

GEOLOGIA

EL VULCANISME D'OLOT

Pau López i López

RESUMEN

Trabajo sobre las últimas manifestaciones de vulcanismo en la comarca de la Garrotxa (Girona) que duraron hasta el neolítico.

KEY WORDS: Vulcanism in Olot. La Garrotxa. Katalonian

PREÀMBUL

És suficientment conegut que la temperatura en les capes terrestres s'incrementa amb la fondària, la qual pot assolir en alguns indrets un grau d'escalfor per metre de profunditat. Però aquest increment de la temperatura o gradient geotèrmic és sempre més acusat en els dics, lacòlits, cúpules, batòlits i demés accidents de l'escorça de la Terra.

La calor magmàtica escalfa l'aigua fins l'ebullició quan aquesta penetra a suficient fondària per a tornar a la superfície en forma de fons termals, com ara al nostre país les de Caldes de Montbui o Caldes de Malavella.

En aquest treball no podem parlar de tots els aspectes del vulcanisme, ni dels nombrosos problemes que comporta, però sí que és important conèixer uns quants elements essencials que ens posin sobre avís davant, per exemple, d'una erupció fortuïta. Hem de pensar que el vulcanisme no és més que un fenomen superficial accessori, d'una mena de malaltia de la pell del planeta.

Jo penso – com deia el nostre mestre, Fourmarier- que la geologia oceànica és la responsable de la formació de les tres quartes parts de les roques que es troben a la superfície de la Terra; la resta, una part important, correspon a la tectònica produïda pels moviments de desplaçament de les plaques continentals.

El vulcanisme pròpiament dit, es produeix en terra ferma. Si s'examinen en un mapamundi, la formació dels principals eixos vertebradors de la Terra, formats per l'orogènia Alpina, s'observen encara residus de vulcanisme, una prova de que el seu assentament no es pot comptar per anys, sinó per segles.

INTRODUCCIÓ

A les darreries del Terciari, els Pirineus es veieren afectats per grans fractures (falles) d'orientació NW al SW, que interessaren a una part del Pirineu produint un ensorrament que va originar la fosa de la Cerdanya i del Conflent. D'altra banda, entre el Ripollès i la Garrotxa es formaren un sistema de falles, algunes de les quals amb un salt de més de 1.500 m, que s'orienten de NW a SE, creant l'anomenat Sistema Transversal Català amb diversos blocs tabulars o basculants, com el de la depressió d'Olot, els cims de Puigsacalm, de les serres de Finestres i del Corb.

Per aquest indrets de falles -i ja en ple Quaternari- s'inicien les erupcions durant el Miocè persistint al llarg del Pliocè, fins ben entrat el Pleistocè. A Hostalric es pot observar una de les colades volcàniques més properes a Barcelona.

De les 40 boques enumerades en van sorgir corrents de lava basàltica que es van escórrer vers les valls del Fluvià, del Ter o tancant la vall d'en Bas per formar un llac avui desaparegut sota els al·luvions. Una datació mitjançant mètodes radioactius ha avaluat els corrents de lava en 110.000 anys, els quals correspondrien al penúltim període glacial del Quaternari.

Els cons piroclàstics constituïts per materials molt porosos i de granulometria superior als llims, evolucionaren poc en climes freds i, en canvi, són ràpidament desmantellats en climes càlids i àrids.

En general, el pendent dels cons volcànics d'Olot és de 22 a 24 graus. El clima (precipitació i temperatures) han fet evolucionar els relleus volcànics vers formes concavo-convexes, fins el punt d'alleugerir les diferències morfològiques inicials per a reunir-les en dos grans grups:

Volcans amb cràter de tipus regular i central sobre del con, com ara el Montsacopa, el Santa Margarida i el puig Astrol.

Volcans amb cràters oberts lateralment fins a la base o de ferradura, des d'on es pot observar l'inici de la colada basàltica, entre els quals destaquen el Montolivet, el Croscat i el del puig d'en Jordà.

La disposició orogràfica de la depressió d'Olot reté els vents humits de la mediterrània, els quals afavoreixen l'existència d'un clima més aviat plujós, amb 96 dies de precipitacions a l'any. Aquesta marcada precipitació ha permès durant tot el Wurmia la permanència d'un mantell edàfic, que en última instància és el responsable de la òptima conservació dels cons volcànics.

1. VULCANOLOGIA

Un volcà es pot definir com una muntanya, generalment cònica, que allibera per mitjà d'una xemeneia central o de varies adjacents, gasos, líquids, materials piroclàstics i materials sòlids.



Figura 1. Materials volcànics expulsats. 1. Bomba volcànica expulsada verticalment i en rotació. 2. Fragment quartejat en forma de pa.

El basalt prové d'un magatzem o cambra magmàtica situada a gran fondària, dintre mateix de la crosta terrestre. Els productes emesos per cadascun dels volcans són químicament iguals als materials plutònics, tasl com el granit, la sienita, la granodiorita, ... representants moltes vegades pels seus homòlegs volcànics. L'única diferència que els separa és que els materials efusius, procedents de manifestacions volcàniques es refreden ràpidament, en tant que els materials plutònics tenen un refredament més lent.

Els volcans es poden dividir en diversos tipus segons la freqüència dels materials emesos, entre els quals les colades basàltiques solen ser les menys fluïdes.

