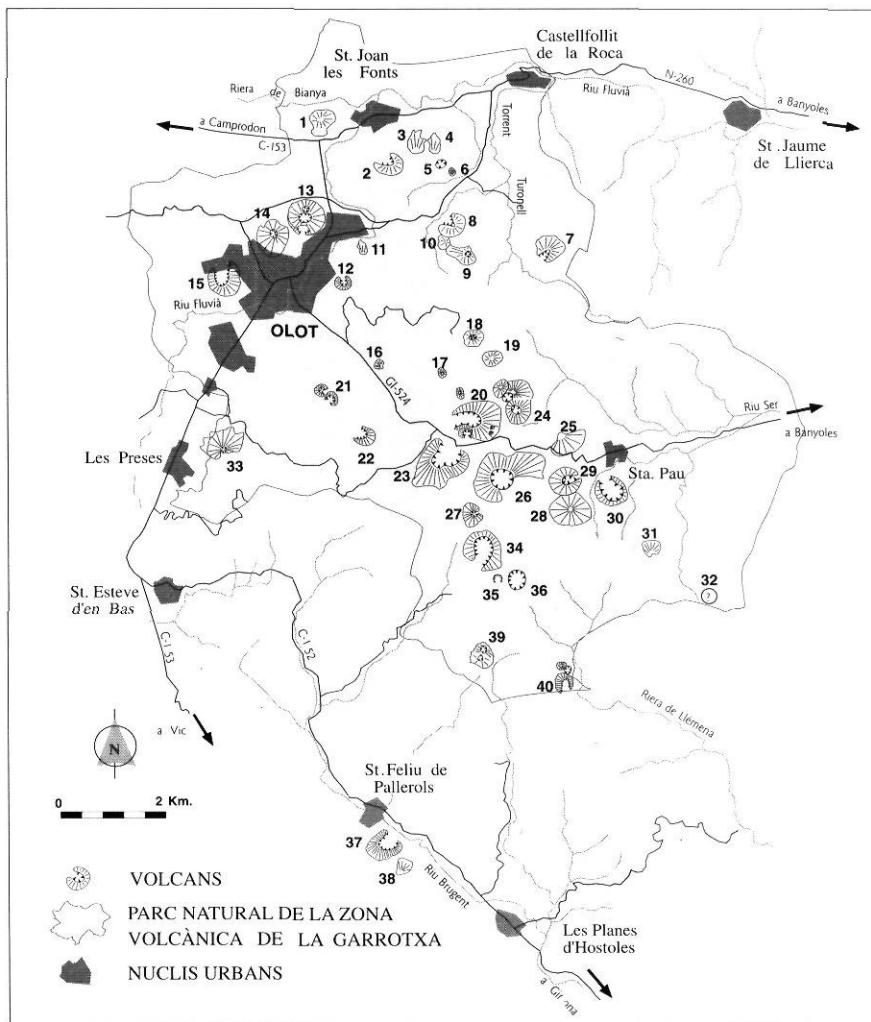
• Materials volcànics

L'edifici volcànic està completament erosionat i no queda cap vestigi del cràter, tot i això relacionats amb aquest volcà s'identifiquen dos tipus de dipòsits ben diferenciats:

— Uns dipòsits piroclàstics no compactats situats a la part alta del vessant de les Tries, entre les cotes 580 m i 430 m, que ocupen una extensió aproximada de 6 ha, només observables als marges dels camins. Es tracta de dipòsits de material fragmentari no compactat amb dos components principals: fragments de magma (juvenils) i fragments del substrat (lítics).

Els juvenils són els més abundants. Es tracta de piroclastos de color negre on predominen els de mida lapil·li (greda), que sovint estan molt arrodonits i contenen petites vesícules esfèriques, amb alguns blocs i bombes dispersos. Aquests últims presenten, en alguns casos, les típiques formes de refredament sobtat que recorden la «crosta de pa». Dins dels fragments més grossos a vegades s'observen enclavaments de margues gris-blavenques, procedents de la formació Banyoles, incorporats en el magma durant el seu ascens. Els lítics són, majoritàriament, fragments de gresos i conglomerats de colors vermellors, procedents de la formació Bellmunt, de mides mil·limètriques a decimètriques.

— Un dipòsit piroclàstic compactat, situat al peu del vessant de les Tries. Presenta una geometria de canal i per sota la cota de 420 m s'obre en



Localització dels volcans de la comarca de la Garrotxa (veure Taula I).

La terminologia aplicada

L'estudi detallat dels materials volcànics descrits en aquest treball va reafirmar la necessitat de clarificar la terminologia més idònia per caracteritzar-los i interpretar-los. En explicar el funcionament d'un volcà, se sol emprar un vocabulari intuïtiu que tendeix a confondre els tipus de dipòsits volcànics i els seus components, els mecanismes d'emplaçament d'aquests dipòsits i els processos que els van generar. És freqüent emprar termes tals com erupció, fase, pulsació, quan es parla d'activitat eruptiva, i seqüència de dipòsits, dipòsit, capa entre d'altres, quan es descriuen materials volcànics, sense tenir prou en compte el seu significat jeràrquic.

