ESTUDI GEOLÒGIC DEL VOLCÀ MONTSACOPA

M'agradaria donar les gràcies, i dedicar aquest treball especialment al meu avi **Pedro Granados**, *per la seva voluntat i paciència, encara que no l'ha pogut veure finalitzat.*

ÍNDEX DE L'ESTUDI GEOLÒGIC DEL VOLCÀ MONTSACOPA

1.- INTRODUCCIÓ 4

2.- OBJECTIUS DEL TREBALL 6

3.- MAGMATISME GLOBAL 8

4.- EL VULCANISME OLOTÍ 27

4.1- Historia de la Recerca Científica dels Volcans Olotins ... 28
4.2- El Vulcanisme a la Garrotxa 37

5.- TREBALL DE CAMP 46

5.1- Mapa Geològic 47
5.2- Mapa Topogràfic 51
5.3- Talls Geològics 53
5.4- Descripcions dels Dipòsits de l'Aflorament sud-oest ... 56
5.5- Descripcions del Dipòsit de l'Aflorament est 66
5.6- Cabussament 71
5.7- Presa de mostres 76

6.- TREBALL DE LABORATORI 79

6.1- Metodologia de la Granulometria 80
6.2- Estudi Granulomètric de l'Aflorament sud-oest 84
6.3- Estudi Granulomètric de l'Aflorament est 94
6.4- Gràfiques Mitjanes dels Dipòsits dels dos Afloraments ... 98

7.- CONCLUSIONS 100

8.- BIBLIOGRAFIA 103

9.- AGRAÏMENTS 105

INTRODUCCIÓ

Aquesta memòria és la presentació del treball "**Estudi Geològic del Volcà Montsacopa**". Aquest treball es pot considerar de la modalitat de ciències de la naturalesa, més concretament de Vulcanologia.

El meu interès per dur a terme aquest treball, és degut a la meva vocació per la geologia i també pels volcans que envolten la comarca de la Garrotxa.

La Garrotxa es una comarca, la qual un dels seus atractius mes importants, és el gran nombre de volcans inactius que conté.
Els inicis d'aquesta activitat volcànica, van tenir lloc a finals de l'època terciària i inicis de la quaternària.

Fins fa relativament poc es creia que la majoria dels volcans de la Garrotxa tenien una activitat d'origen estrombolià. Noves investigacions indiquen que l'activitat d'aquests esmentats volcans podria ser d'origen freatomagmàtic o, si més no, molt més explosiva de la suposada inicialment.

És important esmentar que no s'han elaborat grans estudis en volcans concrets de la Garrotxa. Del volcà que hi ha més informació actualment, és del Croscat. És per aquest fet, que he decidit, juntament amb les propostes del *Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa*, fer un estudi sobre el volcà Montsacopa.

Del conjunt dels volcans de tota la comarca, el Montsacopa és per la majoria de ciutadans el símbol d'Olot, ja que aquesta ciutat descansa sobre els materials expulsats per aquest volcà.
També és important esmentar que gran part del nucli antic de la ciutat d'Olot, està construït amb materials d'aquest volcà.

Fins ara l'activitat del volcà Montsacopa està considerada com estromboliana. No obstant això i arrel de les extraccions fetes de lapil·lis, les quals mostren quantitats importants de cendres, es pot sospitar que pot haver tingut alguna fase d'activitat explosiva molt més elevada.

Així doncs aquest treball tracta d'aportar coneixements i informació sobre el volcà Montsacopa un dels volcans més emblemàtics d'Olot, però paradoxalment amb molt poques dades i informació geològica.

OBJECTIUS DEL TREBALL DE RECERCA

Els objectius d'aquest treball son:

1. Intentar averiguar, amb les observacions fetes en el treball de camp i al treball de laboratori, si l'activitat de l'esmentat volcà és només estromboliana, o hi ha pulsacions amb una major intensitat en l'activitat.

2. A partir de l'observació i el recull de dades sobre els dipòsits 2 i 3 de l'aflorament sud-oest, aportar dades que afirmin, s'hi ha motius per creure en l'emissió d'un flux piroclàstic en una de les últimes fases de l'activitat del volcà Montsacopa.

3. Confirmar la meva hipòtesis, de què hi ha concordança entre el dipòsit 1 de l'aflorament sud-oest i el dipòsit de l'aflorament est.

4. Estudiar l'origen de les sorprenents coloracions rogenques de l'aflorament est.

5. Estudiar la possibilitat de l'existència d'un altre focus emissor diferent del conegut i ben visible cràter actual.

MAGMATISME GLOBAL

La Terra es pot considerar realment un “planeta calent”, no per les temperatures de la superfície sinó per l’ elevada calor interna que posseeix. Les elevades temperatures d’ algunes zones de la terra arriben a fondre les roques i generar magmes que poden arribar a la superfície ocasionant vertaderes muntanyes de foc.

Què és un volcà?
Definició i Característiques:

Ben segur tothom té una idea gràfica de què és un volcà, tot i així el concepte ja no és tant clar i en la majoria dels casos tenim que recórrer a descripcions morfològiques i imaginatives.

Ruapehu a Nova Zelanda

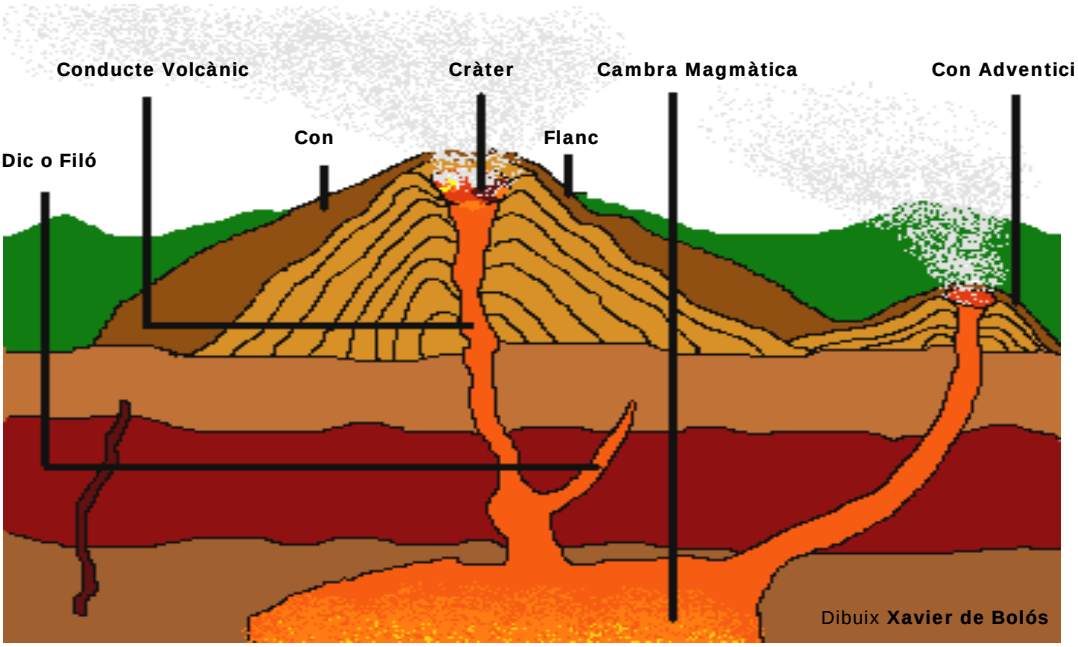
Un volcà s’ha de definir com un punt de la superfície terrestre on té lloc la sortida al exterior de magma (material rocós fos) a través del conducte volcànic. L’acumulació d’aquests productes al voltant del centre emissor dona la característica forma del con volcànic.

Aquesta definició en dona una idea més clara de què és un volcà, així doncs un volcà no només és una morfologia, sinó que també és la culminació d’un conjunt de processos geològics.

Quan el magma arriba a la superfície, es solidifica i allibera els productes volàtils que portava dissolts. Les estructures volcàniques que formarà dependran de l’activitat volcànica que hagin tingut en la última erupció com també de la viscositat dels seus magmes.

Parts dels volcans:

L'edifici volcànic està constituït per un conjunt de parts que es formen durant l'erupció, a diferencia de la cambra magmàtica, que és un procés que pot arriba a durar centenars d'anys.



Cambra Magmàtica:

Les cambres magmàtiques són dipòsits de magma situats a nivells superiors d'on es genera el magma. La seva grandària és variable, des de menys d' 1 Km^3, fins a $>10^5$ Km^3.

Durant la seva existència, una cambra magmàtica, pot experimentar diversos episodis d'inflament, deguts a l'increment de nou magma dins de la cambra, provocant una erupció a la superfície terrestre.

Dic o Filó:

Els dics o filons, es formen quan el magma penetra a través de fissures del mantell superior, de manera que no aconsegueix arribar a la superfície i acaba per solidificar-se.

En la mineria, és importants localitzar-los, ja que se'n pot extreure'n minerals valuosos.

Conducte Volcànic:

El conducte volcànic és la fractura per on ascendeix el magma, fins a la superfície, si aquest es bifurca, pot produir dics o una erupció adventícia.

La **xemeneia**, és la part del conducte volcànic que queda a l'interior del con volcànic.

Con:

El con, és una morfologia positiva formada per l'acumulació dels productes volcànics sòlids, al voltant del punt emissor.

La seva estructura i forma, dependrà de l'activitat o activitats que ha tingut en el seu període eruptiu.

Con Adventici:

Un con adventici, és un con secundari format sobre els flancs o en el perímetre d'un edifici volcànic principal.

Cràter:

El cràter és una depressió, generalment en forma d'embut, oberta per l'activitat volcànica a l'extrem d'una xemeneia.
Pot emplaçar-se a la part superior o en els flancs del con volcànic.

El tamany i la forma del cràter, dependrà bàsicament de l'activitat del volcà.

Flanc:

Un flanc és el vessant del con volcànic, aquest fenomen no es dona en tots els volcans.

Productes Volcànics:

Es pot considerar desde la perspectiva geològica que el vulcanisme és un fenomen regenerador, ja que una de les funcions més importants que en destaca, és la de secretar roques foses.

Hom ha calculat que en un segle la quantitat de materials volcànics expulsats a la superfície vorejava els 80 Km^3. Aquesta dada es refereix només en les erupcions que han tingut lloc en la superfície continental, però cal tenir en compte la produïda en el subsòl oceànic, possiblement encara és més gran.

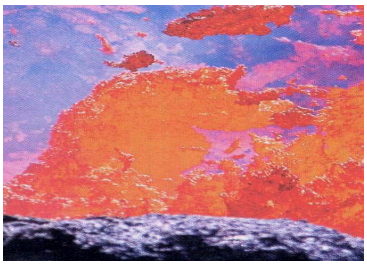
El magma:

El magma és un mescla de roques foses, principalment silicats, que poden contenir partícules sòlides, i una gran quantitat de gas dissolt. Quan aquest magma es refreda pot donar lloc a una *roca ígnia o magmàtica*.

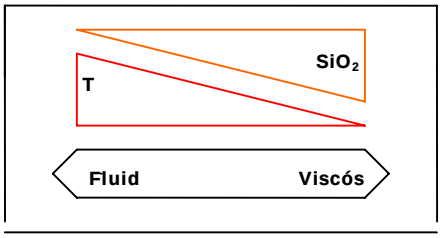
La viscositat del magma dependrà de quatre factors: La *temperatura*, la *Pressió*, els *gasos dissolts*, i la *composició química*.

A l'esquerra una imatge d'un magma **viscós**

A la dreta una imatge d'un magma **fluid**

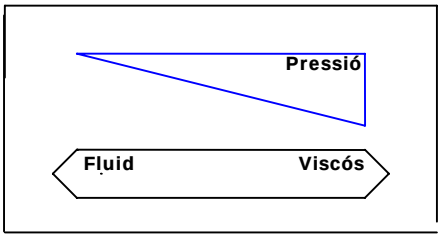


- La temperatura: És un factor molt important ja que la temperatura del magma influeix directament en la viscositat.
Com més elevada sigui la temperatura, menys viscositat té el magma. Quan menys temperatura assoleixi el magma, més viscós serà. Els magmes poc viscosos, són molt fluids i viceversa.
També és important esmentar que la temperatura que pot assolir el magma, dependrà de la seva composició. És a dir; la temperatura és més alta en magmes màfics que poden assolir els 1.100ºC, pel contrari els magmes fèlsics, tenen temperatures de fusió entre els 700 i els 800ºC
Podem recollir la relació entre aquestes variables en el següent esquema:



- Gasos dissolts: Són un element molt important, ja que els magmes sempre contenen gasos dissolts.
Quan són molt abundants, els gasos fan augmentar la pressió interna del magma, i aquests es tornen menys densos i més fluids

- Pressió: És un altre aspecte important a estudiar, ja que la pressió augmenta la densitat, i forma més enllaços entre les molècules afavorint la viscositat del magma



- Composició química: com més abundant és el sílice, més viscós és el magma, ja que el sílice té la capacitat de fer estructures moleculars molt complexes.
Els magmes en funció de la seva composició química, es diferencien tres tipus segons el contingut de sílice (SiO_2): Magmes *Fèlsics,* Magmes *intermedis,* Magmes *màfics*

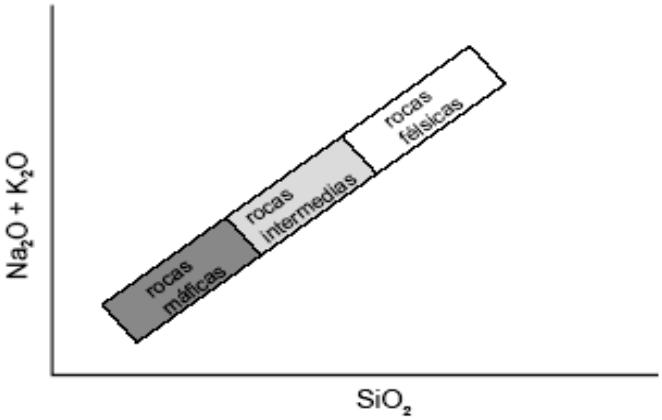


Diagrama que indica la variació de la composició química dels magmes, desde els menys evolucionats fins els més evolucionats

- Magmes Fèlsiques: Amb més d'un 63% de sílice

- Magmes intermedis: Quan està entre el 52% i el 63%

- Magmes Màfiques: amb menys del 52% de sílice

Atenent al seu origen podem parlar de dos tipus de magmes: Els *primaris* i els *derivats o secundaris.*

- Els magmes primaris: Conserven la composició de la roca que els ha originat. D'aquests hi ha dos grups principals segons la zona de procedència: *Granítics,* i *Basàltics.*

- ***Granítics:*** roca fèlsica procedent de l' escorça continental
- ***Basàltics:*** roca màfica; els *Toleitics* són produïts a les dorsals, els Alcalins són ultrabàsics i són característics dels punts calents, i per últim els Calcoalcalins es presenten a les dorsals de subducció.

Els magmes primaris no són freqüents, ja que amb molta freqüència es produeixen processos de mescla, que donen lloc als magmes *derivats o secundaris*.

- Els magmes derivats o secundaris: Consisteix en la mescla de dos o més magmes primaris.

Si els magmes es refreden lentament canvia la composició original, en segregar-se aquests minerals amb fase líquida. D'aquest procés s'anomena ***diferenciació.*** Per altre banda s'anomena ***assimilació*** quan els magmes reaccionen amb les roques en què estan encaixats.

Quan el magma surt a l'exterior, i perd el gas, s'anomena **lava**.

Els gasos:

Els gasos són productes volcànics molt abundants que estan dissolts en el magma, de manera que quan s'escapen a l'arribà a la superfície, formen *columnes de gas*, que gràcies als corrents de convecció, poden arribar a la troposfera (primera capa de l'atmosfera).

Les columnes de gas s'anomenen columnes eruptives, si contenen petits materials sòlids, aquests també són elevats, gràcies a els corrents de convecció. En algunes ocasions, es produeixen llamps i llampecs, dins de la mateixa columna.

El gas més abundant en una erupció volcànica és el vapor d'aigua, amb un percentatge que va des de el 60% fins el 90%.
Aquest vapor d'aigua alliberat durant una erupció volcànica té dos orígens: una part la conté el magma, i l'altra part, és aigua superficial, (com un llac), o aigua subterrània que es vaporitza a l'entra en contacte amb la lava.

La resta de gasos per ordre d'abundància són: CO_2, S, H_2S, SO_2, SO_3, HCl, CO (que és molt tòxic), entre altres.

Els gasos alliberats durant un erupció volcànica, han tingut un paper fonamental, per l'aparició de la vida a la terra.
Per exemple l'anhídrid carbònic, (gas que s'allibera entre d'altres en erupcions volcàniques), és un element primordial per la fotosíntesi.

En fi, sense la pols ni la cendra volcànica, el sòl seria molt menys ric, i sense els fums sulfurosos, i hauria molts menys jaciments metal·lífers, (coure, zinc , magnesi, plom , mercuri, i molts altres) que actualment la humanitat se'n beneficia.

Piroclasts:

La paraula piroclast, prové del grec clasto i piros, és a dir *pedra de foc.*
Els piroclasts, són els materials sòlids expel·lits a l'atmosfera durant una erupció volcànica, que es solidifiquen total o parcialment, abans de topar contra el terra.

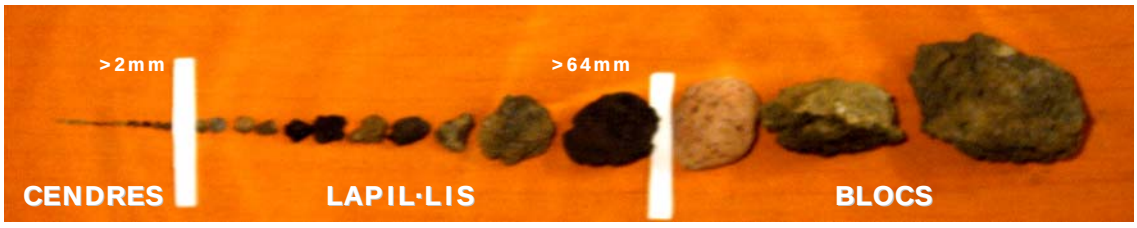
Aquests fragments de lava llençats per la inèrcia de les explosions, es poden distingir segons el seu origen, i naturalesa en dos grups: els clastos *juvenils i els lítics.*

- Els fragments juvenils: són clastos que provenen directament del magma fragmentat, d'aquesta manera aporten material nou a la superfície.

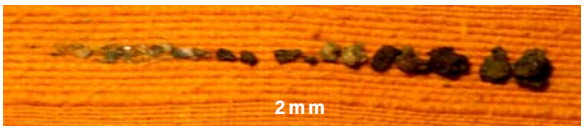
- Els fragments lítics: corresponen a fragments de les roques que formaven el conducte volcànic i que han estat arrencades per les explosions durant l'erupció. Aquestes roques fragmentades poden provenir d'altres erupcions anteriors o bé poden ser fragments de roques del substrat prevolcànic.

La quantitat de piroclasts expulsats per un volcà, depèn bàsicament entre d'altres factors per l'activitat d'aquest volcà.

La classificació més característica dels piroclasts, és segons la mida dels fragments, dins aquesta diversitat granulomètrica, es diferencien tres grups de piroclasts: *Les cendres, els lapil·lis, i els blocs.*



- Les cendres: són els piroclasts més fins, i tenen diàmetres de menys de 2 mil·límetres , les cendres de menys de 0,6 mil·límetres, es consideren pols volcànica, i aquesta es pot mantenir a l'atmosfera, durant anys, després de ser impulsada per una forta explosió.