Volcans en escut

Els materials emesos són molt bàsics. L'emissió de la colada i la surgència dels gasos es realitza de forma molt tranquil·la i sense explosions. Aquest tipus de volcà pot formar edificis volcànics de prop de 8.000 m d'alçada des del nivell del sòl oceànic, tals són el Mauna Kea i el Mauna Loa, de les illes Hawai, d'uns 4.000 m sobre els nivell del mar.

Erupcions de basalt en Meseta

Bona part dels basalts emergits són els anomenats en meseta. Formats a partir de laves molt fluïdes emeses a través de fissures que cobreixen immenses superfícies sobre els continents. Els dos conjunts més grans d'aquest tipus de basalts, amb més de 1.000 km², són els de Columbia (serralada Pacífica, USA) i els basalts de l'altiplà de Deccan (Índia), els quals foren emesos a raó d'1 km³ cada 1.000 anys. Aquesta emissió és emblant, per les característiques i forma, a la dels volcans d'escut.

Estratovolcans

Són els volcans que presenten una associació de colades i de piroclasts, materials que es formen en l'explosió del volcà, en ser projectats a l'aire refredant-se durant la trajectòria alhora que perden ràpidament la fase gasosa. El con volcànic està format bàsicament per piroclats de tipus estrombolià amb una colada emesa de forma tranquil·la.

Volcans de tipus domàtic o peleà

En ells no hi ha emissió de lava pel fet de l'elevada acidesa de les seves emissions formades en bona part per riolites i traquites. L'erupció sol caracteritzar-se per la projecció de núvols calents de gasos, sobresaturats en vapor d'aigua sobreescalfada i de cendres calentes que s'escorren per les vessants del volcà, a uns 100 km/h, talment com si es tractés d'una allau. Un exemple el tenim en l'erupció del Vesubi l'any 79 a. C., sepultant la ciutat d'Herculà o l'erupció del 5 d'agost de 1851 en què un núvol calent va arrasar la ciutat de Sant Pierre (Martinica) causant la mort de 30.000 persones. Al finalitzar l'erupció, la lava que s'havia solidificat dintre de la xemeneia va sortir cap a l'exterior per la pressió dels gasos i les altes temperatures, formant una agulla de lava endurida que es va anar elevat fins l'alçada de 300 m.

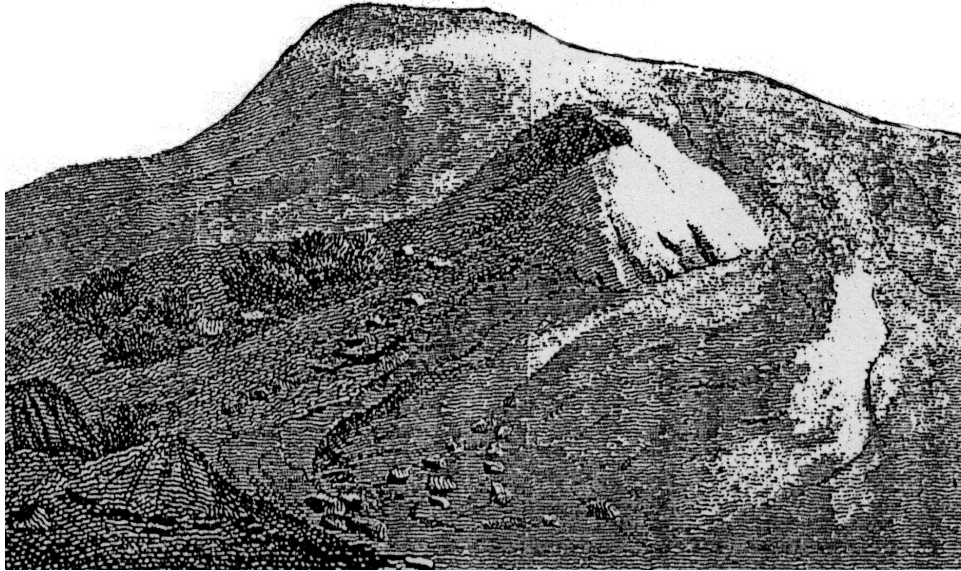


Figura 2. Volcà de les Bisaroques. Vist des del Montsacopa. Dibuix de Debilly, (1828)

Es precís indicar que, malgrat que un edifici volcànic expulsi basalts rics en sílice, no sempre les emissions han de ser les mateixes, produint-se canvis en els materials emesos.

Indicades ja unes quantes consideracions generals sobre els volcans, podem centrar-nos en els volcans de la Garrotxa.

Aquests volcans són un exemple de formació de volcans centrals per la localització de l'activitat en un únic punt de la fissura eruptiva. El fet que els volcans centrals es trobin molt sovint alineats, demostren estar vinculats amb les grans falles, malgrat el fet d'haver pogut sorgir el magma en alguns punts concrets, els quals correspondrien a indrets on la fractura principal està seccionada per altres de transversals.