L'activitat eruptiva

L'activitat volcànica, en sentit ampli, comporta algun o diversos tipus de manifestacions: sismicitat associada a l'ascens del magma, fumaroles, formació de fluxos a temperatures altes, expulsió de piroclastos, sortida de laves, entre altres. De totes elles, el conjunt de fenòmens relacionats amb la sortida de materials des d'un centre emissor s'anomena activitat eruptiva i se n'han definit diferents unitats segons sigui la seva durada i/o estil.

La vulcanologia no sols s'interessa per la descripció dels materials volcànics, també pretén esbrinar la seva

forma de ventall, on assoleix uns 200 m d'amplada a la part més baixa. És en aquesta zona, prop de la font de les Tries, on apareixen els millors afloraments d'aquests materials volcànics que assoleixen gruixos de fins a 6 m.

El grau d'alteració del dipòsit és important. Tot i això, s'hi poden reconèixer diversos tipus de clastos englobats dins d'una matriu fina: fragments juvenils de colors foscos (molt semblants als que formaven el dipòsit piroclàstic anterior), de dimensions mil·limètriques a centimètriques i fragments lítics de gresos, margues i conglomerats, tots ells de colors rogencs, procedents de la formació Bellmunt. Els lítics més abundants són els gresos i les margues, els primers de mides centimètriques a decimètriques, i els segons de dimensions mil·limètriques, ambdós tipus apareixen normalment alterats. La matriu que els envolta és argilosa, producte de l'alteració dels fragments magmàtics més fins que integren el dipòsit.

• Interpretació

Aquests dipòsits són el producte de dues fases d'activitat eruptiva en aquest volcà. El dipòsit piroclàstic compactat de la part baixa del vessant va ser resultat d'una fase freatomagmàtica. Els fragments lítics que dominen, gresos vermells, fan suposar que l'aquífer involucrat en l'erupció fou el de la formació Bellmunt. Els materials expulsats en aquesta fase van ser transportats i emplaçats per un flux del tipus colada piroclàstica.



Cartografia bàsica del volcà del Bac de les Tries

Aquests fluxos gasosos d'alta densitat en material fragmentari es desplacen arran de superfície i es canalitzen en les zones més deprimides del terreny. El grau d'alteració i la compactació del dipòsit indica que, en el moment del seu emplaçament, contenia una gran quantitat de vapor d'aigua que acabà condensant-se.

La colada piroclàstica va produir el barratge temporal del riu Fluvià, que propicià la sedimentació d'uns dipòsits al·luvials aigües amunt, part dels quals encara es conserven a la riba dreta del Fluvià. Amb posterioritat, el riu tornà a excavar la seva llera, vorejant el peu del Bac de les Tries en el contacte amb les colades de lava del Pla d'Olot.

D'altra banda, els dipòsits piroclàstics de la part alta del vessant de les

Tries constitueixen un dipòsit de caiguda originat en una altra fase freatomagmàtica, com ho demostra la presència d'alguns lítics. En aquest cas la proporció d'aigua que interaccionà fou molt menor i, per tant, també ho fou el grau d'explosivitat.

La rellevància d'aquesta descoberta rau en el fet que es tracta d'un centre eruptiu inèdit, situat dins la cubeta olotina, que pot aportar noves dades en la caracterització de l'activitat eruptiva freatomagmàtica.

VOLCÀ DE LA TUTA DE COLLTORT

• Situació

El volcà de la Tuta es localitza a la capçalera de la vall de Sant Iscle de Colltort al municipi de Sant Feliu de Pallerols, a la cota de 750 m, entre els volcans de Fontpobra al nord-oest i el volcà de Can Tià a l'est. Tot i que algunes persones d'aquest municipi ja coneixien l'existència de la Tuta i li atribuïen un origen volcànic, aquest volcà no havia estat cartografiat ni descrit fins la primavera de 1997, quan arran d'una publicació que preparava l'Associació d'Amics de la Vall d'Hostoles es va sol·licitar la col·laboració del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa per descriure l'indret.

El fet que les vores del cràter siguin formades per roques no volcàniques i els pocs afloraments dels materials que va expulsar expliquen que s'hagués interpretat fins avui com un enfonsament d'origen càrstic, produït per dissolució dels gresos carbonatats.

gènesi. L'anàlisi detallada de les erupcions volcàniques contemporànies ha permès afirmar que cada unitat d'activitat eruptiva va generar uns productes o formes volcàniques particulars, criteri que ha estat molt útil per a l'estudi del funcionament de les zones volcàniques antigues com és la nostra.

El procediment habitual del treball en aquestes àrees és començar per la identificació dels diferents productes volcànics que hi afloren. Una vegada s'han reconegut els materials es classifiquen en unitats litoestratigràfiques—cossos de roques agrupats a partir de les seves característiques litològiques— tal com es fa amb les roques sedimentàries. L'objectiu és poder formular hipòtesis sobre els mecanismes de transport i emplaçament d'aquests materials i el tipus d'activitat eruptiva que els va generar en el passat. Quan els dipòsits estan ben conservats i poc alte-

rats, la determinació de llurs unitats litoestratigràfiques és una tasca relativament fàcil. Ara bé, quan estan erosionats, alterats, recoberts o incorporats dins de formacions sedimentàries, la seva identificació sol resultar més difícil. Per exemple, una capa d'uns pocs centímetres de gruix de cendres volcàniques que s'hagi alterat completament a argiles i que només es conservi a l'interior d'uns sediments torbosos, sol ésser difícil de detectar.