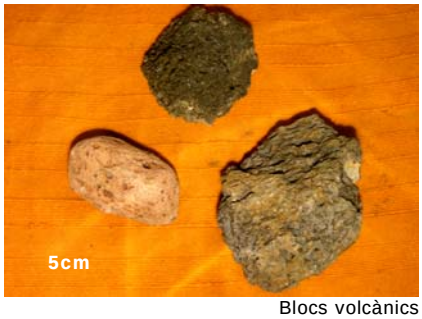
Cendres volcàniques del volcà Montsacopa

- **Els lapil·lis:** són aquells materials incandescents que fan entre 2 i 64 mil·límetres de diàmetre que s'acumulen en el con volcànic. A la Garrotxa reben el nom de **gredes**.

Lapil·lis del volcà Montsacopa

- **Els Blocs:** són les partícules més grans, i fan més de 64 mil·límetres, poden agafen formes aerodinàmiques i fusiformes, a causa de la seva trajectòria, d'aquesta manera parlarem de **bombes volcàniques**.

Per la seva dimensió, pateixen un refredament més lent, i poden arribar a terra sense haver-se solidificat totalment, així formarà l'anomenada **escòria volcànica**.



Blocs volcànics

Un fenomen poc freqüent, que anteriorment hem anomenat, i que és propi dels volcans amb lava molt viscosa, són els anomenats **núvols roents** formats per una mescla de gas més sòlid. Si el sòlid és abundant s'anomena **colada piroclàstica.** Si predomina el gas s'anomena **onada piroclàstica**.

Aquests fenòmens es produeixen, quan les bombolles de gas s'acumulen a causa de l'elevada viscositat del magma que els impedeix sortir. Quan la pressió del gas supera la viscositat, el gas surt de cop, mesclat amb materials piroclàstics incandescents, que descendeixen pel con volcànic destruint tot el seu pas.

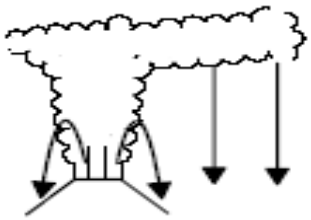
Colada piroclàstica durant l'erupció del volcà Mayón

Un altre fenomen especial que també hem esmentat anteriorment, són els **lahars** o **colades de fang**, que es produeixen en els vessants d'un volcà fruit de la mescla de materials piroclàstics amb una gran quantitat d'aigua gelada o neu. En el seu trajecte, destrueixen la vegetació, i constitueixen una gran amenaça per la població.

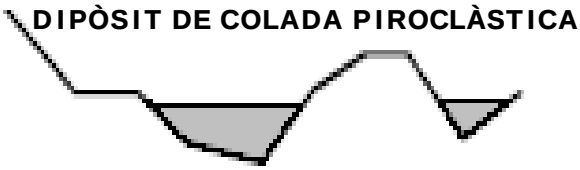
Dipòsits piroclàstics:

Per poder conèixer l'explosivitat del vulcanisme, tenim que estudiar els productes dipositats per les erupcions passades com els piroclasts, ja que ens poden ajudar a determinar el comportament intern dels volcans.
Els piroclasts poden formar diverses acumulacions, segons els mecanismes d'erupció, transport i deposició. Tanmateix es poden diferenciar tres tipus principals de dipòsits piroclàstics: *de caiguda, de colada i d'onada piroclàstica*.

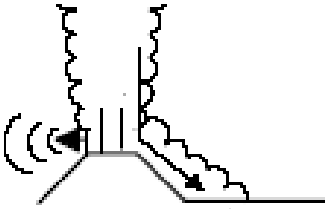
- Dipòsits piroclàstics de caiguda: Aquests tipus de dipòsits es formen quan els fragments expulsats en l'erupció cauen lliurament.
Els piroclasts més densos, formen una trajectòria parabòlica, i els menys densos com les cendres, cauen verticalment de la columna eruptiva que formaven part.
Els dipòsits de caiguda, poden presentar una gradació de mida dels clastos i mostrar un bandejat paral·lel lateralment continu. El gruix dels dipòsits i la mida dels fragments disminueix progressivament com més lluny són del centre emissor.

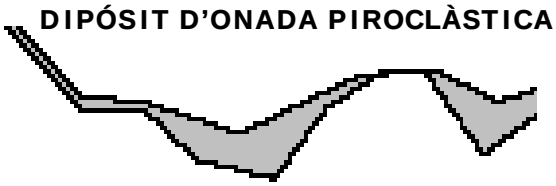


- Dipòsits de colada piroclàstica: En les colades piroclàstiques els fragments són transportats arran de terra dins d'un flux on hi predomina el sòlid el qual és molt abundant. Aquest es desplaça a gran velocitat i a altes temperatures.
L'acumulació dels materials transportats per aquests fluxos, reomple els barrancs i les depressions. Normalment no presenten cap estratificació clara ni una organització definida.
Les grans colades piroclàstiques, riques en pumicites, reben el nom d'*ignimbrites.*



- Dipòsit d'onada piroclàstica: En aquest cas, els piroclasts són transportats arran de terra dins d'un flux, on i predomina el gas.
A conseqüència de l'alta energia que tenen les onades, els dipòsits cobreixen la topografia, acumulant-se més quantitat de material.
Els dipòsits es caracteritzen per presentar estructures sedimentaries unidireccionals, com també per tenir una bona classificació granulomètrica.

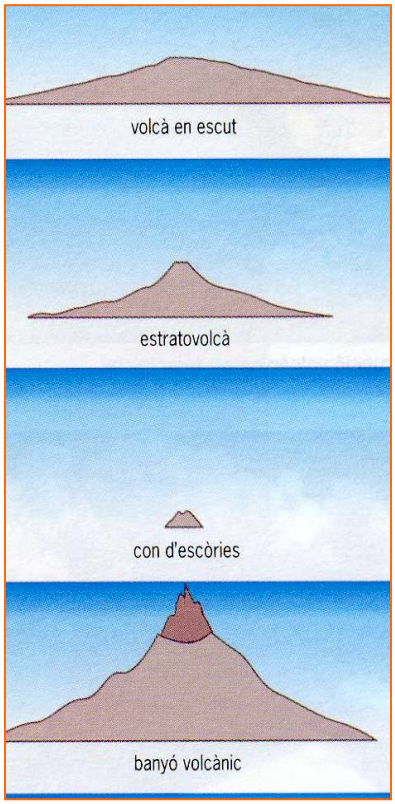




Estructures Volcàniques:

L'estructura volcànica formada durant una erupció volcànica, depèn bàsicament de la viscositat del magma, i trobem diferents edificis volcànic: *volcà en escut, estratovolcà, con d'escòries, banyó volcànic.*
Els volcans monogenètics, són aquells que es formen duran el curs d'una única erupció, en la qual i podem trobar diferents pulsos.

- Volcans en escut: són formats l'acumulació de *colades de lava* molt viscoses, i es caracteritzen per ser estructures amples i no gaire altes.



- **Estratovolcà** o **volcà compost:** format per un magma amb una viscositat mitjana i, materials piroclàstics que s'acumulen formant un edifici integrat amb capes alternades d'aquests dos tipus de productes volcànics.

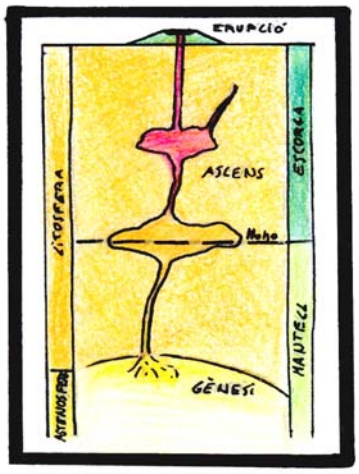
- Con d'escòries: és un con format només per piroclasts. Es produeix quan la viscositat és elevada, i no es formen colades de lava perquè aquesta no pot fluir. El volcà només expulsa piroclasts, en les seves explosions.

- **Banyons o doms volcànics i pitons:** són estructures abruptes situades sobre el cràter. El magma és tan viscós que es solidifica dins de la part superior de la xemeneia, de manera que l'estructura resultant s'eleva progressivament sobre aquest conducte.
Aquesta estructura volcànica afavoreix a la formació d'un núvol roent.

Els volcans; com un conjunt de processos geològics, i les fases de l'activitat eruptiva

La part visible dels volcans en l' escala dels temps geològics, i també en la humana, representen un temps relativament curt, però en realitat intervenen tenen processos de centenars i milers d'anys de durada.

Aquest conjunt de processos geològics impliquen: la *gènesi*, l'*ascens* i l'*activitat eruptiva*.



La gènesi:

La gènesis, és el procés pel qual es produeix el pas de fase sòlida a líquida de les roques del mantell i l'escorça. Aquest fenomen es produeix en l'Astenosfera

La formació de magmes, és produïda per la fusió, i obeeix a diferents causes, com: la descompressió, l'increment de la temperatura i fins i tot, la presencia d'aigua.

Les zones o els ambients adequats per la gènesi dels magmes, majoritàriament, coincideixen, amb el zones de límits de plaques, o bé en zones interplaca, anomenats punts calents i zones de rift.

L'ascens:

L'ascens de magmes, correspon el desplaçament dels materials fosos des de les zones d'origen fins les zones superficials. Depenent també del volum de magma generat inicialment.

En alguns casos, els magmes ascendeixen directament des de l'Astenosfera, sense aturar-se. Aquests fenòmens donen lloc a erupcions curtes. El més habitual, és que els magmes s'acumulin en zones intermèdies de la litosfera formant **cambres magmàtiques**, on poden continuar ascendint fins a l'exterior.

L'activitat eruptiva:

L'activitat eruptiva, és el conjunt de fenòmens relacionats amb la sortida de materials; líquids, sòlids o gasos a la superfície terrestre Desde un punt emissor.
L'activitat eruptiva, es considera, una de les manifestacions més evidents, de la dinàmica interna de la terra.

La formació d'una regió volcànica, es classifica amb cinc unitats d'activitat eruptiva, segons el període i estils dels fenòmens d'emissió de materials a la superfície. Aquestes unitats són: *Pulsació eruptiva, Fase eruptiva, L'erupció, Època eruptiva, i El període eruptiu.*

- Pulsació eruptiva: impulsos d'emissió de materials volcànics, que pot arribar a durar alguns minuts, forma diferents dipòsits diferenciats.

- Fase eruptiva: conjunt de pulsacions amb el mateix estil eruptiu, que pot arribar a durar dies.

- L'erupció: Es considera l'activitat eruptiva base, i pot arribar a durar anys.

L'erupció d'un volcà, es pot dividir en tres fases: *fase inicial, fase paroxismal, i fase terminal*.

- ***Fase inicial:*** és el començament de l'erupció, i es caracteritza per l'explosió de gasos pel cràter que sol anar acompanyat de petits sismes.
- ***Fase paroxismal:*** emissió de gasos de forma més violenta, i començament de les colades de lava, i les explosions, que van sedimentant escòries i cendres, formant el con volcànic.
- ***Fase terminal:*** disminució de les explosions i emissions, fins que el volcà entra en repòs, es poden produir fenòmens de vulcanisme atenuat.

Tipus d'activitat eruptiva:

L'activitat eruptiva, depèn principalment del contingut de volàtils del magma. Com més viscós sigui un magma, més lentament sorgeix, i més dificultats tenen els gasos per sortir, aquest fet provoca explosions i materials piroclàstics. Per altra banda, el tipus d'activitat, també estarà condicionada per la presència d'aigua en punt emissor del volcà.

Podem diferenciar dos principals tipus d'activitat eruptiva: *l'activitat efusiva i l'explosiva.*

L'activitat efusiva:

L'activitat efusiva, es caracteritza per l'emissió continuada de lava, d'una manera tranquil·la.
L'activitat efusiva té un baix contingut en volàtils del magma, ja que la pressió que exerceix el gas en l'interior no és suficient important per fragmentar el magma i formar piroclasts.

L'activitat efusiva té un tipus característic d'activitat que s'anomena: ***activitat hawaiana.*** Es caracteritza per formar cons en escut, amb un grau d'intensitat baix. El Mauna-Loa i el Kilauea tots dos de Hawaii, en són dos exemples.

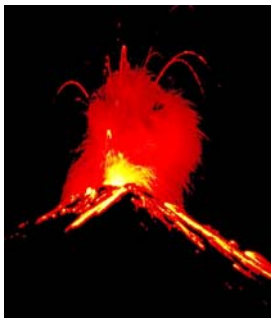
Volcà de les illes de Hawaii

L'activitat explosiva:

Gràcies a l'estudi de les diferents erupcions explosives actuals, s'han definit unes tipologies d'activitat explosiva **magmàtica** i unes altres tipologies d'activitat hidromagmàtica, les quals són: *activitat estromboliana, activitat vulcaniana, activitat pliniana, activitat explosiva hidromagmàtica i activitat explosiva freàtica*

- L'activitat estromboliana: aquest nom, prové del volcà *Stromboli,* al nord de Sicília.

L'activitat estromboliana es caracteritza per unes colades de lava poc extenses per la sortida de gasos amb explosions moderades. També es caracteritza, per la producció de petites explosions, separades per períodes de temps curts, que poden arribar a menys d'un segon fins a poc més d'una hora. Cada una d'aquestes explosions ve donada per l'arribada de gas a la superfície on el magma està en repòs. D'aquesta manera es fragmenta el magma, el qual s'acumula el voltant del centre emissor, formant cons, normalment del tipus estratovolcà.



Volcà explosiu estrombolià

- L'activitat vulcaniana: aquest nom, prové del volcà Vulcano, a Itàlia.

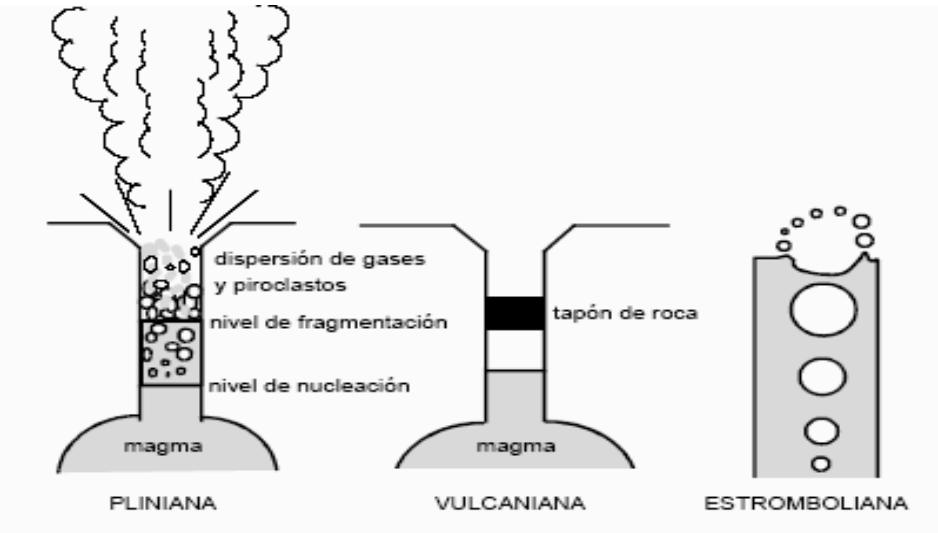
Les erupcions vulcanianes generen colades de lava espesses i lentes que s'allunyen molt poc del cràter. Es caracteritza, per unes explosions violentes amb unes columnes, que poden arribar els 20 Km d'alçada.

Entre dues erupcions la superfície s'endureix, amb molta rapidesa, d'aquesta manera, els gasos s'acumulen sota aquesta escorça sòlida, i exploten d'una manera molt violenta amb períodes de temps més llargs.
Els edificis que es formen són cons d'escòries, petits i alts.

- L'activitat pliniana: aquest nom prové de Plini un jove, que a l'any 79d.C , va escriure amb detall, aquesta activitat eruptiva en el Vesuvi.

Les erupcions plinianes són altament destructives. El magma que emeten aquests tipus de volcans és molt viscós i no forma colades. Per sobre la xemeneia es forma un banyó que obstaculitza la sortida del cràter a l'exterior. També es poden formar, núvols roents que poden assolir velocitats de 100 Km/h. El Mont Pelée, és el volcà d'activitat pliniana, més conegut.

Una variant de l'activitat pliniana, és el tipus **ultraplinià**, que es caracteritza, per ser més violenta que totes les anteriors. Aquest tipus d'activitat volcànica pot arribar a emetre una quantitat de materials que supera els 100 Km^3.



Representació del les diferents erupcions magmàtiques explosives

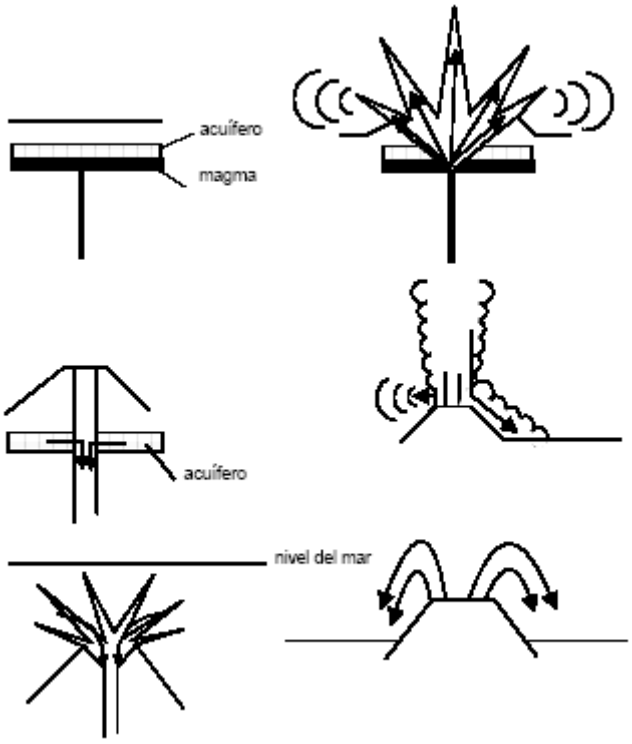
- L'activitat explosiva hidromagmàtica: aquesta activitat, és el resultat de la interacció del magma amb l'aigua ja sigui subterrània o superficial.

En el transcurs d'una erupció magmàtica, l'entrada d'aigua al la cambra magmàtica, pot fer canviar la seva violència explosiva.

Podem diferenciar, dos tipus d'activitat hidromagmàtica*: l'activitat freatomagmàtica, i la surtseyana.*

> ***- Activitat freatomagmàtica:*** Durant una erupció, el magma pot entrar en contacte amb l'aigua i aquesta vaporitzar-se a l'instant. Aquest fet només serà possible si la pressió dels gasos del magma són inferiors a la pressió l'aigua de l'aqüífer. Això produirà explosions molt violentes, que expulsen fragments de magma i de les roques que formen l'aqüífer.
> ***- Activitat surtseyana:*** Violentes explosions fruit de l'entrada d'aigua oceànica, al conducte volcànic i la seva vaporització instantània.

- Activitat freàtica: és caus d'una intrusió de magma que escalfa i vaporitza un aqüífer, sense que aquest magma entri en contacte directament. Aquest fenomen dona lloc a explosions violentes, que expulsen fragments de les roques que formen l'aqüífer, sense sortida de magma a l'exterior.