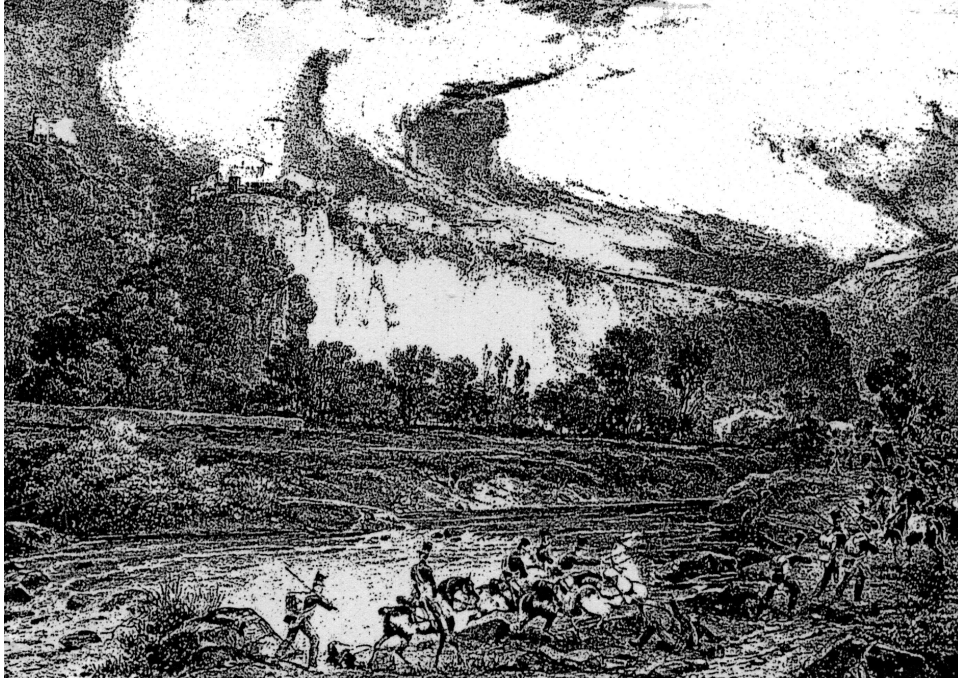


Figura 3. Vista de la zona basàltica de Castellfollit de la roca. Dibuix de Debilly, (1828)

El vulcanisme de la Garrotxa pot ser qualificat de tipus fissural continental, és a dir, que tots els punts d'emissió de lava es troben disposats seguin les falles, normalment en el entrecreuament de dues o tres falles.

Els cons volcànics són senzills i de tipus central, amb una magnitud relativament reduïda; havent-se format per acumulació de materials piroclàstics, acompanyats de núvols de gas i cendra, explosions sorolloses amb la projecció de bombes volcàniques i, molt sovint de corrents basàltiques fluïdes.

Per tant, poden considerar-se volcans de tipus mixt o estrombolians encara que la continuïtat de les erupcions s'hagi anat espaïant fins la segona meitat del Quaternari. L'activitat de cada volcà degué ser efímera: es formava el con, emetia una colada i s'apagava definitivament. Cada nou paroxisme eruptiu es traduïa en el naixement d'un o dos volcans nous, tot i que el Croscat amb els sis cons adventicis i el puig de Martinyà haurien tingut una història més complexa.

2. ELS MATERIALS

Els materials que formen la zona volcànica d'Olot es poden dividir en dos grans grups:

2.1.Les roques d'origen volcànic o les relacionades amb el vulcanisme.

En tot aparell volcànic de tipus estrombolià, s'hi poden distingir diferents materials que classifiquem per la seva forma d'emissió.

2.1.1. Piroclast

Fragments llençats pel volcà i que gairebé sempre es refreden durant la trajectòria que segueixen en ser projectats en les explosions volcàniques. Es poden dividir en funció del diàmetre mig de les mostres en Bombes volcàniques, Blocs, Lapid·li i Cendres.

Bombes volcàniques

Fragment de mida gran que pot assolir des dels 30-40 cm fins més d'1 m de diàmetre. Presenten forma de fus pel fet que, al ser projectades a l'espai, roden sobre elles mateixes adquirint una forma allargassada. En cadascuna d'elles es pot distingir una certa zonació, amb una part externa formada per escòria volcànica i una part interna gairebé sense bombolles i més massissa.

A la zona d'Olot són força abundants les bombes de grans dimensions, especialment al volcà Croscat i en la Banya d'en Boix. Si els exemplars són molt grans se'ls anomena Blocs.

Lapid·li

La seva mida pot variar entre 4 i 32 cm de diàmetre i és de molt, el material que forma la majoria de volcans d'Olot. Són els fragments projectats pel volcà que alhora li donen la forma troncocònica habitual pel seu procés de sedimentació que acostuma a presentar angles molt elevats d'inclinació (declivi) i que s'acumulen de forma estratificada.

El color dominant d'aquests dipòsits és el negre brillant i bona part presenten una estructura vitrificada pel ràpid refredament; al mateix temps, solen presentar bombolles a causa dels gasos que contenen.

Cendres

Altre material freqüent en les erupcions volcàniques del tipus estrombolià són les cendres, partícules de mida molt petita. En el cas d'Olot no se'n poden

observar dipòsits, probablement per la direcció contrària del vent en el moment de l'erupció o bé per la pluja que els haurien fet desaparèixer de la zona.

2.1.2. Basalts

Totes les erupcions volcàniques acostumen anar acompanyades d'emissió de basalts en forma de colades, al menys en el que fa referència al vulcanisme de la Garrotxa.

El basalt és una roca bàsica de color fosc, formada per una matriu microlítica de cristalls allargats de feldspats i per fenocristalls d'oliví i/o piroxens (augites), tot i que és força rara la formació d'aquests fenocristalls. En general es considera una roca de tipus porfírica amb presència habitual de vidre volcànic (obsidiana).