Unitats d'activitat eruptiva

En la formació d'una zona volcànica es poden diferenciar fins a cinc unitats d'activitat eruptiva. La jerarquia establerta per a aquestes unitats és, de major a menor, el període, l'època, l'erupció, la fase i la pulsació (taula 2).

La unitat d'activitat eruptiva bàsica o base és l'erupció,

- Morfologia i materials volcànics

En aquest indret es reconeix una fondalada, de forma ovalada, esbocada cap al sud-oest, de 100 per 130 m d'eixos màxims i uns 60 m de fondària, excavada en les roques sedimentàries de la formació Rocacorba que formen els nivells alts de la serra del Corb. Les parets, gairebé verticals, que envolten aquesta depressió per les bandes nord i est, estan formades per gresos calcaris. El seu fons és pla, cobert d'un atapeït bosc d'alzinar muntanyenc.

En el sector on la fondalada s'obre cap a la vall de Sant Iscle apareixen afloraments de materials volcànics on s'han pogut reconèixer uns dipòsits piroclàstics i una colada de lava.

Els dipòsits piroclàstics, molt compactats, estan formats per fragments de mida mil·limètrica de dues composicions: fragments magmàtics de color bru o negre i fragments lítics de gresos de colors ocres o vermellosos. A més, conté alguns fragments juvenils aïllats de mides bloc i bomba. No s'ha pogut esbrinar la continuïtat d'aquests dipòsits cap al sud-oest, ja que pocs metres pendent avall, queden coberts per la colada de lava. La colada, d'aspecte massiu i que no presenta fractures de refredament, només aflora en alguns marges de les feixes que s'esglaonen sota la Tuta, avui dia coberts per sòls retreballats antròpicament i envaits per falgueres.

- Interpretació

La disposició i les reduïdes dimensions dels afloraments de materials volcànics localitzats fan difícil la inter-



Volcà de la Tuta de Colltort (Sant Feliu de Pallerols).

pretació del dinamisme d'aquest volcà. Tot i això, es considera que durant la seva erupció es van succeir com a mínim dues fases.

La primera, de tipus freatomagmàtic, va excavar les roques sedimentàries del substrat i formà la depressió ovalada que correspon al cràter d'explosió. Els dipòsits piroclàstics resultants van ser expulsats en direcció sud-oest, on el cràter s'obre cap a la vall de Sant Iscle. La composició i coloració dels fragments lítics mostra que l'aquífer que intervingué en aquesta fase fou el de la formació Bell-

munt. El grau de fragmentació i compactació dels components d'aquest dipòsit indica que el seu emplaçament es va produir a través d'un flux del tipus onada piroclàstica. Aquests fluxos, barreja de gas i fragments de magma i roca, són poc densos en material fragmentari i recobreixen, avançant arran de terra, les irregularitats del relleu preexistent.

La segona fase eruptiva fou de tipus efusiu i va generar la petita colada de lava. L'erosió posterior i la cobertura vegetal només permeten observar-la a una cota inferior.

L'interès d'aquesta descoberta rau en el fet que aporta noves dades per entendre el funcionament del sistema volcànic Fontpobra-la Tuta-Can Tià, que alterna fases eruptives estrombolianes i freatomagmàtiques. Un estudi detallat dels materials emesos pels dos altres centres eruptius d'aquest sistema i dels vincles que mantenen amb els productes generats pel volcà de la Tuta ajudaria a resoldre les incògnites que romanen pel que fa a les seves relacions espacials i temporals.

VOLCÀ DE CAN BARRACA

- Situació

El volcà de Can Barraca se situa al vessant sud-est de l'altiplà de Batet (Olot), a l'altura del punt quilomètric 2 de la carretera d'Olot a Santa Pau (GI-524). Aquest edifici volcànic ja havia estat citat per mossèn Josep Gelabert, el 1904, en la seva obra «Lo: volcanes extinguidos de la Provincia de Gero-

que pot durar de dies a mesos, o en alguns casos fins i tot anys. A l'hora de considerar els materials expulsats, queda representada per una seqüència de dipòsits (membre). Per poder parlar de dues erupcions diferents des del mateix centre emissor, ha d'haver transcorregut un lapse de temps prou llarg entremig perquè es desenvolupin sòls o bé es donin processos d'erosió no volcànics. Així doncs, la presència d'aquests sòls o de les superfícies d'erosió dins una successió de productes volcànics són els que permeten reconèixer el límit entre dues seqüències de dipòsits.

Generalment, en cada seqüència es poden reconèixer diferents conjunts de dipòsits (unitats), segons les característiques granulomètriques, morfomètriques i el grau de compactació dels productes volcànics que els integren. Les diferències en aquests paràmetres ens indiquen un canvi en l'estil de l'erupció. Cada un d'aquests conjunts,

integrat per un o diversos dipòsits, és generat per una fase eruptiva, la qual pot durar minuts, hores o pocs dies.