Tipus d'explosions amb aigua

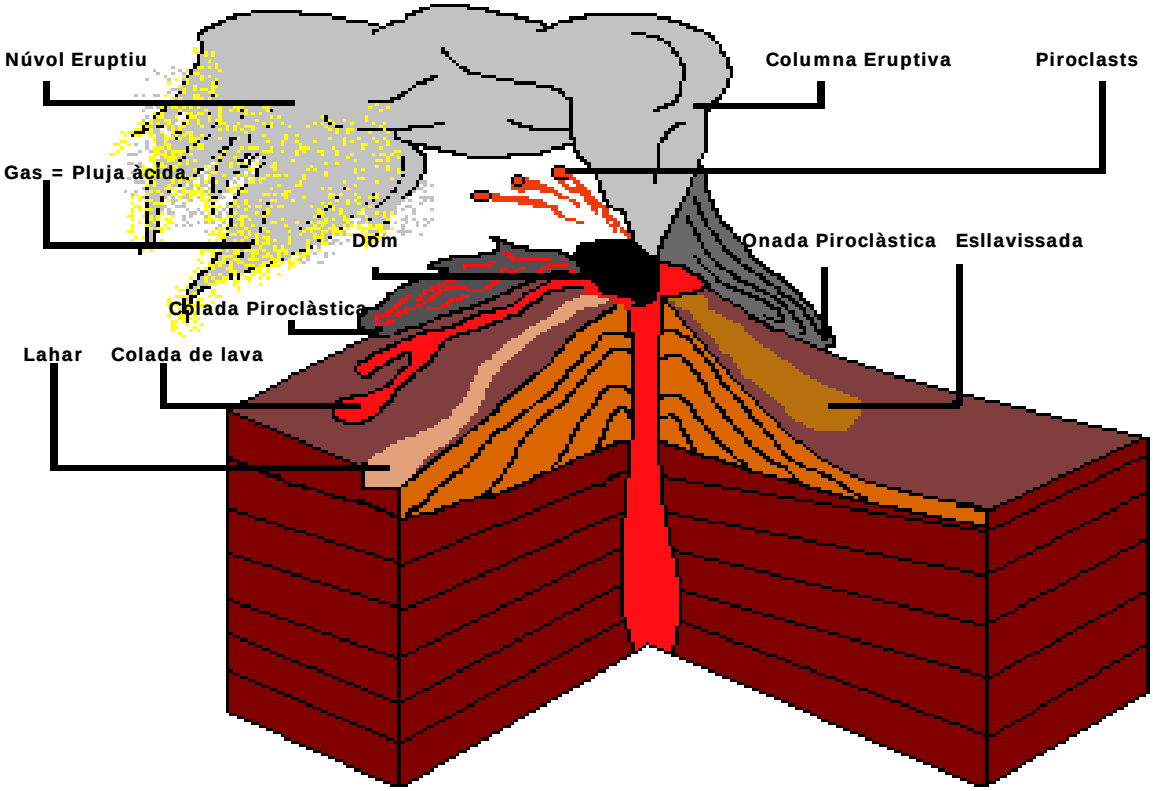
Tenint en compte una seria de característiques, com poden ser el càlcul de la quantitat de piroclasts, o l'altura de la columna de fum, es pot realitzar una taula anomenada **índex d'explosivitat volcànica** (IEV).

tipus d'activitat volcànica				
denominació	**IEV**	**% de piroclasts o colades piroclàstiques (*)**	**predomini emissió**	**edifici construït**
hawaià	0-1	0-3	colades de lava	volcà en escut
estrombolià	1-2	40	colades i piroclasts	volcà compost
vulcanià	2-4	60	piroclasts i colades	volcà compost o con d'escòries
plinià	4-8	99	colades piroclàstiques	banyó volcànic
ultraplinià	5-8	99	colades piroclàstiques	caldera

% de materials piroclàstics respecte al total de materials emesos

Els riscos volcànics:

Els volcans, a diferencia d'altres processos geològics com els terratrèmols, poden produir una seria de fenòmens diferenciats i catastròfics, segons els factors que els condicionen. Per això, és important conèixer aquests factors i els fenòmens conseqüents. Només d'aquesta manera aconseguirem prevenir els danys.



Dibuix **Xavier de Bolós**

Columna eruptiva:

La columna eruptiva és el resultat de la mescla de gasos procedents del magma amb una gran quantitat de partícules sòlides anomenades cendres. Aquesta mescla ascendeix gràcies els corrents de convecció que es formen durant l'erupció a causa d'un fort corrent d'aire calent provocat pel volcà.

Les columnes eruptives, poden arribar al límit superior de la troposfera, concretament fins la tropopausa.

En algunes ocasions dins de les columnes eruptives es generen llamps i llampecs, orinats pels forts corrents de convecció i per les propietats electromagnètiques de les cendres.

Onada piroclàstica:

Una onada piroclàstica és un núvol roent, que hi predomina el gas.
Aquest fenomen té tendència a passar quan les erupcions són de gran intensitat. La columna eruptiva arriba al punt de saturació màxima, formant un núvol que col·lapsa i descendeix pel con volcànic.

Piroclasts:

Les pluges de piroclasts, característics de volcans explosius, comporten un risc elevat, ja que durant una explosió volcànica, aquests són llençats a grans velocitats, tot formant un tir parabòlic, i poden arribar a punts molt allunyats del centre emissor

Núvol eruptiu:

El núvol eruptiu és el resultat de la columna eruptiva al ser transportada i expandida, pels corrents d'aire que es manifesten en la zona que ha tingut lloc l'erupció.
El núvol eruptiu conté una gran quantitat de gasos, cendres i pols volcànica, i aquest fet comporta un risc, ja que les propietats electromagnètiques de les cendres, poden danyar els subministrament elèctric. Per aquest fet, s'ha d'estudiar quines poden ser les previsions meteorològiques, i amb quina direcció es mouran els vents.

Gas:

El gas que s'allibera del magma durant l'erupció, passa a formar part del núvol eruptiu.
Aquest gas pot reaccionar amb alguns gasos que ja conté l'atmosfera, formant les anomenades **Pluges Àcides**, si es produeix aquest fenomen augmenta considerablement el radi de risc.

Dom:

Un dom es produeix, quan el magma és tan viscós que es solidifica dins de la part superior de la xemeneia. Aquesta estructura és típica dels volcans Plinians.

Colada piroclàstica:

La colada piroclàstica, és un núvol roent, que hi predomina el sòlid.
Aquest fenomen, té tendència a passar quan són volcans que se'ls forma un Dom o Pitó.

Colada de lava:

La colada de lava és el fenomen més característic i habitual dels volcans, i es defineix com la massa de roca fosa que surt a l'exterior en forma de riu.

Lahar:

Un Lahar es produeix en els vessants d'un volcà, com a conseqüència de la mescla de materials piroclàstics amb una gran quantitat d'aigua procedent de la fusió de la neu o gel.

Esllavissada:

Les esllavissades es troben en els vessants dels volcans, i són desprendiments de productes volcànics sòlids, dipositats en el con volcànic. Les esllavissades són pels canvis de pendent que experimenta el volcà durant la seva erupció.

HISTÒRIA DE LA RECERCA CIENTÍFICA DELS VOLCANS OLOTINS

"Tal es la noticia que mis cortos alcances presentan de los extinguidos volcanes de Olot y sus inmediaciones [...] que espero que otro mas erudito en este asunto [...] dará nuevas luces sobre esta materia, y aclarará mucho mas lo mismo que mi insuficiencia no me ha dejado conocer."

Dr.D.FRANCESC XAVIER BOLÓS
Noticia de los Extinguidos Volcanes de Olot y de sus Inmediaciones hasta Amer, y de la Naturaleza de sus Productos
Capítol XX

Els primers mites:

No seria d'estranyar que els volcans olotins, ja fossin coneguts en l'antiguitat. Així en diversos indrets de les rodalies, s'han trobat dracmes iberes, les quals imiten les dracmes gregues trobades a Empúries. El fet curiós, és que tenen llegenda d'arrel *OLOS*, i representen un pegàs que surt volant d'una muntanya punxeguda que treu fum, com si es tractés d'un volcà. D'aquesta manera no podem descartar la possibilitat que els grecs haguessin sentit parlar o, fins i tot, fossin testimonis d'algun dels darrers períodes explosius.

Dracma ibera. Foto L. Villaronga

Alguns lingüistes han suggerit que el nom Pirineus, *Pyr-ene* en Grec, podria provenir de muntanyes de foc, aquest fet, pot estar relacionat amb les darreres erupcions, visibles desde la vora del mar, on els grecs tenien les seves colònies. Aquesta hipòtesis no és del tot consistent ja que sembla que aquest fet fes referència a grans incendis forestals que s'hi havien produït.

El més raonable de pensar, és que la població local hagi sabut, desde fa molt temps, que vivien en una zona diferent, on el que predomina són les tonalitats negres i rogenques, on les valls contenen dotzenes de fonts que brollen sobre els magmes durs, i que els penya-segats marquen el trajecte dels rius.

Científics i naturalistes en la història dels volcans olotins:

A la nostra època el primer estudiós dels volcans olotins, va ser el farmacèutic i naturalista olotí **Dr. Francesc X. Bolós**.
Bolós, va ser un personatge típic de la il·lustració. Nascut a olot el 26 de maig de 1773, i fill d'una família acomodada propietaris d'una farmàcia. Va viure en una casa del carrer major d'Olot, que pertanyia a la família desde feia varis segles.
El **1796** Bolós tenia llesta la primera obra dels volcans olotins anomenada: "**Notícia de los extinguidos volcanes de la vila de Olot, de la naturaleza de sus productos y sus aplicaciones**", però sense gosar publicar-la, féu partícips de la seva descoberta diversos naturalistes europeus.
En la tercera pàgina del discurs preliminar, de la segona edició, de l'esmentat llibre dels volcans d'Olot. Bolós explica que el gener de **1807** **Mr. Maclure**, un geòleg escocès considerat el pare de la geologia nord-americana, acompanyat d'un geògraf, van arribar a Olot, sota el pretext d'examinar les muntanyes d'aquesta zona, després de ser informats pel mateix Bolós sobre els seus descobriments, i d'allotjar-se a casa seva. Bolós es va adonar a partir de diverses conversacions científiques, que el seu objectiu principal era fer un mapa exacte sobre aquesta zona fronterera. D'aquesta manera Bolós relata: *"cuyo mapa seguramente se trabajaba á propósito para la invasion francesa del año siguiente".*
Quinze dies després del viatge a la Garrotxa, Maclure cuitar a publicar la ressenya de la regió volcànica d'Olot en una nota breu, apareguda el mes de març del mateix any en el *"Journal de Physique, de Chimie et d'Histoire Naturelle"* de París, i Macleur en cap moment cita la informació prestada ni els tractes i la gratitud rebuts pel Dr. Francesc X. Bolós.

A l'any **1820** incitat pels seus amics, entre ells l'abat Pourret qui el va iniciar en l'estudi de les ciències naturals, Bolós va publicar la seva monografia a la memòria de la Reial Acadèmia de Ciències de Barcelona. En aquesta obra Bolós va descriure els volcans de la vall d'Olot, és a dir, el Montsacopa, el Montolivet, i la Garrinada, així com també el volcà de Santa Margarida, del grup de la Cot, i tot seguit va anotar: *"aunque hay otros montes volcanizados [...] los que acabo de describir son los más patentes y sería nunca acabar si quisiera hablar de todos, particularmente siendo tan extenso y montuoso el país en donde obró el fuego"*.

L'anglès **Charles Lyell** se'l considera el renovador de la geologia moderna, i en el seu elogi fúnebre, es va dir que havia estat el millor geòleg del món en els últims vint-i-cinc anys.

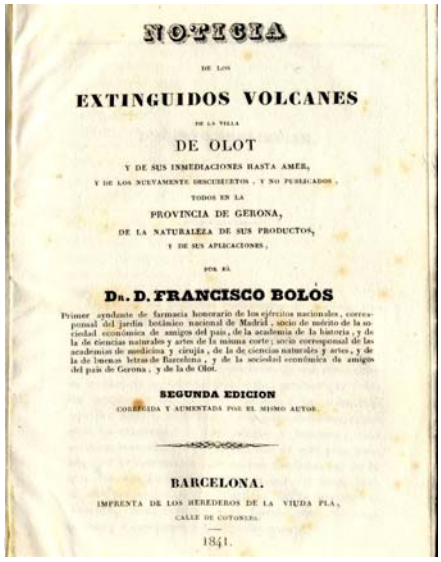
Lyell va arribar a Olot el dia de Sant Esteve de **1830** amb una carta de recomanació per a Bolós, d'un personatge de la més alta dignitat aristòcrata; el compte d'Espanya. Lyell es va allotjar a la casa de Bolós, qui el va acompanyar sobre el terreny, i li va facilitar tota la documentació de què disposava. El mateix Bolós esmenta *"sufri un riguroso exámen sobre lo que decia en este escrito, teniendo en su mano mi cuaderno sobre los estinguidos volcanes".*

En diverses lletres, Lyell recull les seves afinades observacions, les quals foren reproduïdes més tard en les seves famoses obres *Principles of Geology*, en tres volums i reeditada dotze vegades fins al 1875, i *Elements of Geology*, en dos volums, publicada el 1838 i traduïda al castellà el 1847, quan va començar a ésser divulgada al nostre país.
Principles of Geology és considerat, històricament, com el primer tractat modern de geologia. En aquest llibre, Lyell i dedica un capítol als volcans de la Garrotxa.

Si bé és cert que Lyell va reconèixer que durant la seva visita a la zona volcànica catalana, havia estat acompanyat pel Dr. Francesc X. Bolós, també és veritat que va silenciar que aquest hagués publicat res sobre el tema, ni que fos realment el descobridor d'aquest esdeveniment.
Curiosament la mateixa actitud havia estat adoptada per Mr. Maclure vint-i-dos anys abans.

Bolós en els seus últims anys, delicat de salut, va revisar i completar la segona edició del seu estudi sobre els volcans d'Olot.

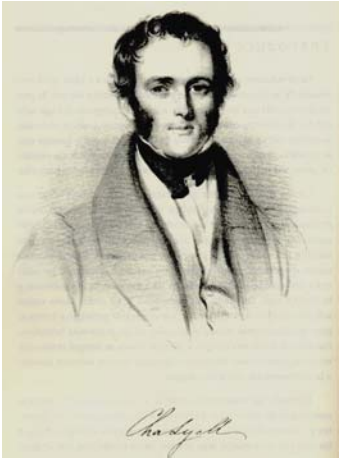
En aquest segon llibre, cita haver-se assabentat d'aquests esdeveniments, i es mostra dolgut pels pocs científics posteriors als seus treballs que ell mateix va informar, i no van tenir la generositat de publicar que li deguessin aquella noticia.


NOTICIA
DE LOS
EXTINGUIDOS VOLCANES
DE LA VILLA
DE OLOT
Y DE SUS INMEDIACIONES HASTA AMER,
Y DE LOS NUEVAMENTE DESCUBIERTOS, Y NO PUBLICADOS,
TODOS EN LA
PROVINCIA DE GERONA,
DE LA NATURALEZA DE SUS PRODUCTOS,
Y DE SUS APLICACIONES,
POR EL
Dn. D. FRANCISCO BOLÓS
Primer ayudante de farmacia honorario de los ejércitos nacionales, correspondal del jardin botánico nacional de Madrid, socio de mérito de la sociedad económica de amigos del pais, de la academia de la historia, y de la de ciencias naturales y artes de la misma corte; socio correspondal de las academias de medicina y cirujia, de la de ciencias naturales y artes, y de la de buenas letras de Barcelona, y de la sociedad económica de amigos del pais de Gerona, y de la de Olot.
SEGUNDA EDICION
CORREGIDA Y AUMENTADA POR EL MISMO AUTOR.
BARCELONA.
IMPRENTA DE LOS HEREDEROS DE LA VIUDA PLA,
CALLE DE COTONERS.
1841.

o
Portada de la segona edició del llibre de Francesc Xavier Bolós i Germà

Dr. Francesc X. Bolós i Germà, segons una pintura a l'oli. Foto Xavier de Bolós

Mr. William Maclure Gravat del Gravat del *Pan American Geologist*


Charles Lyell, segons un dibuix de J. M. Wright. El 1836

Durant el segle XIX hi hagué nombrosos autors estrangers que s'interessaren pels volcans olotins. Podríem destacar les publicacions de **P.W. Stuart Menteath** (1869), **J.J. Landerer** (1885) i **A. Maestre** (1844-45); i també estudiosos i naturalistes catalans com el naturalista **Estanislau Vayreda** (1875), que escriu en un article sobre la destrucció d'un tossol basàltic proper a Olot.

P. Alsius va publicar tres treballs entre el 1874 i el 1895 a la *Revista de Gerona*, i **J. Teixidor**, va elaborar una primera síntesis, publicada en diverses parts entre el 1883 i el 1897.

El 1893 es presenta el primer article on hom esmenta la degradació del paisatge dels volcans Montsacopa, Garrinada i Montolivet, signat per *Lluch Llach*, pseudònim de **Josep Berga i Boix**.

Al principi d'aquesta centúria, a l'època de *Prat de la Riba*, augmenten notòriament els estudis i les publicacions referits als volcans olotins. Sobresurten els treballs de **J. Gelabert** (1904) naturalista que sol·licita a les autoritats la declaració de Parc Nacional a la zona volcànica, i l'important treball de **S. Calderón**, **Cazurro** i **L. Fernández Navarro** (1906) anomenat *Formaciones Volcànicas de la provincia de Gerona*, punt de partença obligat per la majoria de treballs posteriors.

La interrupció, per obra de la dictadura de *Primo de Rivera,* de totes les activitats geològiques de la Mancomunitat, va desplaçar la tasca dels geòlegs catalans cap als volcans olotins, i en aquell període aparegueren un total de vint-i-dues obres que hi fan referència. Entre els autors hi ha **J. Marcet Riba**, **N. Llopis Lladó**, **L. Solé Sabarís**, **M. San Miguel de la Cámara** i el seu costat alguns olotins, com **M. de Garganta** i **A. de Bolós**.

El ressò del *XIV congrés Geològic*, aplegà centenars de geòlegs de tot el món, fou un esdeveniment molt gran a casa nostra ja que una de les seves visites, va ser els nostres volcans. Prèviament s'havien enllestit diversos treballs que van sortir publicats en les memòries del Congrés. Els autors del capítol de vulcanisme, feren una obra d'un gran interès, la qual resumia l'estat de coneixements que hi havia en aquella època.
Entre els autors estrangers cal esmentar **M. Chevalier**, ja que aquest geòleg francès va publicar sis monografies sobre els volcans olotins, entre el 1926 i el 1931; va dur a terme un notable aixecament topogràfic de la baixa Garrotxa i va realitzar la primera cartografia geològica digna d'aquest nom.

Fins l'any **1945** no tornaren a publicar estudis sobre els volcans olotins, ja que la guerra civil va posar fi a la recerca científica del nostra país durant un temps. Foren els geòlegs catalans qui reprengueren la recerca científica.

El 1957 **M. del Tura de Bolós**, **J. Cardelús** i **L. Solé** publicaren nous treballs de recerca referits a les terrasses fluvials i els sòls volcànics.
Cinc anys més tard es dona a conèixer *Observacions sobre la edad del vulcanismo gerundense.*

Durant un temps gràcies a la fi de l'aïllament diplomàtic de l'estat espanyol, van ser sobretot francesos qui van dur a terme investigacions sobre els volcans olotins. **P. Guàrdia** (1964), va estudiar el palemagnetisme de les laves, **J. Tournon** (1968), sobre la petrografia, i **B. Donville** (1973), sobre les edats absolutes de les roques volcàniques, calculades a partir de mètodes radioactius.