És típic d'un basalt la disjunció en forma de columnes prismàtiques hexagonals generades per un seguit de factors:

- a. La colada basàltica es refreda primer per la part externa formant una crosta escoriàcia.
- b. Poc a poc, tal com s'aprofundeix en la colada apareixen prismes hexagonals, si bé no del tot formats.
- c. Sorgeix un nivell, generalment intermedi, en el qual s'hi mostra una disjunció en capes, per causa de que el basalt en aquesta zona va estar més temps en estat de fluïdesa.
- d. Per sota de la disjunció en capes, reapareix un altre nivell de prismes hexagonals més acabats que els prismes anteriors.



Figura 4. Volcans de les Escomes

La disjunció en prismes hexagonals sempre es produeix en sentit perpendicular al nivell del sòl i per tant en aquells indrets que el substrat de la colada tingui un desnivell, els prismes s'adaptaran al sòl, quedant sempre perpendiculars a ell.

Les colades volcàniques de la zona de la Garrotxa presenten un seguit de caràcters comuns. En general totes les colades -o la majoria d'elles- tendeixen a ocupar les parts baixes de les valls, lloc per on habitualment discorren els rius, ocasionant la formació d'un llac que finalment serà destruït pel riu, ja que aquest s'encaixarà en el punt de contacte de la colada amb la vall del riu, aprofundint cada vegada més fins assolir el fons de vall, fent retrocedir la colada. Aquest és el cas de la columnata basàltica de Castellfollit de la Roca on s'han detectat mitjançant paleomagnetisme dues colades de tipus basàltic, essent la superior molt més important que la inferior.

A Sant Joan les Fonts i a Canet d'Adri apareixen colades que presenten algunes diferències amb les colades basàltiques. Tenen en general menys sílice en la seva composició química, presenten un augment en el nombre de cristalls microlítics dels feldspats, sobretot cristalls d'oliví i augita i apareixen els feldspatoides nefelina, leucita i analcima (aquesta última poc freqüent). Com el basalt, presenta disjunció en prismes hexagonals adquirint una estructura de tipus porfíric que anomenem basanita. Malgrat això, s'ha de senyalar que la diferència entre el basalt i la basanita només es observable per mitjà del microscopi petrogràfic i en làmina prima.

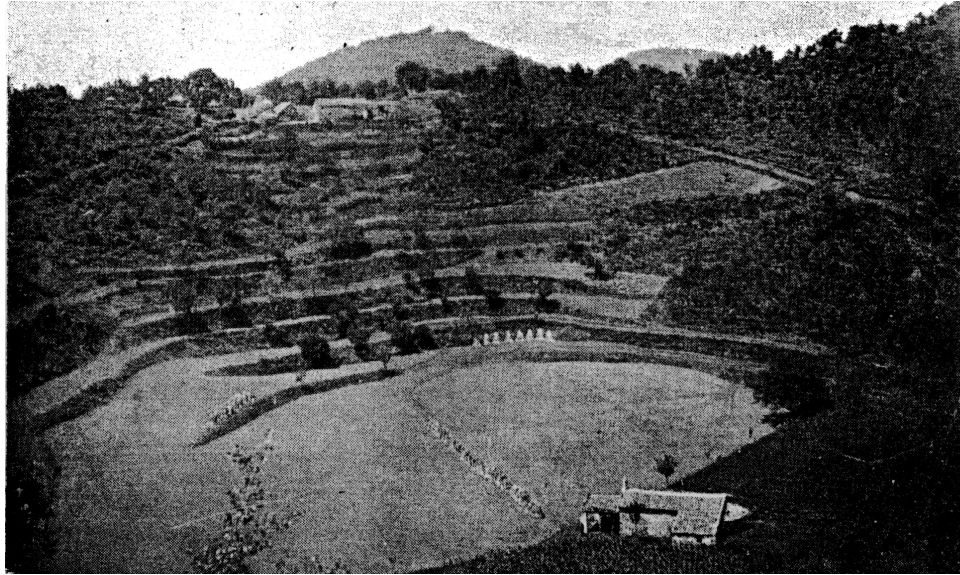


Figura 5. Cràter del volcà de Santa Margarida.

Un altre dels elements que comporten les erupcions volcàniques són els gasos dissolts en el magma que determinen la intensitat de les erupcions volcàniques explosives. En general són vapor d'aigua, diòxid de carboni, compostos de sofre, clor i bor.

A la zona volcànica de la Garrotxa hi són freqüents les bombolles de gasos fossilitzades que no van poder escapar, però que posteriorment es reompliren d'altres materials, com ara la zeolita, la calcita i l'òpal, les quals es denominen amígdales (per la seva forma d'ametlla). Aquestes bombolles fossilitzades, que s'observen molt bé a Sant Joan les Fonts, indiquen el lliscament de la colada, ja que normalment les bombolles solen ser fusiformes.

2.1.3. Enclavaments

Es troben amb molta freqüència fragments basàltics considerats materials aliens a la zona. Aquests enclavaments s'explicarien per un seguit de fets, com ara estar presents per una zona on hagi passat el material magmàtic efusiu i suportar les altes temperatures del medi basàltic.

Els enclavaments més freqüents en els materials eruptius de la Garrotxa són els de peridotita, granit, arenisca i argiles. En el cas de la peridotita, roca ultrabàsica de color verd fosc i constituïda gairebé en la seva totalitat per oliví, es considera que procedeix de grans fondàries (mantell).

Els enclavaments de granit es presenten molt alterats, distingint-se només el quarz i el feldspat. Aquest darrer normalment alterat, ja que la biotita ha desaparegut transformada en altre mineral.

Els altres materials que se solen trobar formant enclavaments són les argiles que es presenten com si haguessin sofert un procés de cocció, tal com passa amb els maons.