De la mateixa manera, a l'interior dels dipòsits podem diferenciar capes o nivells (les unitats litoestratigràfiques reben el mateix nom) de materials volcànics a partir de les estructures sedimentàries que hi són presents. Els diferents nivells indiquen cada una de les pulsacions que ha tingut una fase. Una pulsació eruptiva pot durar des de segons fins a alguns minuts i és la unitat d'activitat eruptiva més petita.

En un ordre superior, l'època eruptiva comprèn diverses erupcions i pot tenir durades d'alguns centenars o milers d'anys. Finalment, el període eruptiu comporta la successió de diverses èpoques eruptives, separades per intervals de temps prou importants perquè es puguin produir fenòmens tectònics: plegaments, falles, etc.

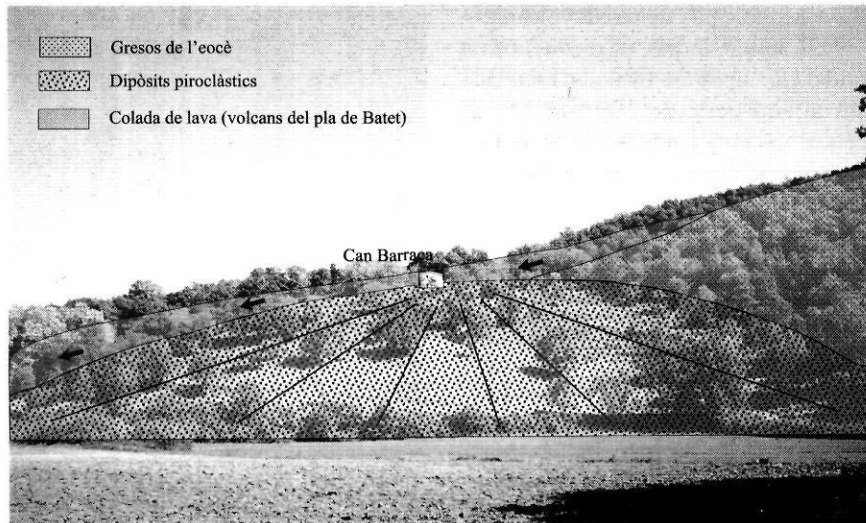
na», cartografiat aproximadament per Jaume Marcet i Riba (1927) i catalogat per Maximino San Miguel de la Cámara (1927). No s'havien revisat aquestes cites, ni cartografiat l'edifici volcànic en cap dels mapes geològics publicats durant els darrers seixanta anys.

L'edifici volcànic es troba en un estat avançat de degradació natural i els seus flancs estan recoberts per un seguit de feixes esglaonades. No s'observen indicis del cràter i el con està parcialment cobert per colades làviques procedents d'altres volcans posteriors. El març de 1997 es van observar uns dipòsits piroclàstics en el talús d'una carretera eixamplada feia poc per accedir a can Barraca, la masia que dóna nom al volcà.

• Materials volcànics

La part aflorant d'aquest antic volcà, amb un desnivell de 65 m, té planta triangular d'uns 300 m de costat i una superfície aproximada de 4 ha. En el sector est, els dipòsits de materials volcànics recolzen en el relleu ecocènic, format per gresos carbonatats de la formació Bracons. Una colada basàltica posterior que davalla de Batet recobreix parcialment l'edifici volcànic pel nord, mentre que una altra colada basanítica que prové del Croscaat limita amb els dipòsits pel sud.

Els materials que constitueixen el con volcànic són un conjunt de dipòsits piroclàstics de colors rogencs no compactats. Contenen fragments juvenils, majoritàriament de mida



Volcà de Can Barraca (Olot)

lapil·li (greda), de morfologies irregulars i molt vesiculats, amb una proporció variable de cendres i esporàdicament algunes bombes volcàniques, que arriben a assolir dimensions mètriques.

Per sobre la cota de 600 m, damunt de can Barraca, en el contacte entre els dipòsits piroclàstics i la colada de lava d'aproximadament un metre de gruix, que els recobreix, apareix un sòl de textura argilosa, de color roig intens, metamorfitzat. Les argiles que el formen són conseqüència de l'alteració de lapil·li i cendres del con volcànic. El seu color rogenc és producte de la transmissió de calor i l'intercanvi d'oxigen durant l'emplaçament de la colada de lava, a centenars de graus de temperatura.

• Interpretació

Les característiques dels dipòsits piroclàstics indiquen que es tracta d'un dipòsit de caiguda generat per una fase eruptiva de tipus estrombolià. D'altra banda, l'absència de discontinuïtats remarcables dins dels dipòsits fa pensar que el con volcànic va ser construït en aquesta única fase. Els afloraments descrits semblen correspondre al flanc meridional del con volcànic.