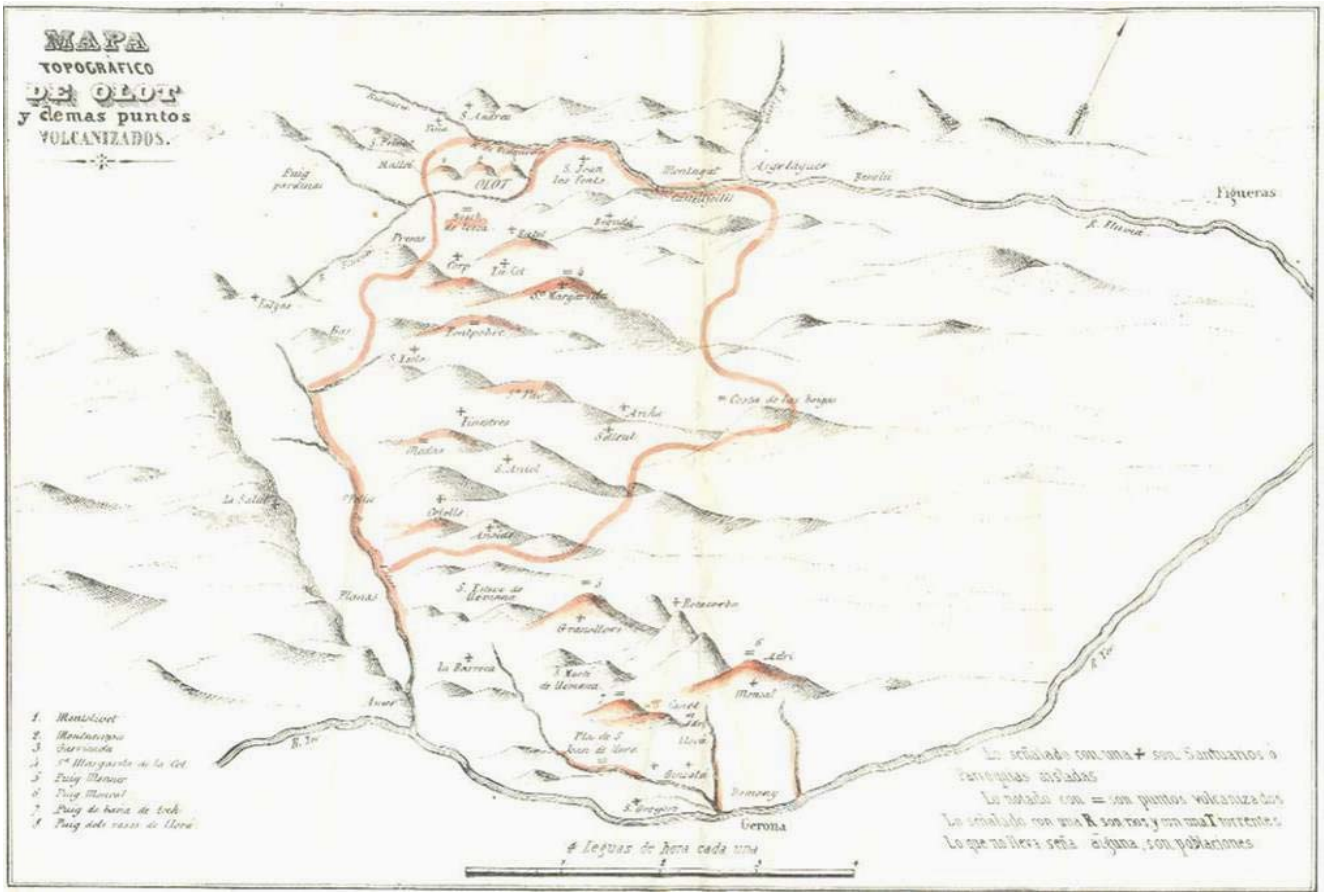
Durant els últims anys han començat a efectuar-se treballs de recerca aplicada, promoguts per companyies privades o per l'administració pública; com per exemple sondatges d'investigació, campanyes d'investigacions geofísiques i mecàniques per a l'avaluació dels recursos explotables, etc...

Josep M. Mallarach ha estat un dels geòlegs i naturalistes més destacats dels últims temps per les seves investigacions i aportacions en el camp de la geologia catalana, i com també per haver lluitat per preservar les nostres terres.

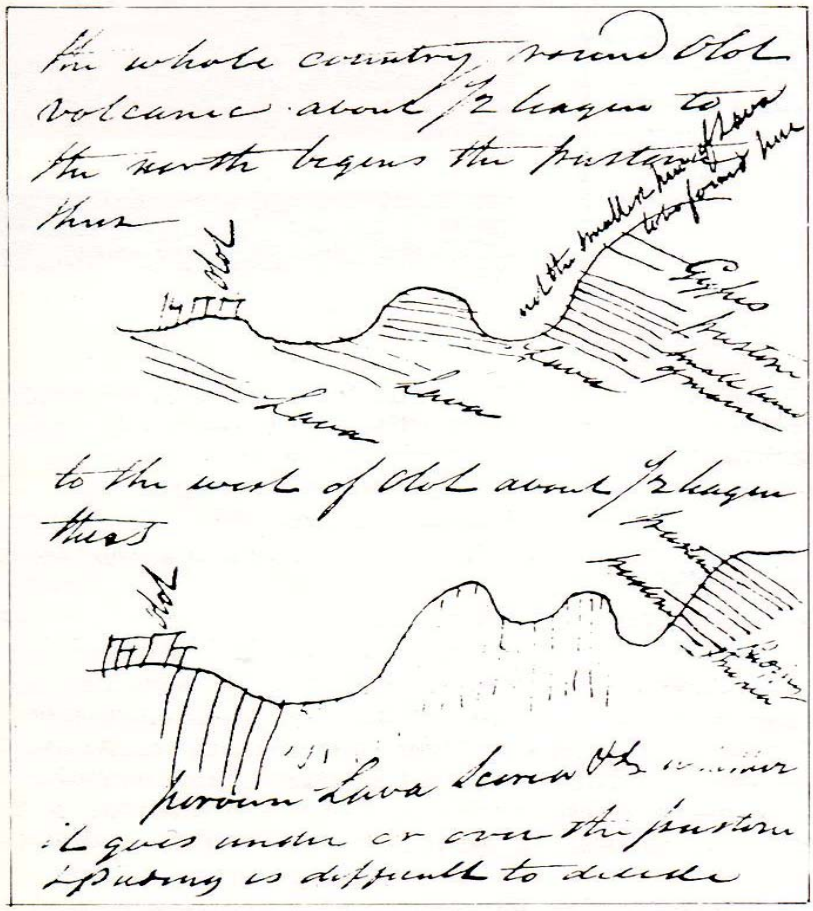
El conjunt de científics que s'han ocupat d'estudiar i defensar els volcans olotins, han deixat la seva empremta en aquesta ciutat, i gràcies el seu esforç i a la seva dedicació, no solament podrem anar coneixent alguns dels aspectes d'aquests paisatge volcànic, sinó que se'ns oferiran suggestives interpretacions sobre els volcans de la Garrotxa.

Gravats històrics:

Es diu que amb un catàleg de tots els croquis, gravats i mapes geològics publicats d'aquesta regió volcànica, es podria observar l'evolució de la geologia en el nostre país, ja que desde finals del segle XVIII fins els nostres dies, la Garrotxa ha atret l'atenció de naturalistes i geòlegs, tant estrangers com del país, convertint aquesta zona amb una de les més estudiades de la geografia catalana.

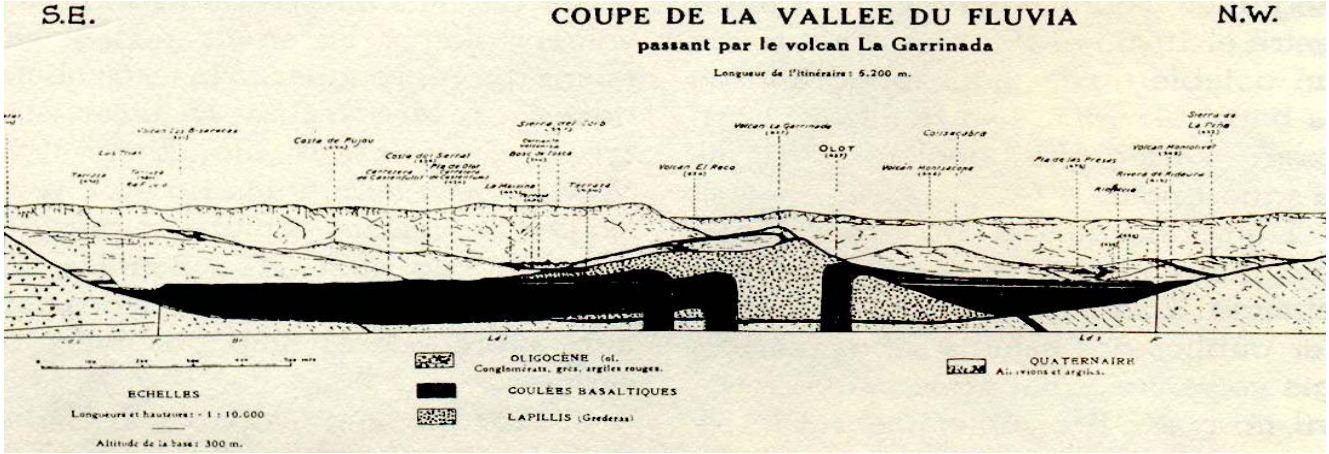


1. El primer mapa geològic esquemàtic de la regió volcànica és obra del farmacèutic i naturalista olotí Dr. Francesc Xavier Bolós. Aquest mapa fou publicat a Barcelona l'any 1812 en la seva obra: *"Noticia de los extinguidos volcanes de la villa de Olot y sus inmediaciones hasta Amer..."*

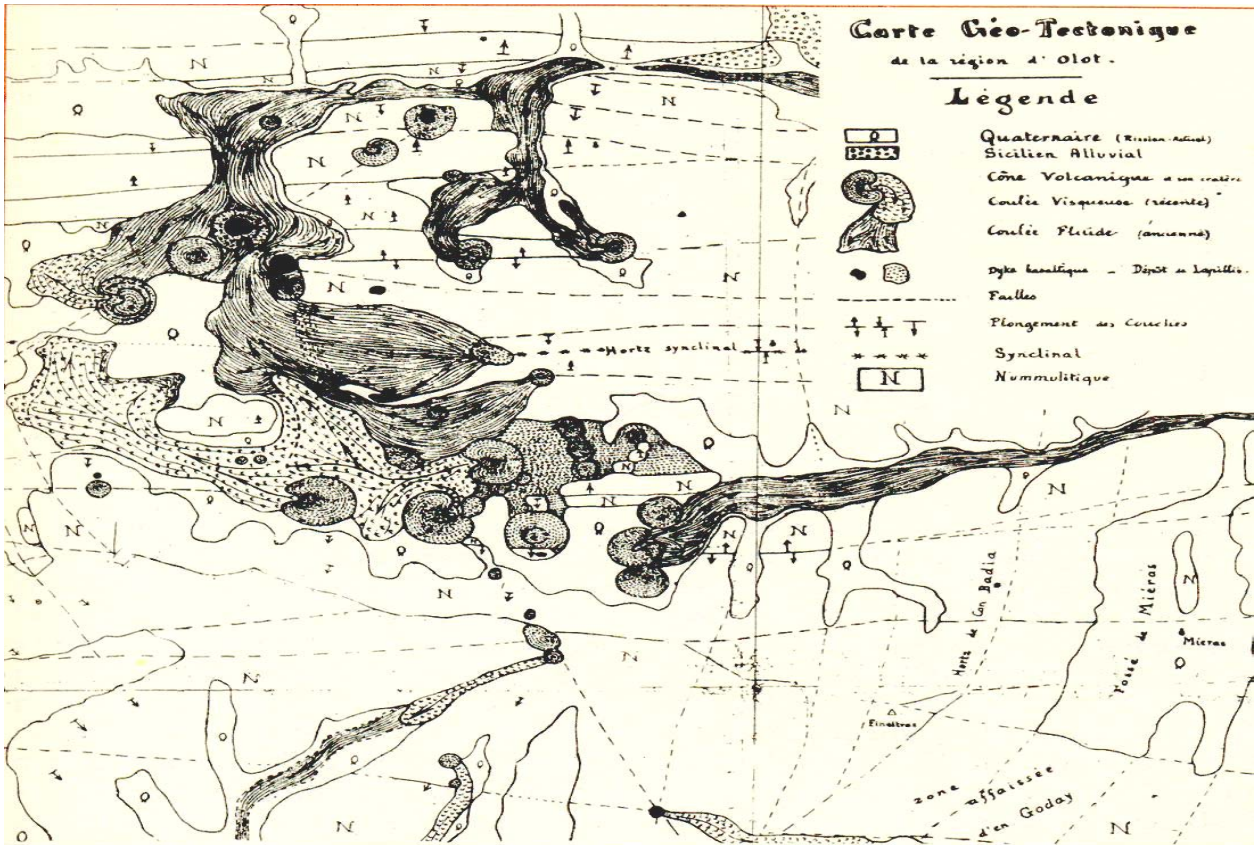


2. Els talls geològics d'Olot, realitzats per Mr. William Maclure els dies 26 i 27 de gener de 1809, aquests talls són considerats els més antics del nostre país. Els originals són extrets del seu diari de viatge.

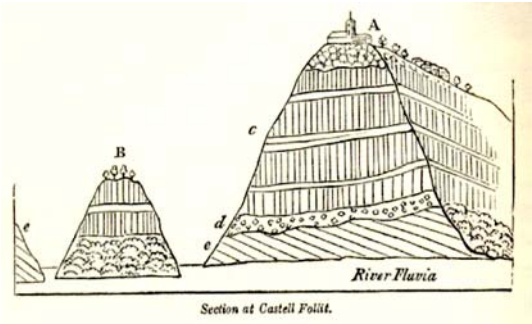
3. Gravat dels cons volcànics de les rodalies d'Olot creat per Charles Lyell l'any 1830.
En aquest gravat s'observa clarament com aquests cons volcànics se superposen damunt d'un relleu preexistent.
Aquest dibuix fou reproduït a la portada d'una de les seves obres: *"Principles of Geology".*



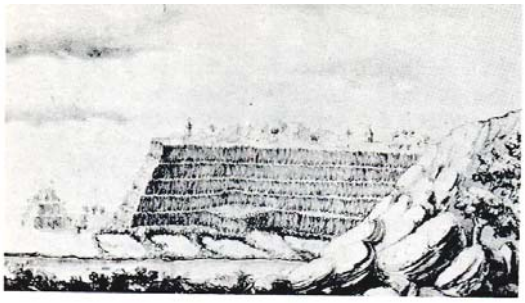
4. Tall geològic, creat i publicat per M. San Miguel del la Cámara i J. Marcet Riba, en la guia de l'excursió C-4 del 14é Congrés Geològic Internacional celebrat l'any 1926, aquest tall va ser de gran interès.
Aquest Tall geològic, mostra una secció de la vall del Fluvià a l'alçada del volcà la Garrinada, segons el qual el con hauria quedat semicobert per les emissions de lava que va emetre.



5. Marcel Chevalier va efectuar un aixecament topogràfic complet i va realitzar, acte seguit, la primera cartografia geològica moderna de la regió volcànica, la qual fou publicada l'any 1926 en la seva obra: *Essai sur la Physiographie pendant le temps quaternaire.*
Aquests mapa va eliminar l'obstacle per millorar els mapes geològics.



6. Tall geològic de Castellfollit, segons C. Lyell (1842).



7. Làmina realitzada per l'enginyer de mines J. Ezquerra del Bayo, que representa **l'estructura basàltica de Castellfollit de la Roca.**

El Vulcanisme a la Garrotxa

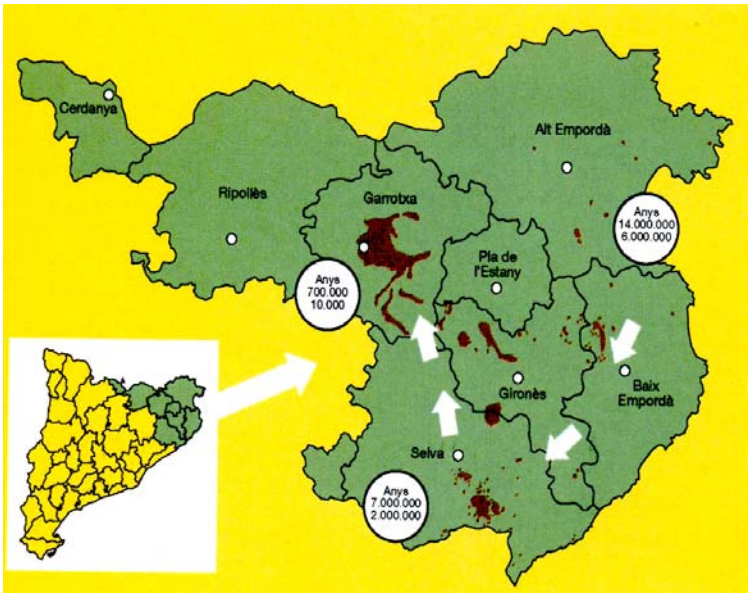
"El temps que el gran Alcides anava per la terra, tot escombrant-la amb clava feixuga, arreu-arreu, de bords gegants i monstres que a Déu movient guerra, en flames esclatava nevat lo Pirineu".

JACINT VERDAGUER
L'Atlàntida, cant primer: *L'incendi dels Pirineus*

La Garrotxa dins el vulcanisme Català:

Les erupcions que van tenir lloc a la Garrotxa, i en general, a Catalunya durant el neògen i el quaternari, no són un fet estrany en la geodinàmica d'Europa, sinó que s'engloben dins el rift europeu.
Trobem associades en aquest rift, nombroses manifestacions volcàniques tant a l'Europa oriental com a l'occidental. Les més destacades són a Eiffel a Alemanya, a l'Alvèrnia a França, i a Catalunya.

Les roques eruptives de Catalunya es distribueixen en tres zones volcàniques: l'Empordà del terciari i la Selva i la Garrotxa de quaternari.
La distribució geogràfica d'aquest vulcanisme i les dades geocronològiques, permeten senyalar que l'activitat magmàtica es va iniciar en l'Empordà, seguidament a la Selva i, finalment es desplaçar fins la Garrotxa.
Gràcies els fenòmens erosius s'explica que en la zona de l'Empordà i la Selva, hagin desaparegut els edificis volcànics.



Mapa del nord-est de Catalunya amb les zones volcàniques

Les erupcions de la zona volcànica de la Garrotxa:

A la zona volcànica de la garrotxa, es troben el volcans més moderns i amb un millor estat de conservació. Se n'han identificat trenta-vuit dins l'àmbit del Parc Natural de la Garrotxa, dos a la vall d'Hostoles i cinc a la vall de Llémena.

Les dades geocronològiques estableixen l'edat d'aquest vulcanisme, entre els 350.000 anys i els 10.000 anys. Segons les investigacions i datacions existents, es pot calcular un episodi eruptiu d'aproximadament cada 15.000 anys, tot i que la IAVCEI estableix com a risc de perillositat els 6.000 anys aproximadament.

Tots els cons volcànics de la Zona Volcànica de la Garrotxa, es van formar a partir d'una única erupció. D'aquesta manera parlem de volcans monogenètics, és a dir formats per la sortida d'una bossada de magma, que en esgotar-se marca l'extinció de l'activitat en aquell punt.

El fet que aquests volcans siguin monogenètics, no implica que puguin tenir diferents fases d'activitat al llarg de l'erupció, marcades pel canvi d'estil de la sortida de magma a l'exterior.

Les fases d'activitat eruptiva:

L'activitat volcànica que va formar els volcans olotins, va combinar fases típicament magmàtiques, amb d'altres freatomagmàtiques. Aquest fet implica que els seus productes siguin molt diversos, malgrat la monotonia dels seus magmes.
Els dipòsits eruptius identificats, indiquen que les fases d'activitat d'aquesta zona, són del tipus efusiu, estrombolià i freatomagmàtic.