Aquests enclavaments han estat observats en el volcà de Montsacopa (tipus argilós), colada de Sant Josep les Fonts i en el volcà de la Banya de Boix (tipus peridotític o eclogític), en el volcà Banya de Boix (tipus granític), al volcà de Canet d'Adri (bombes volcàniques en un nucli de gres).

L'ecoglita és un tipus de roca granulada, poc representada en superfície, formada essencialment per granat del tipus $(\text{SiO}_4)_3 \text{Al}_2\text{CaMg}$ i un piroxè (ofacita) de fórmula $(\text{SiO}_3)_2 \text{CaNaMgAl}$.

2.2. Les roques d'origen sedimentari

A més dels materials anteriors típicament eruptius, bona part del substrat dels volcans d'Olot és d'origen sedimentari i datats de l'Eocè, és a dir procedeixen d'altres roques que han desaparegut per formar-ne de noves. Aquest tipus de roques es classifiquen pel seu origen i per les seves característiques externes (mida del gra, origen, ...). Les roques sedimentàries poden dividir-se en dos grans grups:

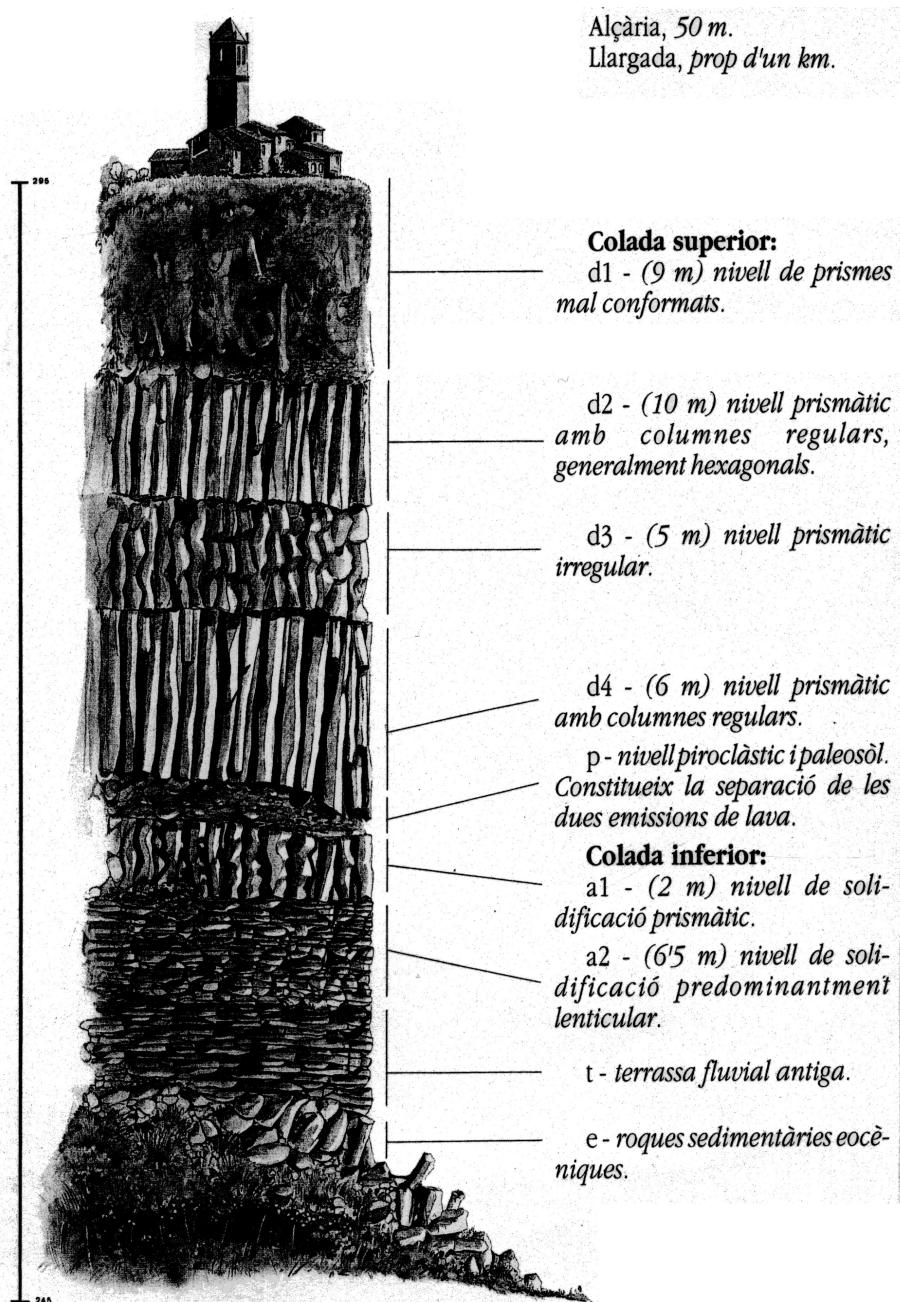


Figura 6. La cinglera de Castellfollit de la Roca és el resultat de la superposició de dues potents sèries d'emissions de lava que davallaren, respectivament pels rius Fluvià i Turonell.

2.2.1. Detrítiques

Formades per Lutites (argiles), Arenites (arenisques) i Rudites (conglomerats).