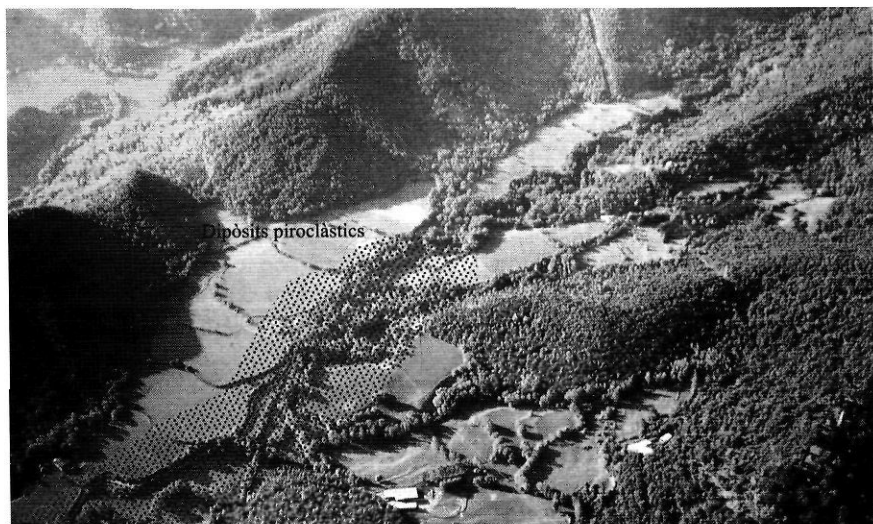
La cartografia de la colada de lava basàltica, que recobreix l'edifici volcànic, permet deduir que va ser emesa per un focus emissor situat més a l'est de can Barraca. El paleosòl indica que després de la formació del con volcànic i abans de l'emplaçament d'aquesta colada de lava va haver-hi un lapse de temps suficient perquè pogués desenvolupar-se

<i>Productes i formes volcàniques</i>	<i>Unitats litoestratigràfiques</i>	<i>Unitats d'activitat eruptiva</i>
Capès o nivells	Capa o nivell	Pulsació eruptiva
Dipòsits	Unitat	Fase eruptiva
Seqüència de dipòsits	Membre	Erupció
Volcans	Formació	Època eruptiva
Camps volcànics	Grup	Període eruptiu

Taula 2: Equivalències entre productes volcànics, unitats litoestratigràfiques i les unitats d'activitat eruptiva que els/les generen (a partir de Fisher i Schminke, 1984).

L'illa de Tenerife, a l'arxipèlag de les Canàries, pot ser un bon exemple per il·lustrar aquestes equivalències entre productes volcànics i unitats d'activitat eruptiva. El camp volcànic, que constitueix tota l'illa de Tenerife, s'ha format al llarg del període eruptiu, de més de vint milions d'anys, encara vigent en l'actualitat. En aquest període,

s'han succeït diferents èpoques eruptives; una de les més recents és la que ha format el volcà Teide. En aquest volcà s'han produït diverses erupcions i per tant el con volcànic està format per diferents seqüències de dipòsits. Els conjunts de dipòsits que constitueixen aquestes seqüències han estat formats per diverses fases eruptives.



Vista aèria obliqua de la vall dels Arcs on es troba el volcà de Sant Jordi (Santa Pau).

lupar-se. L'edat d'ambdues erupcions volcàniques, la del con i la de l'emissió basàltica, són desconegudes.

El volcà de Can Barraca i, en particular, la seva relació amb la colada de lava suprajacent, aporta un nou element a l'estructura geològica de l'altiplà basàltic de Batet, un sector encara poc conegut, on es localitzen les erupcions volcàniques més antigues de la regió volcànica de la Garrotxa.

VOLCÀ DE SANT JORDI

• Situació

El volcà de Sant Jordi es troba situat a la vall dels Arcs de Santa Pau, al vessant nord de la Serra de Finestres. Els afloraments dels materials que va emetre s'estenen des de la cota 475 fins

a 415 m, prop de l'aiguabarreig entre el riu Ser i la riera dels Arcs.

L'edifici volcànic no apareix esmentat en cap biografia ni catàleg de la zona volcànica de la Garrotxa. Tanmateix, els afloraments de la vall dels Arcs van ésser citats en un treball inèdit de Pierre Guardia (1964), on descriu breument dues unitats que anomenà «brèche volcànique» i «brèche à cendres». En un dels talls geològics que s'inclouen en aquest treball, atribuí l'origen dels dipòsits a un volcà anomenat Sant Jordi a la cota 725, on després de fer una exhaustiva tasca de camp no s'ha localitzat cap centre eruptiu. Anys més tard Lluís Pallí (1981) va cartografiar també uns afloraments discontinus en aquest sector, que anomenà «piroclastos soldats i cimentats», sense assenyalar-ne l'origen.

• Materials volcànics

Els dipòsits piroclàstics de la vall dels Arcs tenen una longitud, mesurada de nord a sud, de 1700 m. Tot i que, com que es troben recoberts tant en les cotes més altes com en les parts baixes, per altres materials més moderns, s'estima que tenen una longitud total d'uns 2.000 m. La seva amplada varia entre 200 i 350 m i el volum es pot acotar entre els 0,2 i 0,4 Hm³.

La riera dels Arcs s'ha encaixat entre els dipòsits piroclàstics i mostra afloraments espadats o desplomats a les seves ribes. El substrat sobre el qual s'assenten està format, a la meitat superior, per dipòsits al·luvials quaternaris i, a la part baixa, per una colada de lava.