El que es repeteix en freqüència, és que una activitat comenci essent estromboliana, i a mesura que aquest perd el gas, deriva cap a una activitat efusiva. Un exemple és el volcà Croscat i el Montolivet.

Un altre cas destacat, són les erupcions que comencen amb una entrada d'aigua el conducte volcànic, formant una activitat freatomagmàtica, que passa a ser estromboliana i, finalment, esdevé efusiva per el mateix fenomen de desgasificació. L'exemple més identificat pot ser el cas de la Garrinada.

Les erupcions on l'activitat comença essent estromboliana, poden passar a ser hidromagmàtiques.
Amb menys freqüència, trobem el cas de volcans que es formen a partir d'una única fase eruptiva, ja sigui estromboliana o freatomagmàtica.

Finalment, s'han constatat algunes fases estrombolianes, intercalades amb fases hidromagmàtiques.

Els edificis volcànics:

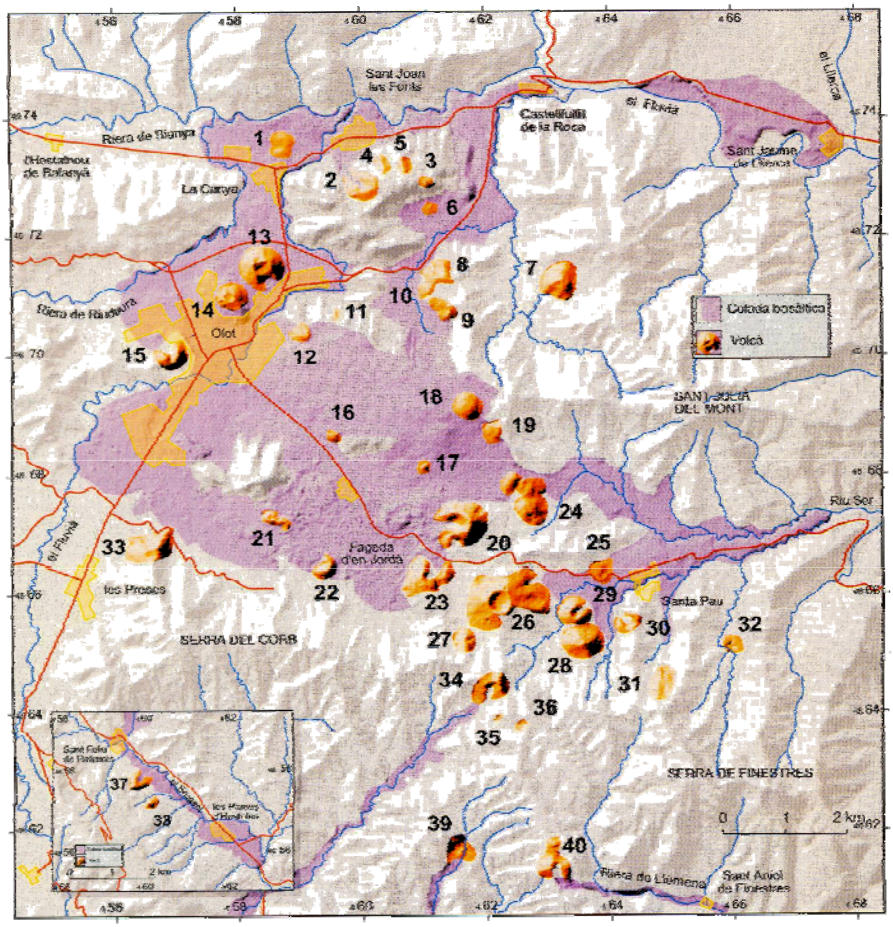
Al llarg d'una erupció, gràcies a l'alternança de fases d'activitat, sovint es dóna lloc a la superposició de capes. En el Parc Natural, trobem el volcà Puig de Martinyà, on dos cons d'escòries cobreixen una part hidromagmàtica preexistent, El millor exemple d'aquesta interferència d'edificis volcànics, és el volcà de la Crosa de Sant Dalmai, tot i que aquest no pertany a la Garrotxa.

Un altre cas freqüent relacionat amb la morfologia del con i les activitats eruptives, és la destrucció dels vessants del volcà a conseqüència de l'activitat efusiva en la fase terminal de l'erupció. Un exemple en són: el Croscat, el Montolivet, etc...
La forma final que s'esdevé, té forma de ferradura, ja que la colada de lava ha arrencat i arrossegat els piroclasts d'una zona del con.

Volcà del Croscat

En la Zona Volcànica de la Garrotxa, també tenim el cas dels cons adventicis, aquest fenomen sorgeix gràcies a la ramificació del conducte volcànic formant diverses boques eruptives. El Croscat és un exemple.

Situació dels cons volcànics de la Garrotxa:



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

Alguns afloraments destacats de la Zona Volcànica de la Garrotxa:

Els afloraments escollits, són uns quants dels molts afloraments importats que conté aquesta terra volcànica, però he considerat que aquests són els més interessants per esmentar en aquest treball.

El volcà Montsacopa

El volcà del Montsacopa és un dels quatre volcans que hi ha en el nucli urbà d'Olot. És situat al centre del pla d'Olot, gairebé contigu al volcà la Garrinada hi ha poca distància del Montolivet. Aquests estan alineats damunt la mateixa fractura.
Aquests volcans pertanyen al quaternari.
Al cim del Montsacopa es va construir l'ermita de Sant Francesc i dues torres de guaita.

Volcà del Montsacopa. Foto Pep Callís

El volcà del Montsacopa està format per un únic edifici, de tipus con d'escòries, amb una morfologia regular.

El volcà; és més regular en la seva meitat Sud, amb els flancs lleugerament convexos, i en canvi, és més irregular en la meitat nord. El Morrot, representa l'inici de l'emissió de lava, que es va dirigir cap al nord-oest.

El Montsacopa presenta un cràter circular, d'uns 120 metres de diàmetre i 12 metres de profunditat, i un con de flancs inclinats d'uns 94 metres. El fons del cràter és pla, però Cazurro el 1.906, recull el testimoni que, abans del 1800, el cràter acabava al bell mig amb un "embut abrupte al fons del qual baixaven els vailets més atrevits".

Les grederes ja s'explotaven fa diversos segles, i el seus materials extrets del seu flanc sud-oest van servir per a ajudar a vestir una bona part de la ciutat.

En aquest flanc sud-oest, que hi ha al costat del cementiri, podem observar els diferents nivells que es van formar durant l'erupció. La majoria són de mida bloc i lapil·li, amb alguna bomba intercalada. Són piroclasts juvenils que presenten una vesiculació important. Trobem al sostre de la seqüència de materials, alguns comportaments, tot i ser de magma solidificat, són de tamanys cendres.

L'interpretació actual del Montsacopa, explica, que van produir dues fases d'activitat eruptiva: la primera efusiva, i la segona explosiva.
La colada de lava de la fase efusiva, va fluir fins els peus de la serra de Sant Valentí.
La segona fase, va ser principalment estromboliana, encara que la presència de fragments poc vesiculats en els nivells superiors de la seqüència, indiquen l'existència d'alguna pulsació freatomagmàtica.

El Con d'escòries del volcà Croscat:

El volcà del Croscat, el trobem entre Olot i Santa Pau. Les grederes, situades a la part nord del volcà, formen un aflorament meravellós.

Grederes a la basant nord del Croscat. Foto J. Pérez i X. Brunsó

El volcà del Croscat, és el volcà més alt de la Península amb 160 metres d'alçada, i amb una base de 950 metres de diàmetre. Està constituït per un únic edifici volcànic monogenètic i té forma cònica amb el cràter de ferradura esbocat cap a l'oest.

La datació dels materials emesos pel Croscat, data de 11.500 anys, amb un marge d'error de 1.500 anys, per tant aquest volcà és el més recent de la regió volcànica de Catalunya.

El volcà del Croscat, a conseqüència de les extraccions de greda que va patir durant els anys 50 fins a principis dels 90, constitueix un inigualable aflorament de materials volcànics, de 150 metre d'alçada i uns 500 metres d'amplada.

En aquest aflorament no hi ha dificultat per observar els diferents nivells centimètrics d'escòries, formats per fragments juvenils irregulars i vesiculars, amb tamanys de lapil·li.

La inclinació de les capes, augmenta desde el nucli fins a la part externa del con. El color més predominant en la part externa és el negre o gris fosc, a diferencia de la part interna, que el que predomina, és el roig.

En la formació de l'edifici volcànic trobem tres fases d'activitat eruptiva; la primera va ser una activitat eruptiva estromboliana, que va acumular les escòries molt a prop del centre emissor. Seguidament aquesta fase, es va convertir més explosiva i va originar el con d'escòries. Finalment va tenir lloc la colada de lava, a conseqüència d'una desgasificació en l'erupció, la qual va originar l'actual forma de ferradura en el cràter. Actualment a la colada de lava del Croscat, hi ha crescut la Fageda d'en Jordà.

Les diferents coloracions dels piroclasts, es deu a l'oxidació d'aquests a causa de l'alteració tèrmica que produeixen els gasos entorn la xemeneia, en els darrers estadis de l'erupció.

El volcà de Santa Margarida:

El volcà de Santa Margarida, és un dels més coneguts de la Garrotxa. El trobem molt a prop de la carretera de Santa Pau, situat el peu de la serra de Lleixeres.

Volcà de Santa Margarida. Foto J. Pérez i X. Brunsó

El volcà de Santa Margarida, es tracta d'un edifici volcànic de tipus freatomagmàtic, format sobre gresos.
La forma del cràter, és circular, amb uns 350 metres de diàmetre i 70 metres de profunditat.

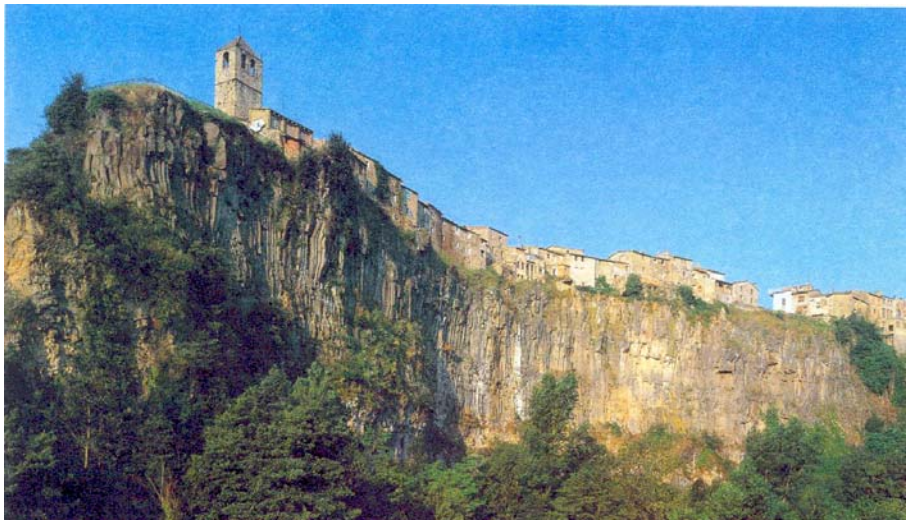
Al mig del cràter trobem una ermita d'origen romànic, però modificada posteriorment.

Durant l'erupció del volcà de Santa Margarida, es van presentar diferents pulsos o fases eruptives, la inicial va ser estromboliana, però ràpidament es va desenvolupar una activitat freatomagmàtica de poca intensitat.

D'acord amb la cartografia dels materials volcànics d'aquest sector, s'ha comprovat que no tots els dipòsits que es troben en aquest aflorament provenen del volcà de Santa Margarida.
Les escòries de la part superior corresponen a un dipòsit de caiguda estrombolià que no procedeix d'aquest centre eruptiu, sinó del volcà Croscat, localitzat a un quilòmetre de distància.

Les colades de lava de Castellfollit de la Roca:

Castellfollit de la Roca, està situat a uns set quilòmetres de la ciutat d'Olot, entre la riera del Turonell i el riu Fluvià.

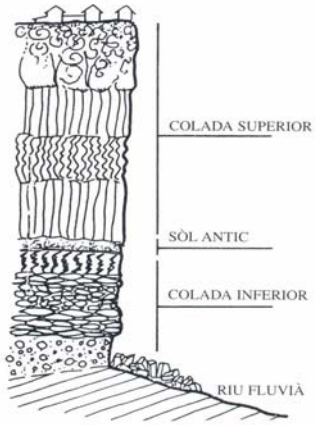


Cinglera de Castellfollit de la Roca

La cinglera de Castellfollit de la Roca, és el resultat de la superposició de dues colades de lava, amb una alçada màxima de 50 metres i una llargada d'un quilòmetre.

Des de fa milers d'anys, aquesta colada pateix l'efecte de l'erosió del riu Fluvià, provocant el retrocés progressiu de la cinglera, també s'hi afegeix el fenomen de gelifracció (glas-desglas). Que separa els blocs afavorint el seu despreniment.

La base del cingle de Castellfollit, està constituïda per gresos i margues, just per sobre d'aquesta capa hi ha unes graves formades per còdols de calcàries i gresos.
Just per sobre d'aquests materials, tenim uns 40 metres de gruix de basalt color gris negre, Però a uns 9 metres de l'inici d'aquests materials massius basàltics, s'observa un nivell, d'entre 0,2 i 1,5 metres, d'argiles i piroclasts, aquest nivell divideix l'escarpament basàltic en dues parts.



Dibuix **Josep M. Mallarach**

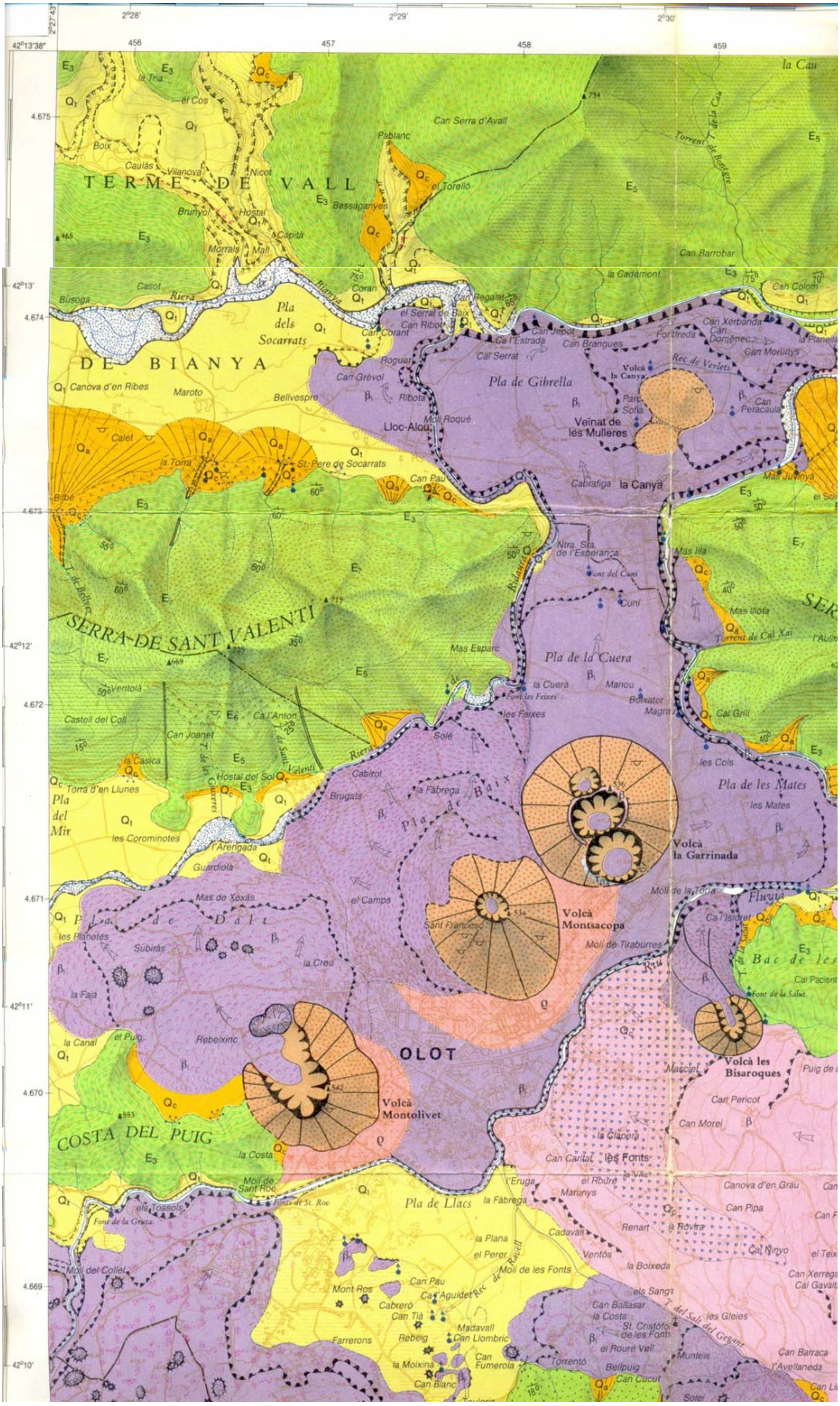
La primera part i la més inferior, presenta tres capes diferenciades. Una amb hàbit de retracció columnar d'uns 5,5 metres, seguidament trobem la següent part, amb hàbit lenticular, amb un gruix de 3,5 metres. El darrer nivell, està format novament per prismes columnars.

La part superior té quatre nivells. Els tres primers amb un gruix d'uns 5 a 9 metres cadascun, presenten una marca de disjunció columnar. A la part superior es troba un nivell, amb un gruix de 9 metres, té una disjunció esferoidal, a conseqüència de la alteració.
S'interpreta que damunt del substrat preexistent, s'hi van dipositar dues colades de lava fluida.

Fa uns 217.000 anys, les laves emeses pels volcans de Batet, van seguir el trajecte de l'antiga vall del riu Fluvià. El segon flux de lava va seguir un camí diferent fa 192.000 anys, les laves van fluir seguint la que era la vall del Turonell, desde els volcans de Begudà fins a la zona de Castellfollit de la Roca.

El lapse de temps entre les dues colades, és marcat per la formació d'un paleosol o sòl antic. I l'acumulació d'alguns materials sedimentaris que marca una discontinuïtat clarament diferenciables.

Les colades de lava de Castellfollit, van provocar l'obstrucció dels cursos dels rius del Fluvià i el Turonell, tot i que van ser superades gràcies a la seva erosió.