Es troben representades en el substrat de la colada basàltica de Castellfollit de la Roca, on s'hi observa una alternança d'arenisques (formada per grans fins de quars cimentats per carbonat de calci). En aquesta arenisca és fàcil trobar-hi algun vegetal fòssil (concretament fulles i algun bocí d'arrel fossilitzada), i lutites (roca sedimentària formada per materials molt fins, de mida inferior a 1 mm), el grans dels quals ni tan sols es noten al tacte. Tota la sèrie està formada per una alternança d'arenites i de lutites presentant un bussament d'uns 18°.

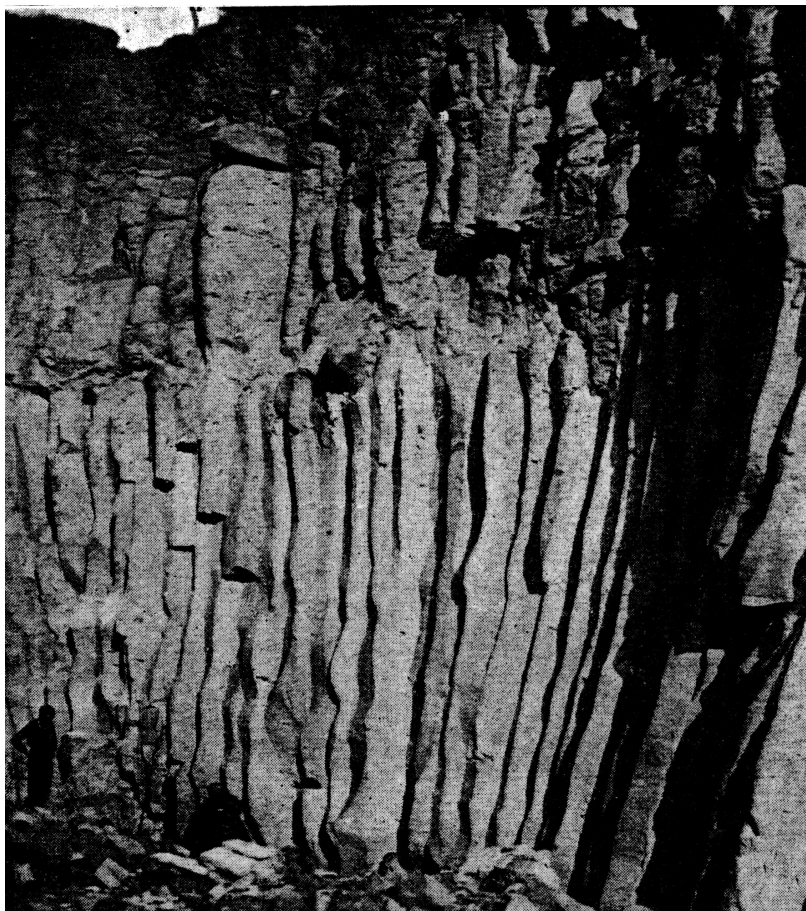


Figura 7. Formació de basalts (pedra ferral), en prismes hexagonals a les proximitats d'Amer (La Selva, Girona)

A Sant Joan les Fonts el substrat està format per materials quaternaris que han sofert una mena de procés de cocció com el de les rajoles al forn, a causa que la colada de basanita era encara molt calenta quan es va produir el contacte.

Sota els materials quaternaris s'hi troba una seguit de materials formats per conglomerats, els quals són formats per palets rodats, és a dir que han sofert un llarg procés de transport abans de formar part de l'estrat en la matriu de carbonat de calci. Sota els conglomerats trobem una altra capa formada per un material de color rogenc, que vist de prop presenta una matriu de gra fi amb grans angulosos d'una mida un xic més gran que la dels grans de l'arenita de Castellfollit de la Roca, a causa de la qual es podria denominar, arenita bretxoidea.

A Canet d'Adri hi apareix un material sedimentari, probablement format per materials volcànics erosionats, els quals formarien els clastes sedimentats en una matriu de carbonat de calci. Aquest material es denomina toba volcànica, essent un material de fàcil erosió en el qual s'hi ha encaixat un riu on s'hi formen marmites de gegant.

En gairebé totes les valls fluvials s'hi presenten estructures de tipus sedimentari, anomenades terrasses fluvials, que són dipòsits esglaonats dels al·luvions que han quedat suspesos a diverses alçades a ambdós costats del curs actual del riu. Aquests corresponen a èpoques de gran erosió que enfonsen la llera del riu, deixant penjats els al·luvions antics.

Dintre de la zona recorreguda s'hi observen algunes terrasses quaternàries com a Castellfollit de la Roca, on el riu Fluvià en presenta dues, una d'antiga a la part inferior de la colada de basalt i l'actual, a Sant Joan les Fonts, on s'hi pot veure la terrassa quaternària discordant sobre l'Eocè.

Les terrasses presenten uns sediments característics formats per palets de riu rodats, de totes les mides i materials englobats en una matriu sorrenca. Les terrasses fluvials constitueixen un sediment de fàcil erosió, havent-se comptat en tots els rius importants de la zona temperada unes quatre, corresponents a períodes cíclics de glaciació-interglaciació.

D'altra banda, aquestes terrasses han servit per datar (de forma relativa) les colades volcàniques, ja que la troballa de fòssils en els sediments que formen la terrassa fluvial, ha permès elaborar, en classificar les restes, una cronologia força aproximada.