En els afloraments s'han identificat 12 nivells agrupats en tres dipòsits diferents, que constitueixen la seqüència de dipòsits del volcà de Sant Jordi. Descrits de la base al sostre de la seqüència, aquests són:

— Un dipòsit piroclàstic compactat. Els seus components són fragments juvenils de mida cendra, força alterats i fragments lítics de roques sedimentàries rogenques de mides diverses. S'hi poden distingir dos nivells (B1 i B2), de 20-50 cm de gruix el primer i de 50 cm el segon. La capa B2 té la base clarament erosiva i el sostre pla, i conté els lítics de dimensions més grans.

— Un dipòsit piroclàstic no compactat format majoritàriament per fragments juvenils de mida lapil·li i cendra. Té un gruix d'1,20 m i s'hi poden distingir 6 nivells (B3-B8). Els fragments lítics hi són quasi

Cada una d'elles ha tingut diverses pulsacions donant com a resultat nivells i capes dins dels dipòsits.

En el cas de la zona volcànica de la Garrotxa els productes volcànics permeten reconèixer diferents erupcions i dins d'aquestes, fases i pulsacions. Cal remarcar que els volcans en aquesta zona van tenir, en general, una única erupció. Per exemple, a partir de la seqüència de dipòsits generada en l'erupció del volcà del Croscat s'interpreten tres fases eruptives (fig. 7), cada una d'elles representada per un dipòsit de característiques específiques. La primera fase de tipus estrombolià va donar lloc a un dipòsit de blocs escoriàcics soldats que apareix a la base de la seqüència. La segona, també estrombolià, va generar un dipòsit de blocs, lapil·li i cendres. La tercera fase, de tipus efusiu, queda representada per la colada de lava. Les pulsacions eruptives que es produeixen dins una fase queden

ben representades en el segon dels dipòsits on es pot observar la superposició de diferents nivells o capes.

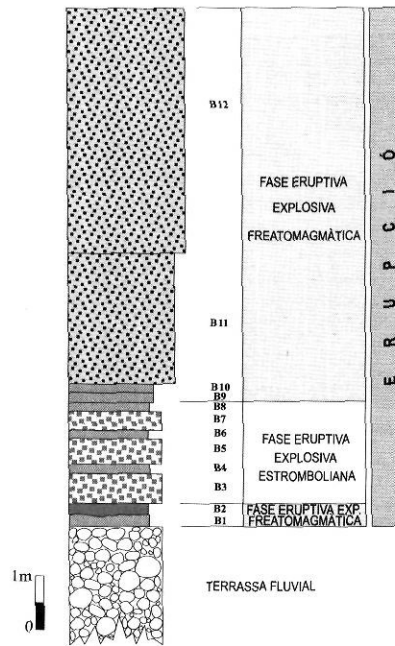
L'aplicació de les equivalències entre productes volcànics i les unitats d'activitat eruptiva d'ordre superior, l'època i el període eruptiu, presenten algunes dificultats, a causa de la manca d'estudis globals que aprofundeixin en les relacions estructurals, geocronològiques i petroològiques de les zones volcàniques d'Europa occidental. Tradicionalment, a la zona volcànica catalana s'han diferenciat tres àrees: la Garrotxa, la Selva i l'Empordà. Aquestes divisions han estat establertes, bàsicament, a partir de la situació geogràfica dels edificis o afloraments volcànics i es basen en dades de geocronologia molt puntuals; criteris que no són suficients per aplicar-hi els termes d'època o període eruptiu.

absents, llevat del nivell B4, on hi ha fragments mil·limètrics de gresos i argiles de color vermell. En general, els fragments juvenils presenten morfologies irregulars, tot i que en els nivells B4, B6 i B8 es pot apreciar un cert grau d'arrodoniment, així com una menor vesiculació.

— Un dipòsit piroclàstic compactat en què es diferencien quatre nivells (B9-B12). Les dues capes de la base, B9 i B10, de 5 cm de gruix cadascuna, estan formades per fragments juvenils i lítics de roques sedimentàries rogenques de mida centimètrica englobats en una matriu de cendres.

Els dos nivells de la part superior, B11 i B12, tenen gruixàries variables, el primer de 2 a 3 m i el segon de 2 a 6 m. El contacte del nivell B11 amb les capes subjacents és net en les cotes més baixes de la vall, però sembla transicional en les parts més altes. La base de la capa B12 és erosiva i té el sostre pla. Es tracta de nivells formats per fragments juvenils i lítics centimètrics englobats en una matriu argilosa, amb abundància de cendres volcàniques alterades. Els lítics predominants són els de roques sedimentàries de color vermell, tot i que a la capa B12 també hi ha gresos, margues, limolites i lutites de color gris. En aquest últim nivell s'observen també abundosos clastos de mida bloc que poden arribar a mesurar fins a un metre de diàmetre.

A la part alta de la vall dels Arcs, la seqüència descrita està recoberta per un ventall de dipòsits sedimentaris al·luvials, amb gruixos que oscil·len des dels pocs decímetres fins a diversos



Columna estratigràfica dels materials volcànics localitzats a la vall dels Arcs (Santa Pau)

metres. A la part més baixa de la vall, a la zona de la font del Racó, apareix al sostre un nivell piroclàstic laminat d'entre 10-15 cm de gruix recobert per una colada de lava de procedència indeterminada que canvia lateralment de fàcies escoriàcia a lenticular. Aquesta colada reposa directament sobre el nivell B12 a la cota 440 m, on té gruixos d'entre 0,5-1 m, però uns metres més avall assoleix uns 5 m de gruix.