2°27'43"
2°28'
2°29'
2°30'
42°13'38"
456
457
458
459
4.675
4.674
4.673
4.672
4.671
4.670
4.669
42°13'
42°12'
42°11'
42°10'
la Cau
la Tria
el Cos
Can Serra d'Avall
Pablanc
Boix
Caulàs
Vilanova
Nicot
TERME DE VALL
el Torelló
Bassaganyes
Brunyol
Hostal
Capità
Morrals
Mall
Can Barrobar
la Cadamont
Can Colom
Casol
Riera de Bianya
Búsoga
Coran
Pla dels Socarrats
Can Regalat
el Serrat de Baix
Can Ribot
Can Corant
Can Jepot
Ca l'Estrada
Can Brangues
Fortreda
Can Xerbanda
Can Domènec
Can Morunys
DE BIANYA
Roguer
Cal Serrat
Rec de Verlets
Can Grèvol
Pla de Gibrella
Volcà la Canya
Canova d'en Ribes
Maroto
Bellvespre
Ribota
Parc Sofia
Can Peracaula
Lloc-Alou
Molí Roqué
Veïnat de les Mulleres
Calet
la Torra
St. Pere de Socarrats
Can Pau
Cabrafiga
la Canya
Mas Juvinya
T. de Bellver
Ntra. Sra. de l'Esperança
Font del Cuní
Mas Illa
Cuní
Mas Illota
SERRA DE SANT VALENTÍ
Torrent de Cal Xai
Mas Esparc
Pla de la Cuera
Ventolà
la Cuera
Manou
Font les Feixes
Boixater
Magra
Castell del Coll
Ca l'Anton
les Feixes
Cal Grill
Can Joanet
Solé
la Casica
Hostal del Sol
Cabirol
les Cols
Torra d'en Llunes
Brugats
la Fàbrega
Pla de les Mates
Pla del Mir
Pla de Baix
les Mates
les Corominotes
l'Arengada
Volcà la Garrinada
Guardiola
Molí de la Torra
Mas de Xexàs
el Camps
Fluvià
Pla de Dalt
Ca l'Isidret
les Planotes
Subiràs
Sant Francesc
Volcà Montsacopa
Molí de Tiraburres
la Creu
Bac de les
Cal Pacient
la Fajà
Font de la Salut
Rebeixinc
la Canal
el Puig
OLOT
Volcà les Bisaroques
Masclet
Puig de
Can Pericot
Volcà Montolivet
Can Morei
COSTA DEL PUIG
la Costa
la Closera
Can Cantal
les Fonts
Molí de Sant Roc
Font de St. Roc
l'Eruga
el Roure
Marunys
Canova d'en Grau
els Tossols
Pla de Llacs
la Fàbrega
Can Pipa
Font de la Gruta
Cadavall
Renart
la Rovira
la Plana
el Perer
Ventós
Cal Ninyo
el Teix
Molí del Collet
Molí de les Fonts
la Boixeda
Can Xerrega
Cal Gavalt
Mont Ros
Can Pau
Ca l'Aguidet
els Sangs
Rec de Ravell
Cabreró
Can Tià
Can Baltasar
la Costa
les Gleies
St. Cristòfol de les Fonts
T. del Salt del Gegant
Farrerons
Rebeig
Madavall
Can Llombric
Can Fumerola
el Roure Vell
Can Barraca
l'Avellaneda
la Moixina
Can Blanc
Torrentó
Bellpuig
Can Cucut
Munteis
Soler

Litologia:

ROQUES SEDIMENTÀRIES - SUBSTRAT TERCIARI

SEDIMENTARY ROCKS - TERTIARY SUBSTRAT

Al sud de la falla de Vallfogona

On the South of the Vallfogona fault

E_1

GRESOS DE PUIGSACALM: Gresos de gra fi, gris-blavencs, amb intercalacions margoses Interpretats com a sediments de la part frontal d'un delta
Potència: ~85 m. Edat: Biarritzià - Priabonià inferior

PUIGSACALM SANDSTONES: Grey-blue coulour fine sandstones, with intercalate shale thick beds. Interpreted as delta-front sediments
Thickness: ~85 m. Age: Biarritzian to Lower Priabonian

E_2

MARGUES DE MANLLEU: Gresos i gresos margosos de gra fi, sovint biotorbats, margues blaves, calcarenites bioclàstiques i bancs d'ostres. Interpretrats com a sediments de badia, amb barres de «fore-shore» i nivells de «shore-face»
Potència: ~315 m. Edat: Bartonià inferior - Biarritzià

MANLLEU MARLS: Sandstones, sandy mudstones, with grey or blue -grey siltstone intervals, bioclastic detrital limestone and oyster banks. Interpreted as bay sediments with fore-shore bars and burrowing shore-face beds
Thickness: About 315 m. Age: Biarritzian to Lower Bartonian

E_3

CONGLOMERATS DE BELLMUNT: Conglomerats i gresos rogencs amb passades de margues biotorbades. Interpretats com a paleocanals d'una sèrie continental de tipus flúvio-torrencial
Potència: Superior als 100 m (500 m al Nord de la falla).
Edat: Biarritzià - Priabonià inferior

BELLMUNT CONGLOMERATES: Red conglomerates and sandstones with vari-coloured bioturbed mudstones. Interpreted as a continental formation with fluviatile and torrential paleochannels
Thickness amount more than 100 m (500 m on the North of the Vallfogona fault-line). Age: Biarritzian to Lower Priabonian.

E_4

GRESOS DE BARCONS: Gresos calcaris i gresos margosos rics en feldspats, amb acumulacions de nummúlits i d'alveolines. Interpretats com a dipòsits de la part frontal d'un delta, amb certes influències mareals
Potència ~ 300 m. Edat: Biarritzià

BARCONS SANDSTONES: Nummulite and alveoline packstones embedded in quartz-feldspat-rich calcareous sandstones and muddy sandstones. Interpreted as delta-front sediments with certain tidal influences
Thickness about 300 m. Age: Biarritzian

Al Nord de la falla de Vallfogona

On the North of the Vallfogona fault

E_5

«FLYSCH» DE VALLFOGONA: Alternança rítmica de margues ocres amb nivells de gresos calcaris grisencs. Interpretat com a dipòsits costaners que passen cap a ponent a fàcies turbidítiques de poca profunditat, amb paleocorrents provinents de llevant
Potència: Indeterminable. Edat: Lutecià superior a Biarritzià inferior

VALLFOGONA FLYSCH: Rythmic alternance of ochre marl with grey coloured calcareous sandstone beds. Interpreted as coastal sediments, laterally transitional on the W to few deep turbidite facies, with paleocurrents from the E
Thickness: Indeterminable. Age: From Upper Lutetian to Basal Biarritzian

E_6

GUIXOS DE VALLFOGONA: Nivell discontinu on alternen làmines de guix amb argiles roges o grises, les quals poden esdevenir localment carbonats. Interpretats com a dipòsits hipersalins en llacunes d'àrees mareals
Potència: Inferior a 70 m. Edat: Lutecià inferior - mitjà

VALLFOGONA GYPSUMS: Discontinous formation where gypsum and anhidrite laminae altern with grey or red clays, locally carbonated. Interpreted as hypersalted depositions in lagoons on the tidal flat
Thickness less than 70 m. Age: Lower-Middle Lutetian

E_7

GRESOS DE CUBET: Gresos de gra fi, en capes de gruixària variable que alternen amb margues, augmentant la proporció de gresos cap al sostre. Interpretats com a dipòsits de la part frontal d'un delta, amb clares influencies mareals
Potència màxima: 100 m. Edat: Lutecià inferior - Biarritzià

CUBET SANDSTONES: Fine-medium sandstones in variable thick beds alterned with marl, thickening and coarsening upward. Interpreted as delta-front sediments showing tidal influences
Maximum thickness is about 100 m. Age: Lower Lutetian - Biarritzian

ROQUES EFUSIVES - FORMACIONS VOLCÀNIQUES QUATERNÀRIES

EFFUSIVE ROCKS - QUATERNARY VOLCANIC FORMATIONS

Laves

Lavae

β

Laves basàltiques alcalines

Alkalins-basaltic lava

β_v

Laves basàltiques amb mesàstasi vidrosa

Basaltic lava with vitreous mesastasy

β_l

Laves basanítiques amb leucita intersticial.

Basanite lava with interstitial leucite

Tephra

Tephra

τ

Bretxes piroclàstiques

Pyroclastic breccia

τ_β

Toves basàltiques

Tephra flow

Piroclasts bàsics

Basic tuff

Acumulacions de piroclasts heteromètrics

Heterometric pyroclastic deposits

ϱ

Mantells piroclàstics (lapilli-gredes) superiors a 1 m

Pyroclastic fields (lapilli) more than 1 m thick

λ

Enclavaments de roques granudes bàsiques o ultrabàsiques: Peridotites, amfibolites i piroxenolites

Basic or ultra-basic subvolcanic grained rocks. Peridotits, amphibolits and piroxenolits

SEDIMENTS QUATERNARIS

QUATERNARY SEDIMENTS

Al·luvials: Graves i sorres recents

Alluvial: Recent pebbles and sands

Q_a

Al·luvials: Graves, sorres, llims i argiles

Alluvial: Pebbles, sands, silts and clays

Q_l

Lacustres: Llims biotorbats grisos, fangs i llots torbosos

Lake deposits: Grey colour bioturbed silts, turfy muds and mires.

Q_t

Flúvio-torrencials i lacustres: Còdols, sorres, llims i llims argilosos rogencs amb nivells d'argiles gris-blavoses. Recobriment parcial de roques efusives

Torrential-Fluviatile & Lake deposits: Pebbles, coarse sands, and red coloured silts, mud and clays with grey-blue colour embedded clay beds. Effusive rocks partial covering

Q_c

Col·luvials: Còdols heterolítics o blocs angulosos, amb matriu llimosa o argilosa

Colluvial: Hetherolithic pebbles or angular blocs in silt or clay matrix

Col·luvials: Formacions discontínues, de vegades amb piroclasts interstratificats

Colluvial: Discontinous formations, sometimes with interstratified pyroclasts

Geomorfologia:

FORMES VOLCÀNIQUES
VOLCANIC LANDFORMS

Con estrombolià, sense cràter
Strombolian cone, without crater

Con esbocat
Breached cone

Llavi de cràter circular, de ferradura
Rim of circular crater, of horseshoe-shaped crater

Cràter incert
Uncertain rim of crater

Dic basàltic ran de cràter
Basaltic dike near crater

Colada viscosa, superfície molt rugosa / amb modificacions antropogèniques
Viscous flow, very rugous surface/with anthropogenic modifications

Colada viscosa, superfície escoriàcia
Viscous flow, scoriaceous surface

Colada fluida, superfície llisa
Fluid flow, plain surface

Intumescències tumulàries
Tumulus

Ressalt abrupte (superior a 10 m)
Major slope (more than 10 m in height)

Ressalt pronunciat (superior a 4 m)
Middle slope (more than 4 m in height)

Ressalt suau (inferior a 4 m)
Minor slope (less than 4 m in height)

Crestes de flux
Flux ridges

Direcció d'esguimbament
Flow direction

FORMES FLUVIALS
FLUVIAL LANDSFORMS

Cinglera amb columnates prismàtiques (superior a 30 m)
River-cliff showing lava colonnade (more than 30 m in height)

Cinglera amb columnates prismàtiques (superior a 15 m)
River-cliff showing lava colonnade (more than 15 m in height)

Cinglera amb columnates prismàtiques (inferior a 15 m)
River-cliff showing lava colonnade (less than 15 m in height)

Vora de terrassa fluvial o con de dejecció
Edges and slopes of river terraces and talus cones

Vora de terrassa fluvial o con de dejecció, degradada
Edges and slopes of river terraces and talus cones, badly preserved

Incisió torrencial en V (superior a 15 m)
V-shaped torrential ravines (more than 15 m in height)

Valleta en V (inferior a 15 m)
Small V-shaped valley (less than 15 m in height)

Valleta de fons pla
Small valley with flat bottom

FORMES DENUDATIVES
DENUDATIONAL LANDFORMS

Escarpament de línia de falla, erosionat
Eroded slope of obsequent fault-line scarp

Altres cingles estructurals (inferiors a 25 m)
Other structural scarps (less than 25 m in height)

Petita incisió i esllavissament actual
Fresh erosion rills and landslip

Llengua de solifluxió recent
Recent solifluction tongues

Con de dejecció
Talus cones

Contactes litològics: Visibles
Probables
Incerts

Lithological boundary: Certain
Probable
Uncertain

Contacte litològic mecànic
Lithological mechanic boundary

Cabussament: direcció i graus
Dip and strike

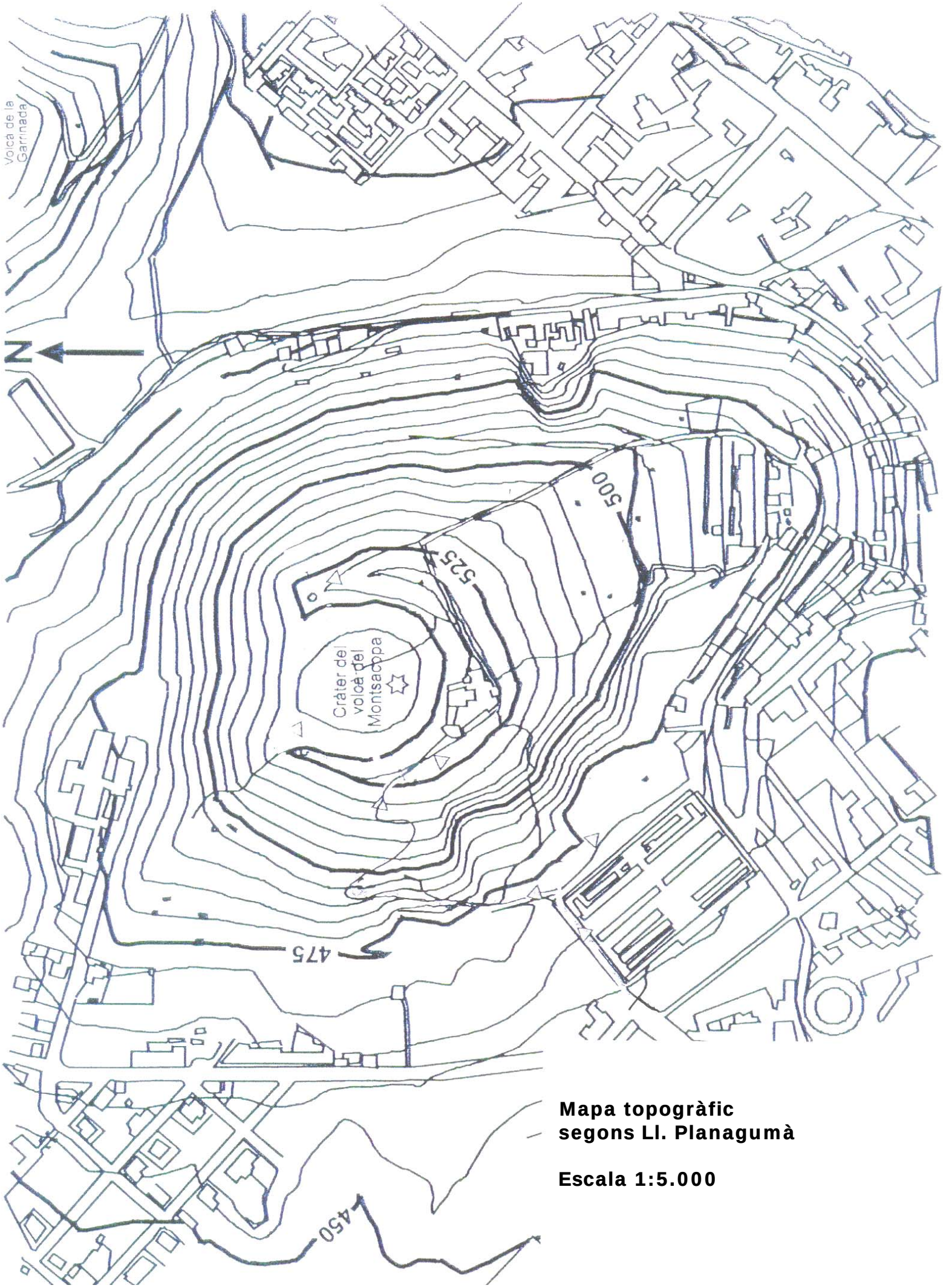
Pedrera o gredera activa / abandonada
Active / Inactive quarry