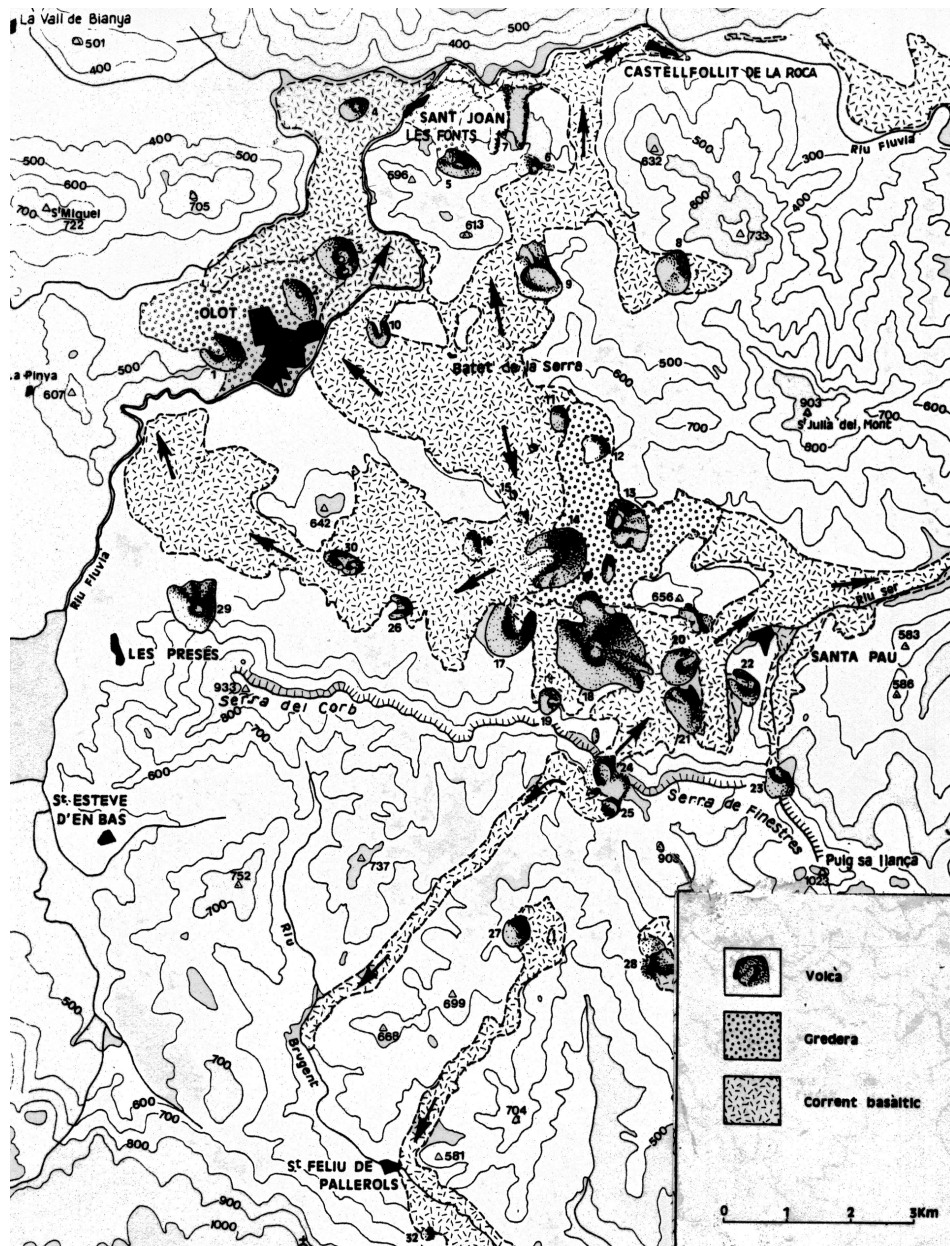


Figura 8. Mapa de la regió volcànica d'Olot. En ell s'hi destaquen els cons volcànics, les grederes més importants i els corrents de lava que s'escolaren vora avall per les valls.

2.2.2. No detrítiques

De la mateixa manera que s'han utilitzat les roques detrítiques a la zona volcànica de la Garrotxa com a indicador cronològic, també es poden utilitzar les roques d'origen químic (calcàries-travertins), o animal (calcàries nummulítiques).

En les proximitats del volcà de Santa Margarida, s'hi observa un nou tipus de roca sedimentària d'origen orgànic formada per una acumulació d'esquelets externs de foraminífers anomenats *Nummulites*, de natura calcària. Aquest fòssil, molt freqüent a l'Eocè català sol tenir, en alguns indrets, una gran potència l'acumulació dels seus esquelets, servint, d'alguna manera, d'indicador cronològic.

Els volcans d'Olot es localitzen al llarg de les falles NW-SE i E-W que tallen l'Eocè, freqüentment en les cruïlles d'ambdós sistemes de dislocació. Es tracta de cons de tipus estrombolià, molt ben conservats, formats en la seva major part per lapilli (conegut amb el nom local de *greda*) i altres productes piroclàstics.

Els cons de majors dimensions assoleixen uns 150 m d'alçada, com el Croscat i el Santa Margarida, la lava dels quals va formar diverses corrents que reompliren les valls preexistents de la plana d'Olot. Sobre la superfície d'aquests corrents s'hi estén un típic malpaís de laves cordades i escoriàcies més o menys meteoritzades, tenyides d'un vermell fosc per la descomposició dels minerals ferruginosos.