• Interpretació

L'activitat eruptiva del volcà de Sant Jordi comprèn tres fases eruptives

que van generar els dipòsits que s'han descrit. La primera fou de tipus freatomagmàtic. La composició i coloració dels lítics presents (gresos i argiles vermelles) en els nivells B1 i B2 indiquen que l'aquífer que va intervenir en l'erupció fou el de la formació Bellmunt. La granulometria i el grau de compactació de les cendres explica que l'emplaçament d'aquest dipòsit es va produir a través d'un flux tipus onada piroclàstica, el qual recobreix el relleu preexistent.

L'esgotament transitori de l'aigua de l'aquífer va induir a un canvi en el dinamisme eruptiu, donant pas a una fase de tipus estrombolià, que generà un dipòsit de caiguda (nivells B3 a B8). Només en els nivells B4, B6 i B8 els fragments de mida lapil·li presenten un cert arrodoniment i concretament en el nivell B4 es troba una petita proporció de lítics, la qual cosa indica que es produïen petites interaccions aigua-magma, sense arribar a incrementar l'amplada del conducte ni a esmicolar-lo de manera important.

Una nova entrada d'aigua, que interaccionà amb el magma, va provocar un canvi en el dinamisme eruptiu i s'inicià una tercera fase de tipus freatomagmàtic. Aquesta fase fou la més important pel que fa al volum de materials expulsats.

El grau de fragmentació i compactació dels dos primers nivells d'aquesta unitat (B9 i B10) s'interpreta com un dipòsit d'onada piroclàstica. Els lítics sedimentaris de color vermell que hi són presents permeten afirmar que és

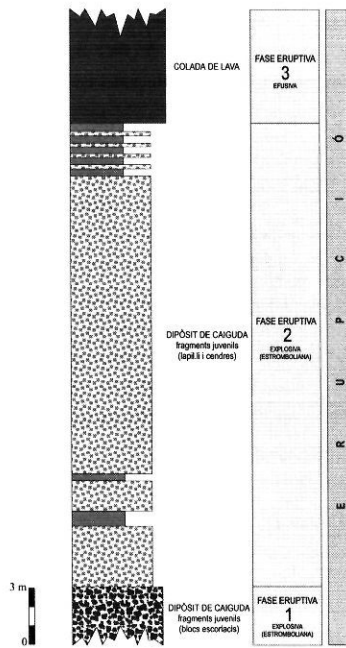
Tipus d'activitat eruptiva

L'activitat eruptiva, segons sigui l'estil d'emissió dels materials des del centre emissor, pot ser de dos tipus: efusiva o explosiva.

L'activitat efusiva, normalment associada a les últimes fases d'una erupció, es caracteritza per l'emissió tranquil·la de colades de lava, que flueixen per les zones més deprimides. Aquesta activitat es relaciona amb magmes pobres en gasos. El resultat de la solidificació d'aquests fluxos de lava són cossos de roques massius, en el cas de la Garrotxa de composició basàltica i basanítica. En la major part dels casos, presenten diferents tipus de disjunció (columnar i en lloses), deguda a la retracció que pateix la lava líquida en el moment del seu refredament.

La fragmentació i expulsió de forma violenta dels productes volcànics és el denominador comú de l'activitat explosiva. En el vulcanisme de la Garrotxa, a causa de la composició bàsica dels magmes, l'activitat explosiva va ser de tipus estrombolià, tot i que també n'hi va haver de tipus hidrovulcànic (freatomagmàtic).

L'activitat estrombolià es caracteritza per una explosivitat baixa, fruit de l'escapament del gas barrejat en el magma, generalment de composició bàsica. Els productes relacionats amb aquests tipus d'activitat són els dipòsits de piroclastos juvenils — fragments de magma— que segons les seves dimensions s'anomenen blocs, lapil·li (gredes) i cendres. Aquests dipòsits s'anomenen de caiguda, ja que l'emplaçament dels fragments és un a un i a partir de trajectòries parabòliques, majoritàriament al voltant del centre eruptiu.



Interpretació de les fases eruptives del volcà del Croscat.

novament l'aigua de les roques de la formació Bellmunt la que interacciona amb el magma durant aquesta fase. També en les dues últimes capes (B11-B12) predominen els lítics d'aquest tipus, tot i que la presència de gresos, margues i lutites de colors grisos en l'última capa (B12) fa suposar la intervenció de l'aquífer de la formació Bracons, que es troba per sota la formació Bellmunt. D'altra banda, l'heterometria i disposició caòtica dels components d'aquestes dues últimes capes permeten pensar que van ser formades per l'emplaçament d'un flux tipus cola-

da piroclàstica. Aquests fluxos gasosos són més densos en fragments de roca que els d'onada piroclàstica i tendeixen a encaixar-se en zones deprimides.