Curs hídric permanent o estacional
Permanent or seasonal streams

Cursos anastomòtics
Braided streams

Font o deu permanent
Permanent spring

Pèrdua per infiltració
Infiltration in covering layers

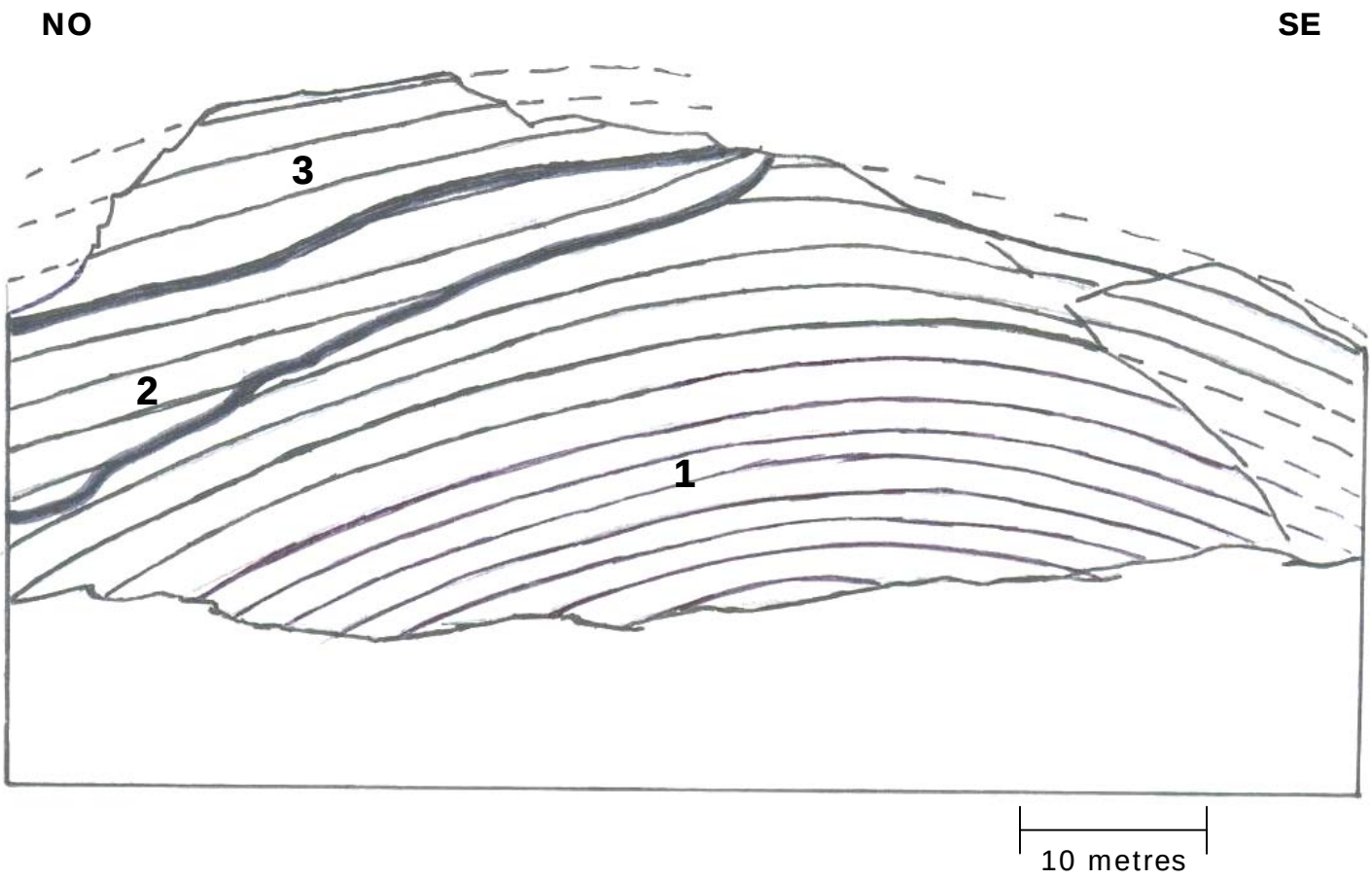


Mapa topogràfic segons Ll. Planagumà

Escala 1:5.000

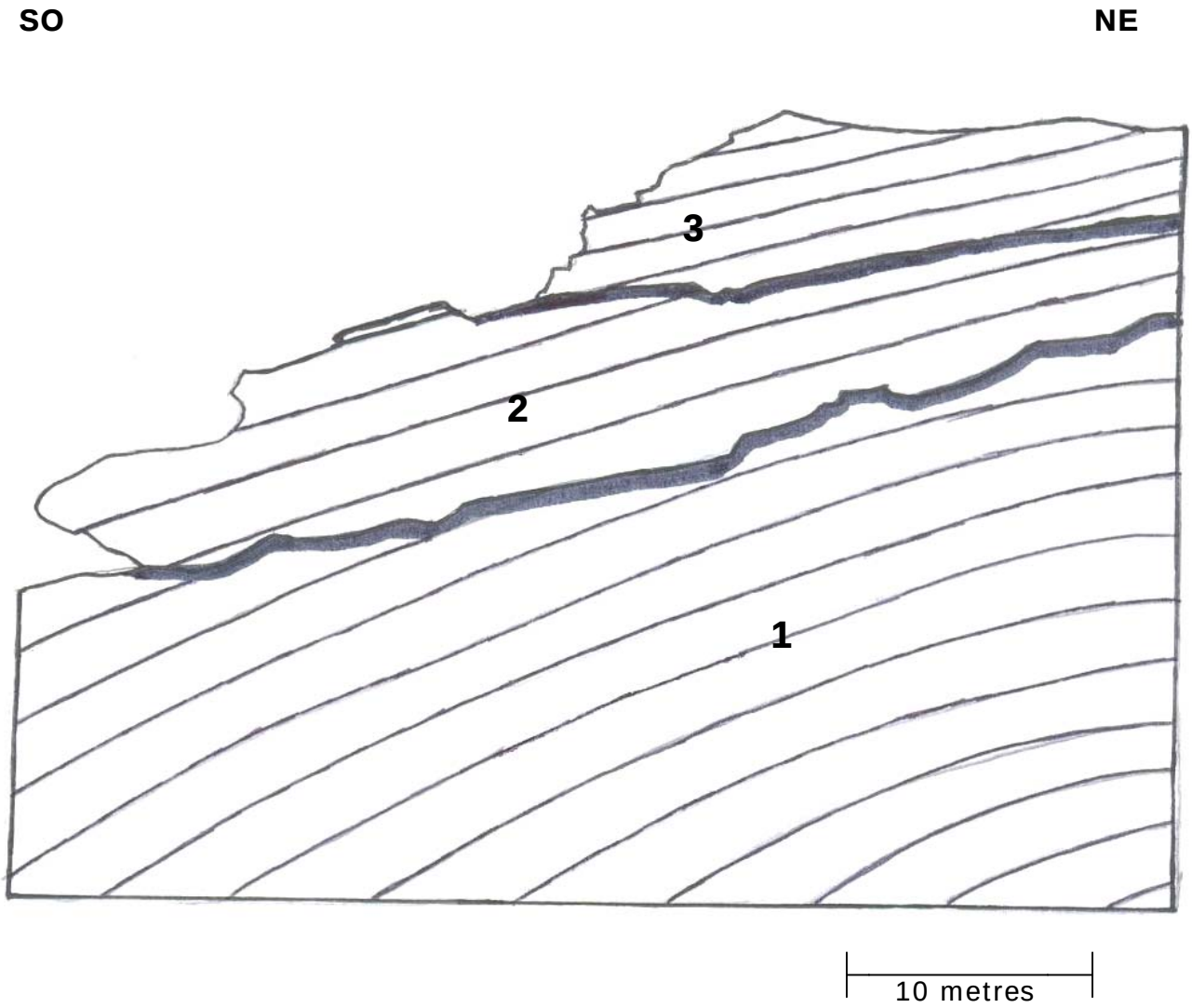
TALLS GEOLÒGICS

Tall geològic de l'afloramment sud-oest:



1. Dipòsit de caiguda piroclàstica que forma gran part del con
2. Dipòsit de flux piroclàstic que produeix una gran erosió en el dipòsit 1
3. Dipòsit de flux piroclàstic molt erosionat

Tall geològic de l'aflorament sud-oest en la part esquerra, on es mostren amb claredat els tres dipòsits :



1. Dipòsit de caiguda piroclàstica
2. Dipòsit de flux piroclàstic que produeix una gran erosió en el dipòsit 1
3. Dipòsit de flux piroclàstic molt erosionat

DESCRIPCIONS DELS DIPÒSITS DE L'AFLORAMENT SUD-OEST

Introducció:

Per conèixer el vulcanisme d'una zona, hem d'estudiar els productes dipositats per les erupcions passades, d'aquesta manera podrem comprendre el comportament dels volcans i fer prediccions sobre possibles erupcions.

L'aflorament sud-oest del volcà Montsacopa en el qual es basa gran part del meu treball, és un tall en la vessant sud-oest del volcà (darrera el cementiri d'Olot), producte de les extraccions de greda que ja es practicaven en el segle XVI. El material volcànic extret es va utilitzar bàsicament per a la construcció.
Les dimensions del tall són molt grans i és per aquest motiu que es pot estudiar amb bastant precisió la distribució de nivells que formen aquest esmentat volcà. Cal destacar la presència d'una sèrie de capes només localitzades en una part d'aquesta basant del volcà, que indiquen pel tipus de dipòsit, que es podria deure a un flux piroclàstic.
Aquest aflorament és el que dona més informació sobre el volcà Montsacopa.

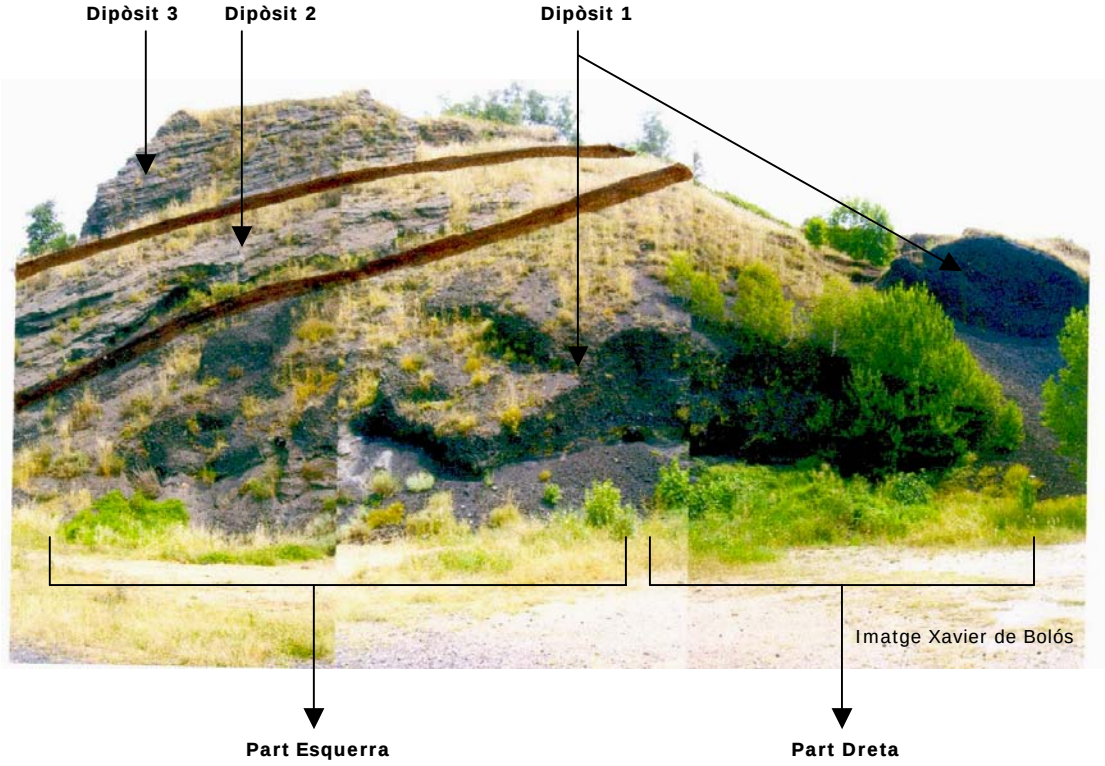
Descripcions bàsiques de l'aflorament sud-oest:

A l'aflorament Sud-oest del Montsacopa, es poden diferenciar clarament dues zones: la zona de la part esquerra i la zona de la part dreta.

En la part esquerra, es descriuen tres grans capes o dipòsits amb diferencies de: color, granulomètriques, de compactació, d'erosió, etc...

I en la part dreta, s'observa una sola capa o dipòsit de gran tamany, la qual concorda amb el dipòsit inferior de la part esquerra.

Aquestes dos dipòsits que concorden, corresponen als dipòsit de piroclasts més antics del volcà.
En aquesta imatge es pot observar l'aflorament sud-oest del Montsacopa.
Els dipòsits 2 i 3, són els suposats dipòsits del **flux piroclàstic**.



Descripció dipòsit 1:

El dipòsit 1 pertany a la capa inferior del volcà Montsacopa.
Aquest dipòsit és la capa més antiga que es pot observar, ja que en la part esquerra de l'aflorament, sobre el mateix dipòsit 1, i trobem dues capes més que es poden considerar fruit d'una emissió posterior.

Part del dipòsit 1. Foto Xavier de Bolós

El dipòsit o capa 1, té una altura considerable, mesura en el punt més baix 5,80 metres i en el punt més alt del mateix aflorament pot arribar a medi 10 metres. És a dir, l'altura del dipòsit 1 en aquest aflorament, és variable.

Aquest dipòsit en el seu punt més baix no ha petit l'efecte erosiu, però a mesura que augmenta l'alçada en relació a la base del con, si que es pot observar l'erosió. Observant únicament la part esquerra d'aquest aflorament, es pot comprovar com la capa 2 es posa per damunt del dipòsit 1, tot erosionant gran part d'aquesta capa 1. Cal esmentar que aquest fenomen erosiu per part del dipòsit 2 amb el dipòsit 1, no succeeix en la part dreta del mateix aflorament ja que els dipòsits 2 i 3 no es localitzen en cap altre aflorament del volcà Montsacopa.

SUPERPOSICIÓ D'UNA CAPA SENSE PROVOCAR EROSIÓ

SUPERPOSICIÓ D'UNA CAPA PROVOCANT EROSIÓ

El dipòsit 1 està format per un conjunt de pulsos, o nivells.

Aquest dipòsit presenta estratificació, tot i que cada nivell té diferencies granulomètriques. És a dir, el tamany del gra varia en cada pulsació de manera alternada sense granuloclassificació.

A partir de les granulometries que vaig realitzar en el dipòsit 1, Majoritàriament s'observen lapil·lis, tot i que també podem trobar cendres. Aquest lapil·li, es caracteritza per ser material balístic de caiguda, i és el component majoritari de gran part del con d'escòries del volcà Montsacopa.

El lapil·li del volcà Montsacopa és d'origen basàltic, ja que s'ha demostrat que el magma original era màfic.
Els lapil·lis es consideren de tamany notable amb mides de gra compresos entre 1 centímetre i 7 centímetres. És important esmentar que aquests lapil·lis són de color negre, fet que indica que en la seva composició química conté Òxid de ferro (III).

El lapil·li presenta magnetisme, això indica que aquests materials no van superar el punt de Courier. El punt de Courier, és el punt de temperatura el qual una roca volcànica deixa de ser magnètica, aquesta temperatura està entre els 560º C i els 580º C.

En aquest dipòsit, s'observen clastes de basalt de tamany variat sense accessoris, dipositats entre les diferents pulsacions.

Clastes de basalt entre les pulsacions. Foto Xavier de Bolós

Descripció dipòsit 2:

El dipòsit 2 pertany a la capa situada el damunt del dipòsit 1, i per sota del dipòsit 3.
Aquest dipòsit és juntament amb el dipòsit 3 fruit del possible fenomen volcànic de gran intensitat, anomenat fluxa piroclàstic.

Dipòsit 2. Foto Xavier de Bolós

El dipòsit o capa 2, no destaca per un gran tamany, si no per la gran erosió exercida contra la capa 1.
El dipòsit 2 mesura 4,20 metres d'altura, en la major part de la seva extensió.

Aquest dipòsit no ha petit un efecte erosiu per part de la seva capa superior (Tal i com va passar en el dipòsit 1). Tot i que si que ha estat erosionat per altres factors, entre ells el vent, el qual ha modelat gran part d'aquesta zona.

Efecte de l'erosió del vent en el dipòsit 2.
Foto Xavier de Bolós

Aquest dipòsit està format per un conjunt de nivells bastant homogenis.
Presenta estratificació tot i que entre els pulsos no hi ha canvis dràstics. El tamany del gra varia poc entre els diferents nivells, i en la zona superior s'observa una certa granuloclassificació de major a menor (ordre granulomètric).

Granuloclassificació.
Foto Xavier de Bolós

El dipòsit 2, està format en gran part per cendres, tot i que també si poden descriure lapil·lis. Les cendres d'aquest dipòsit, són materials fragmentaris, que estan compactes formant roques de cendres conglomerades.

Les cendres i el lapil·li d'aquesta capa també són d'origen basàltic, amb colors grisos.
El lapil·li en aquest dipòsit es considera de tamany petit, ja que el seu tamany no supera els 0,5 centímetres aproximadament. Pel que fa a les cendres, tenen mides compreses entre 1 mil·límetre i 2 mil·límetres.

Les cendres i el lapil·li presenten magnetisme, fet que indica que aquests materials no van superar el punt de Courier.

Aquest dipòsit té accessoris de tamany variat, que arriben a medi els 10 centímetres, incrustats entre els pulsos o nivells de la seqüència eruptiva.

Descripció dipòsit 3:

El dipòsit 3 tot i tenir alguna diferencia morfològica amb el dipòsit 2, no és tanta com la diferencia que existeix entre el dipòsit 1 i 2.

D'aquesta manera m'agradaria deixar clar que on realment existeix una discordança clara és entre el dipòsit 1 i el 2.

El dipòsit o capa 3, té una altura bastant gran, mesura 9,10 metres aproximadament, però degut a l'erosió inicialment aquesta capa podria ser més gran.

L'altitud d'aquest dipòsit ha provocat que hi incidís amb més intensitat el vent, de manera que l'erosió provocada per aquesta constància del vent, més el altres factors erosius com la gelifracció, la pluja, etc... ha degradat molt més aquesta capa.

Dipòsit 3. Foto Xavier de Bolós

El dipòsit 3 està constituït per un conjunt de pulsos, amb una estratificació poc marcada.
Cada nivell té algunes diferencies granulomètriques, tot i que no presenta en cap nivell, granuloclassificació.

En aquest dipòsit s'observen cendres i lapil·lis amb bastant quantitat, i repartits de manera homogènia en tot el dipòsit.
Les cendres d'aquest dipòsit, a l'igual que en el dipòsit 2 són materials fragmentaris, que estan compactes formant conglomerats de cendra.

Tant els lapil·lis com les cendres provenen de magmes màfics, i en aquest dipòsit agafen colors grisos i negres.
Les cendres, tenen mides compreses entre 1 mil·límetre i 4 mil·límetres igual. Però els lapil·lis tenen mides molt variades, en gran part superen els 5 centímetres de diàmetre.

Les cendres i el lapil·li presenten magnetisme, a l'igual que els dipòsits 1 i 2 fet que indica que cap dels materials piroclàstics del volcà Montsacopa, no va supera el punt de Courier.

En aquesta capa s'observen clastes de basalt de grans dimensions incrustats entre les diferents pulsacions.
Les cendres formen roques amb un conglomerat de cendres, encara que no presenten matriu.

DESCRIPCIÓ DEL DIPÒSIT DE L'AFLORAMENT EST

Introducció:

Els edificis volcànics, com ara el del volcà Montsacopa, estan formats per l'acumulació dels piroclasts emesos pel propi volcà.

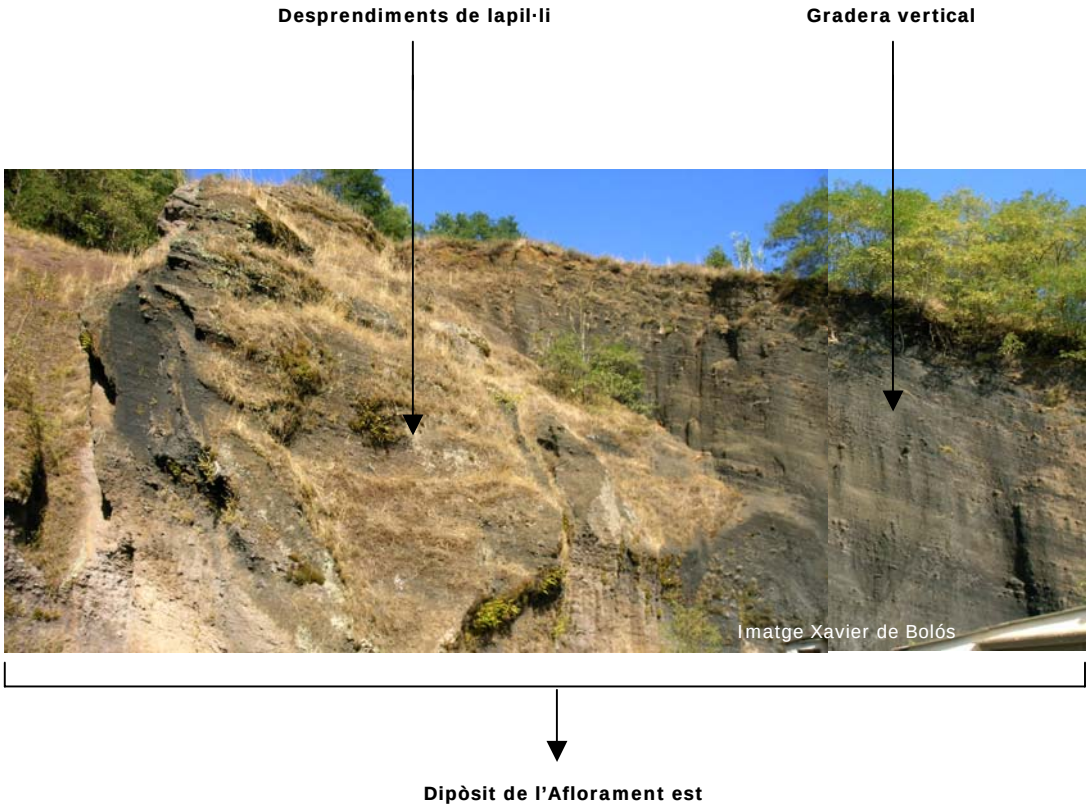
L'aflorament oest del volcà Montsacopa, és un tall en la basant est del volcà, fruït de les extraccions de greda.
Aquest aflorament no es pot estudiar amb la mateixa facilitat que l'aflorament sud-oest, ja que en aquest cas no es pot accedir en gran part de la seva extensió a causa de la forta pendent que en molts casos arriba a ser vertical. El seu estudi és perillós per l'elevat risc d'esllavissades de les parets de l'aflorament.

Tot i així en aquest aflorament només s'hi pot observar un sol dipòsit.
L'observació fa pensar que aquest dipòsit podria ser la mateixa capa que el dipòsit 1 de l'aflorament sud-oest. Els meus treballs intentaran demostrar aquest fet entre d'altres.

Descripció del dipòsit:

És molt important esmentar que aquest dipòsit forma l'aflorament oest. Observem doncs, que l'esmentat dipòsit forma gran part del con volcànic del Montsacopa.

En aquesta imatge es pot observar el dipòsit de l'aflorament est del volcà Montsacopa.