El corrent més important, format pels volcans de les rodalies d'Olot, de Batet i de la serra de Finestres, es va esllavissà per les valls del Fluvià fins a Sant Jaume de Llierca, en una longitud d'uns 15 km. Aquesta colada va obstruí la vall superior del riu i d'alguns d'aquests afluents com en les valls de Ridaura i de Vianya, on s'hi varen formar zones pantanoses bastant extenses, entre elles l'actual planúria de les Preses, dipòsits turbosos els quals es tallen al sud d'Olot. Una de les colades més recents, era la que baixava pel peu de la serra de Cort, la qual està atapeïda de fornets d'explosió.

En conjunt, a la vall del Fluvià s'hi distingeixen quatre grans corrents (denominades *a*, *b*, *c* i *d*), a part de les procedents de les valls laterals (*b₁*, *b₂*, *c₁*) identificades per les seves característiques paleomagnètiques. La més moderna és la de la Vora Tosca (*d*) que recobreix les dues colades *a* i *b* que formen la plana d'Olot. La procedent de la vall de Ridaura és la que arriba enfront de Sant Jaume de Llierca.

L'edat de les erupcions queda fixada per les relacions amb les terrasses i dipòsits quaternaris de la vall del Fluvià. La terrassa alta que hem atribuït al Mindel, no presenta palets de basalts, mentre que la terrassa mitja presenta alguns palets rodats volcànics, encara que menys que en la terrassa inferior.



Figura 9. El vulcanisme ha introduït a la comarca de la Garrotxa importants variacions al paisatge. Com a conseqüència, les valls de la zona són les més fèrtils fet que ha generat que hi visqui la major part de la població.

Les erupcions d'Olot, són, doncs, a la terrassa atribuïda al Mindel, que és probablement la mateixa que a Castellfollit de la Roca. Es troba recoberta per una potent colada basàltica i posteriorment assoleix la seva màxima intensitat (Riss?), la qual ja conté molts palets eruptius. En canvi en el Würn, les colades s'han produït amb una menor intensitat.

Les dues colades del pla d'Olot estan separades per un llit de torba amb *Bos primigenius* Boj., *Equus caballus* L., *Ovis aries* L., i *Sus scrofa antiquus* Can. En

aquest mateix nivell observem traces de presència humana amb la troballa d'una destrala neolítica de pedra polida.

A la vall de Vianya, al nord-est d'Olot s'hi ha trobat *Elephas primigenius*, probablement en els llims de Can Sobeig, els quals recobreixen una terrassa situada a 8-9 m d'alçada relativa; aquesta es recolza sobre la colada basàltica que omple la vall de Vianya, mentre que els llims que tenen a sobre suporten, a Sant Joan les Fonts una coberta de lapilli. Això fa que aquests llims amb *Elephas primigenius* es trobin situats entre dues erupcions volcàniques.

Les determinacions geocròniques de Douvillé (1973) han precisat l'edat absoluta de les erupcions d'Olot a l'entorn de 110.000 anys (Riss), mentre que les corresponents a la Selva queden compreses entre els 2,2 i els 2,5 milions d'anys (Pliocè -Villafanquià), i les de l'Empordà i les Guillerries entre els 7,7 i els 10 milions d'anys (Pontià).

Posteriorment a les erupcions, la xarxa hidrogràfica es va encaixar vigorosament formant estretes valls que tallen o voregen les colades basàltiques, les quals freqüentment donen lloc a sortints en forma d'esperons, com ara l'esbelta columna basàltica de Castellfollit de la Roca.

BIBLIOGRAFIA

- ALMERA, J. (1915). *Algo sobre las rocas eruptivas del NE. de Barcelona*. Mem. Real Acad. Cien. i Artes de Barcelona.
- ARAGONES, E. (2001). *Descobriments dels volcans de la Garrotxa. De les observacions precientífiques dels primers estudis geològics (segles XVI-XX)*. Treballs del Museu de Geologia, núm. 10. Barcelona.
- BRUHNS, W. (1928). *Petrografía. Ed. Labor*. Barcelona.
- CHEVALIER, M. (1928). *El paisatge de Catalunya. Ed. Barcino*. Barcelona.
- FLAMMARION, C. (1900). *Les erupcions volcàniques et les tremblements de terra. E. Flammarion ed.* París.
- FONT I SAGUÉ, N. (1926). *Curs de geologia dinàmica i estratigràfica aplicada a Catalunya. Ed. la Neotípià*. Barcelona

- FRECH, F. (1926). Geologia I. Volcanes, estructura de las montañas, temblores de tierra. *Ed. Labor*. Barcelona.
- LLONGARRIU, M. (1996). *Museu dels volcans*. Olot
- PASSARGE, S. (1931). Geomorfologia. *Ed. Labor*. Barcelona.
- Pérez, V. (1979). Las montañas. *Ed. Time-Life*. Mèxico.
- RECLUS, E. (1937). Las fuerzas subterráneas. *Publicación Estudios*. Valencia.
- REGUANT, S. (1986). Geologia històrica. *Ed. Ketres*. Barcelona.
- RIBA, O. et al. (1976). Geografia Física dels Països Catalans. *Ed. Ketres*. Barcelona.
- ROTHÉ, J. P. (1972). Sismos y volcanes. *Ed. Oikos-Tau*. Barcelona.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA, M. (1932). *Notas petrográficas*. Museu de Cièn. Nat. Barcelona.
- SOLÉ SABARÍS, L. (1978). *Excursión a la zona volcánica de Olot*. Soc. Cat. de Geografia. Barcelona.
- TAZIEFF, H. (1971). *Volcanisme et Géothermie*. Anales de Mines (mai, 1971). Comp. Franc. d'Editions. París.