Sembla probable que el centre emissor d'aquests dipòsits estigués situat al damunt d'una fractura de direcció nord-sud que controla la morfologia de la vall dels Arcs de Santa Pau. Se suposa que el cràter es troba per sobre de la cota 475, límit superior dels dipòsits piroclàstics, que hauria quedat recobert per sediments al·luvials i de peudemont, provinents de l'erosió del vessant nord de la Serra de Finestres. L'edat d'aquesta erupció volcànica és desconeguda.

La descoberta del volcà de Sant Jordi aporta un nou element de gran entitat al vulcanisme de la Garrotxa, alhora que ofereix un clar interès per caracteritzar l'activitat eruptiva freatomagmàtica de la regió volcànica catalana, una activitat que cada vegada es demostra que fou més important. Els afloraments dels seus dipòsits freatomagmàtics poden considerar-se els millors del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, motiu pel qual tenen una importància científica i pedagògica molt remarcables.

Dolors Ferrés i Llorenç Planagumà. Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa.
Albert Pujadas. Àrea de Geodinàmica. Departament de Ciències Ambientals, UdG.
Josep M. Mallarach. School of Public and Environmental Affairs, Indiana University, USA.
Joan Martí. Institut de Ciències de la Terra «Jaume Almera» (CSIC), Barcelona.

Referències esmentades

- BOLÒS, F. (1820) *Noticia de los extinguidos volcanes de la villa de Olot*. Memoria de Agricultura y Artes. Barcelona. 46 pàg.
- BOLÒS, F. (1841) *Noticia de los extinguidos volcanes de Olot. Y de sus inmediaciones hasta Amer y de los nuevamente descubiertos, todos ellos en la provincia de Gerona, de la naturaleza de sus productos y de sus aplicaciones* (20 edición ampliada) Ed. Hereus Vda. Pla, Barcelona. 84 pàg.
- CALDERÓN, S.; CAZURRO, M., i FERNÁNDEZ NAVARRO, L. (1907) *Formaciones volcánicas de la provincia de Gerona. Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*. Tomo IV, Mem. 50, 500 pàg. Madrid.
- FISHER, R.V. i SCHMINCKE, H.U. (1984) *Piroclastic Rocks*. Springer-Verlag, 472 pàg. Berlín.
- GARGANTA i FÀBREGA, M. de (1936) *Francisco de Bolòs y la cultura de su tiempo*. Tesis doctoral. Universidad de Madrid (1934). Ed. Librería Verdaguier, Barcelona. 231 pàg.
- GELABERT, J. (1904) *Los volcanes extinguidos de la provincia de Gerona*. Impremta Octavi Viader. Sant Feliu de Guíxols.
- GUARDIA, P. (1964) *Contribution à l'étude des volcanes de la province de Gérone et du paléomagnétisme de leurs coulées*. Thèse 3^{ème} cycle, Faculté de Sciences, Université de Paris. Inèdit, 56 pàg.
- LYELL, C. (1830) *Principles of Geology*. Reeditada diverses vegades, la darrera de les quals l'any 1990 per la University of Chicago Press, amb una extensa bibliografia elaborada per M. J. Rudwick.
- MACLURE, W. (1808) *Extrait d'une lettre de W. Maclure sur les volcanes d'Olot, en Catalogne*. *Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire Naturelle et de Arts*, Paris, Vol. 66, pàg. 219-220.
- MALLARACH, J. M. i RIERA, M. (1981) *Els volcanes olotins i el seu paisatge. Iniciació a la seva coneixença segons nou itineraris pedagògics*. Editorial Serpa. Barcelona, 250 pàg.
- MALLARACH, J. M. (1982) *Carta geològica de la regió volcànica d'Olot*. *Litologia i morfologia*. Escala 1:20.000. Ed. Maber. Ajuntament d'Olot.
- MARCET i RIBA, J. (1927) *Carte geologique de la région volcanique d'Olot*. Escala 1:40.000. Inèdita.
- PALLÍ BUXÓ, L. (1981) *El vulcanisme de les comarques gironines. I. La Garrotxa*. Escala 1:33.000. Diputació de Girona i Departament de Geologia del Col·legi Universitari de Girona.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1927) *Catálogo de los volcanes de la provincia de Gerona*. *Bulletin Volcanologique* núm. 13-14, pàg. 279-292, Nàpols.
- TOURNON, J. (1969) *Les roches basaltiques de la province de Gerona (Espagne) basanites à leucite et basanites à analcime*. *Bulletin de la Société Française de Minéralogie et Cristallographie*, 92: 376-382.

L'activitat hidrovulcànica es produeix per la interacció de magma o calor magmàtic amb una font externa d'aigua superficial o subterrània.

El freatomagmatisme és un terme més específic, que s'utilitza per indicar l'activitat eruptiva hidrovulcànica en la qual intervé aigua freàtica (aigua subterrània).

Les violentes explosions que es produeixen són degudes a la vaporització instantània de l'aigua que entra en contacte amb el magma a alta temperatura.

Es formen dipòsits fragmentaris, amb piroclastos de mides que van des de cendres fins a blocs, i que composicionalment contenen fragments del magma (fragments juvenils) i de les roques que envolten el conducte volcànic (fragments lítics).

Els materials són transportats a través de dos tipus de fluxos: les onades piroclàstiques, que recobreixen la topografia i les colades piroclàstiques, més denses en material fragmentari, que s'emporten en les zones més deprimides del relleu.