El dipòsit de L'aflorament est s'hi observa un despreniment d'una gran massa de lapil·li que forma un bloc de 5 x 8 x 4 metres, com també una gradera vertical d'uns 15 metres d'altura aproximadament.
Aquests fenòmens perjudiquen la recerca d'informació. Ja que es fa complicada la recollida de mostres objectiva i proporcional amb la realitat, com també l'estudi de les diferents pulsacions i el seu respectiu ordre en el dipòsit.

El dipòsit està format per un conjunt de moltes pulsacions, i igual que el dipòsit 1 de l'aflorament sud-oest, aquest no presenta granuloclassificació però si una clara i diferenciada estratificació.

Majoritàriament s'observen lapil·lis, tot i que també trobem material fragmentari i fi en forma de cendres, tal i com es pot veure en el meu estudi granulomètric.
Aquests lapil·lis formen l'anomenat con d'escòries.

Tant els lapil·lis com les cendres, igual que tot el material expulsat pel volcà Montsacopa, és d'origen basàltic.
Aquestes escòries, són materials balístics de caiguda, amb colors rojos, fet que indica que gran part de la seva composició química és Òxid de Ferro II.
Les coloracions rogenques poden indicar proximitat del centre emissor, o bé poden indicar que aquests materials han estat amb contacte amb una gran quantitat de gasos.

Coloracions rogenques en el dipòsit de l'aflorament est. Foto Xavier de Bolós

El material d'aquest dipòsit presenta magnetisme de la mateixa manera que la resta de materials del con d'escòries del Montsacopa.
Aquest fet indica que el material d'aquest dipòsit no va superar el punt de Courier.

En aquest dipòsit tot i que no presenta matriu, s'observen clastes de tamany variat amb algunes bombes de mides grans, incrustades entre les diferent pulsacions.

Clasta entre un conjunt de pulsacions.
Foto Xavier de Bolós

CABUSSAMENT DELS DIPÒSITS

Introducció:

S'anomena cabussament a l'inclinació dels estrats.

Tots els dipòsits dels cons volcànics presenten més o menys cabussament. Ja que l'expulsió de material volcànic desde un centre emissor, dona lloc a una forma cònica. Depenen de la intensitat, del tipus de magma etc... pot donar més inclinació en el seu edifici volcànic o menys.

El cabussament també ens dona informació d'allà on pot ser el focus emissor del material mesurat.
En aquest cas la tècnica de mesurar l'inclinació dels estrats s'utilitza per conèixer on podria ser el focus emissor d'un volcà el qual per algun motiu aliè s'hauria erosionat.

Concretament les capes de piroclasts del volcà Montsacopa a causa de no tenir el cabussament radial en tot el con, tal i com seria d'esperar. Observem que en l'aflorament est la inclinació dels estrats no coincideix amb la situació del focus emissor visible en l'actualitat. Per aquest motiu es pot fer la hipòtesis que la inclinació dels estrats en l'aflorament est no coincideix, perquè hi ha un altre focus emissor en el mateix edifici volcànic que ha fet variar aquest cabussament radial.

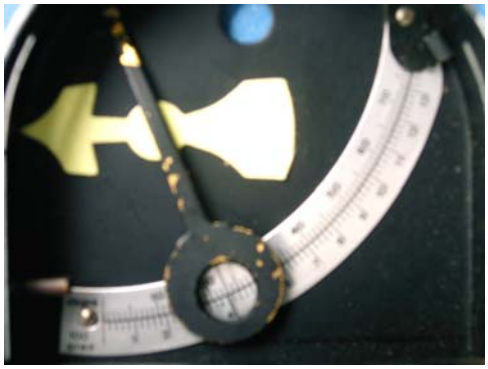
El cabussament és una dada important en un treball de camp, ja que et permet observar de manera precisa quin tipus d'edifici volcànic estàs observant.

El volcà Montsacopa, és un volcà de tamany petit que no té una gran inclinació en la seva basant, ja que es tracta d'un estratovolcà format per materials volcànics que s'acumulen formant un edifici integrat formant pulsos alternats amb diferents productes volcànics.

Procediments per mesurar el cabussament:

Per mesurar la inclinació d'una capa, és a dir el cabussament, s'utilitza un aparell anomenat **clinòmetre**.

Un clinòmetre convencional és un aparell senzill que normalment sol està muntat sobre una brúixola. Aquest consta d'un pèndol situat verticalment en el pla, i formant una perpendicular amb l'horitzontal. De manera que si s'afegeix pendent aquest pèndol es desplaça marcant la inclinació.

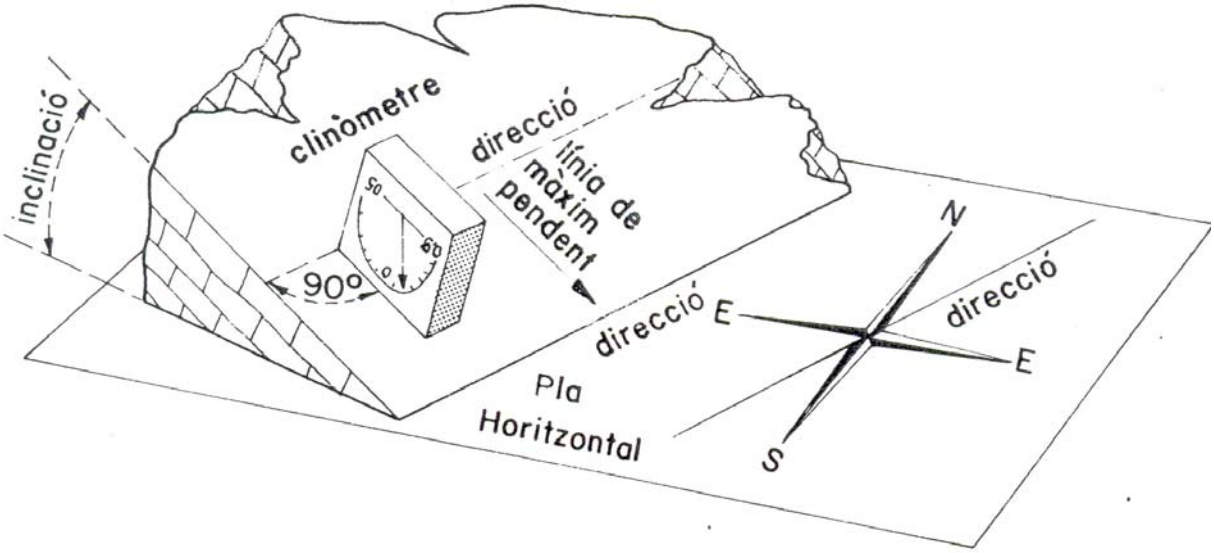


Clinòmetre convencional amb brúixola. Foto Xavier de Bolós

Per mesurar el cabussament en una capa: col·locarem el clinòmetre en la línia de màxima pendent que vulguem mesurar, de manera que la direcció de la capa que estem mesurant i el clinòmetre formin un angle de 90º.

Amb aquest procediment aconseguirem que el pèndol ens mostri els graus d'inclinació de la capa respecta el pla horitzontal.

La imatge següent és un esquema il·lustratiu de les característiques geomètriques d'una capa i la manera de mesurar-les.



Cabussaments de l'aflorament sud-oest:

L'aflorament sud-oest del Montsacopa està format per tres dipòsits, el cabussament dels quals varia poc.

Cabussament dipòsit 1:

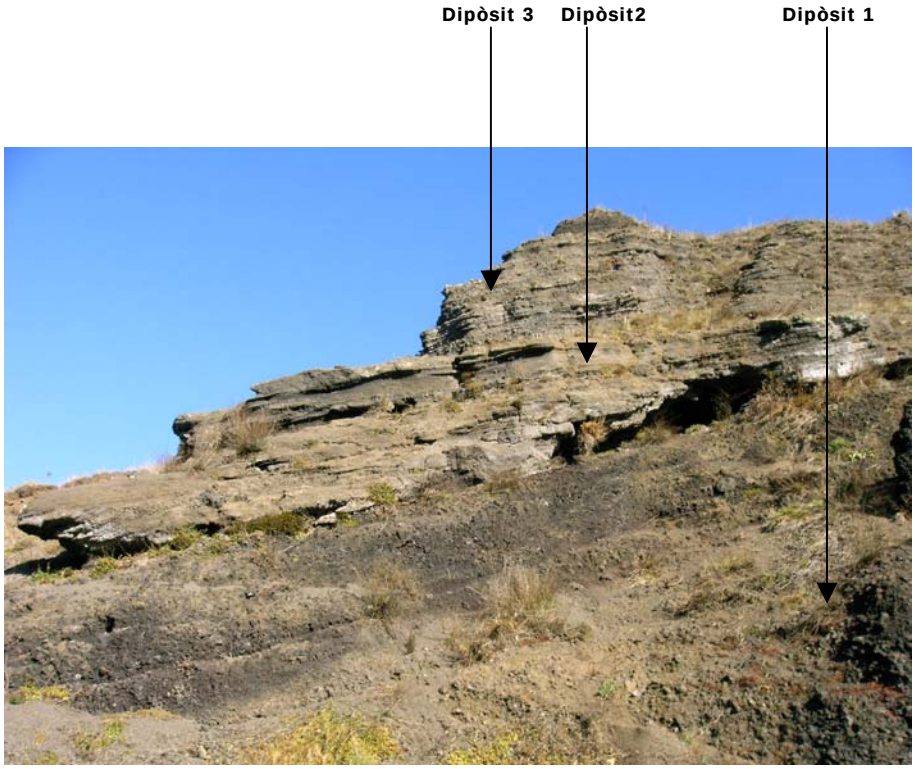
- **31º d'inclinació 45º sud-oest**

Cabussament dipòsit 2:

- **29º d'inclinació 45º sud-oest**

Cabussament dipòsit 3:

- **29º d'inclinació 45º sud-oest**



Part esquerra de l'aflorament sud-oest. Foto Xavier de Bolós

S'observa que hi ha molt poca diferència entre els cabussaments.

Cabussament de l'aflorament est:

L'aflorament est del qual només es localitza un dipòsit piroclàstic, té una seria de punts que es fa difícil mesurar-ne el cabussament.

Tot i les dificultats per mesurar el cabussament en punts concrets de l'aflorament est, la major part dels nivells del dipòsit, mostren una inclinació radial i ordenada.

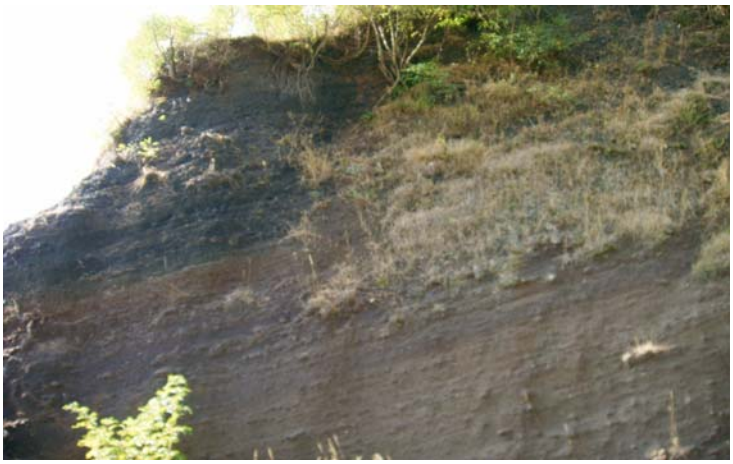
Tal i com indiquen les dades: en la base de la dreta d'aquest aflorament el cabussament és lleugerament menor, que en la base de la part esquerra del mateix.

Cabussament de la part esquerra:

- **30º d'inclinació 43º est**

Cabussament de la part esquerra:

- **29º d'inclinació 43º est**



Part esquerra aflorament est. Foto Xavier de Bolós

PRESA
DE MOSTRES

Introducció:

Les mostres d'escòria volcànica són un material imprescindible per poder coneixer els volcans, ja que en alguns casos, aquestes escòries resulten ser la única font d'informació sobre l'activitat del volcà.

En aquest treball la presa de mostres és el més essencial per poder fer un estudi granulomètric.

Les mostres, és important que siguin arrencades en la mateixa paret que forma la vessant del con, ja que d'aquesta manera s'evita que les mostres no provinguin, transportades per la gravetat, o qualsevol altre factor, d'un altre punt del volcà.

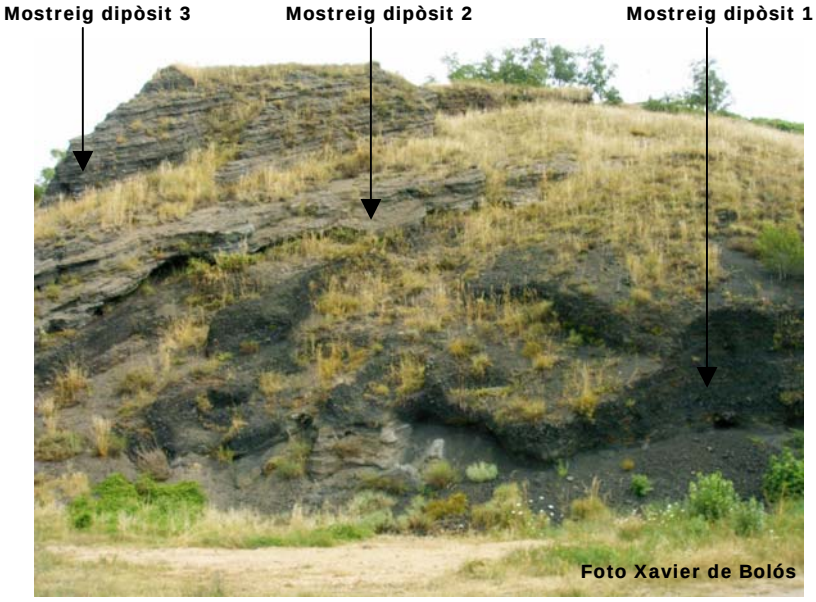
També és important esmentar que **les mostres han de ser objectives i proporcionals amb la realitat**, ja que la granulometria et dona una idea clara dels diàmetres dels grans, per poder observar quina quantitat de lapil·lis o cendres abundant més en el dipòsit estudiat del volcà.

Procediments per a la presa de mostres:

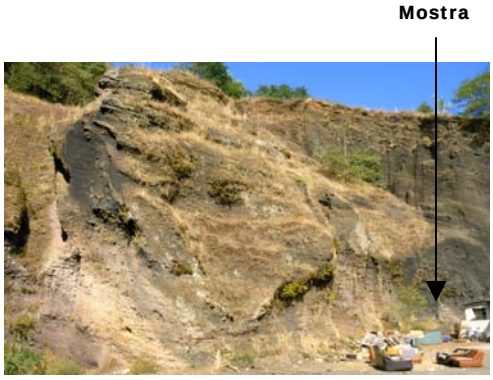
La presa de mostres del Montsacopa, s'ha efectuat recollint material de cada dipòsit per separat, de manera que en l'aflorament sud-oest s'han estudiat tres dipòsits i en l'aflorament est s'ha estudiat un sol dipòsit.

Per poder fer una recollida de mostres proporcional amb la realitat, primerament cal observar i descriure l'aflorament. De manera que un cop clars els diferents dipòsits s'estudien les seves respectives pulsacions.

En aquesta imatge que pertany a l'aflorament sud-oest, s'observen els diferents punts de cada dipòsit, on s'han recollit mostres.



En aquesta altre imatge, que pertany a l'aflorament est, es pot observar els punts del dipòsit on s'ha fet la recollida.



Seguidament, un cop estudiades les diferents pulsacions de cada dipòsit i observant els seus respectius tamanys, es procedeix a la recollida. Tinguen en compte tots els paràmetres ja esmentats.

Un cop efectuada la recollida, s'ha etiquetat cada una de les mostres per tal de tenir-ho classificat per la granulometria.

METODOLOGIA DE LA GRANULOMETRIA

Què és la Granulometria?

La granulometria és una tècnica que s'utilitza per estudiar la distribució dels materials mostrats a partir del seu tamany, és a dir fer una granuloclassificació en funció del diàmetre del gra.

Aquests anàlisis que consisteixen en separar els fragments segons la mida, es fan amb un aparell anomenat **torre de granulometries.**
La torre de granulometries és una màquina formada per un conjunt de sedassos amb diferents mides, de manera que quan s'engega el motor la torre vibra i els fragments es tamisen.

En concret, en l'estudi d'aquest treball s'ha utilitzat una torre de granulometries FILTRA 22-63 de 250V i 50Hz, amb deu sedassos.
Aquest estudi, s'ha pogut realitzar gràcies al Parc de la Zona Volcànica de la Garrotxa, i concretament el laboratori de Can Jordà.

Torre Granulomètrica FILTRA 22-63 de 10 sedassos.
Foto Xavier de Bolós

Sedassos amb diferent diàmetre.

La llum de les malles del sedàs, va del 320 mil·límetres fins els 0,063 mil·límetres, de manera que entre cada sedàs hi ha una diferencia d'una phi (ϕ).

$$\phi = -\log_2 \cdot d \qquad \text{(d = diàmetre)}$$

Mètode d'estudi de la Granulometria:

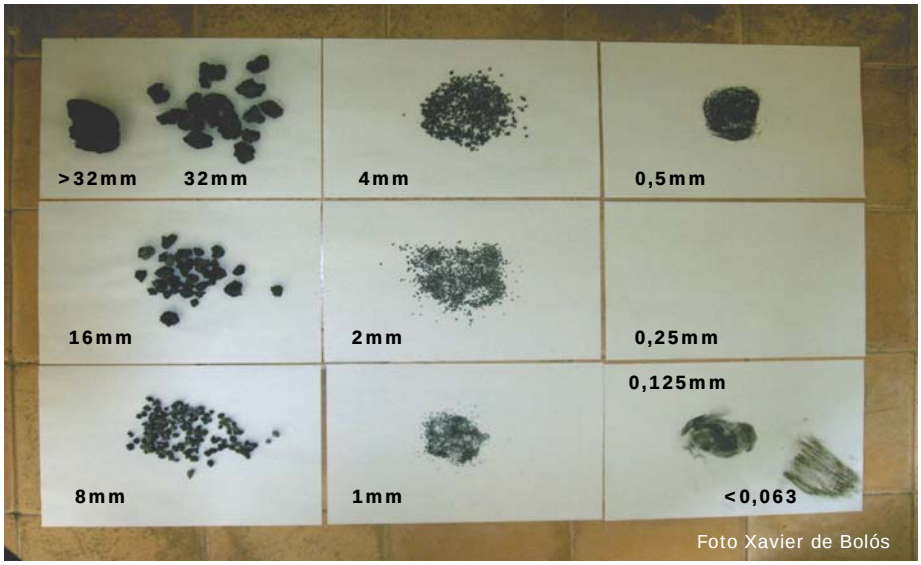
L'estudi granulomètric del Montsacopa, s'ha realitzat estudiant cada dipòsit per separat, de manera que en l'aflorament sud-oest s'han estudiat tres dipòsits i en l'aflorament oest un sol dipòsit.

Per separar per mides els diferents grans, s'han tamisat durant un temps de quinze minuts per a cada mostra (a cada dipòsit). Amb una intensitat de vibració de dotze.

La quantitat de cada mostra que es garbellava, ha depengut de les diferencies de tamany dels grans. Ja que en mostres hi havia piroclasts que superaven els 32 mil·límetres i en d'altres hi havia molta quantitat de cendres.

Un cop abocada la mostra a la torre granulomètrica, es posa el temporitzador i la intensitat ja esmentades.

Una vegada passat pels sedassos es recull el material que ha quedat a cada sedàs, de manera que quedin dividits per tamanys de gra.



Taula de Granuloclassificació. Foto Xavier de Bolós

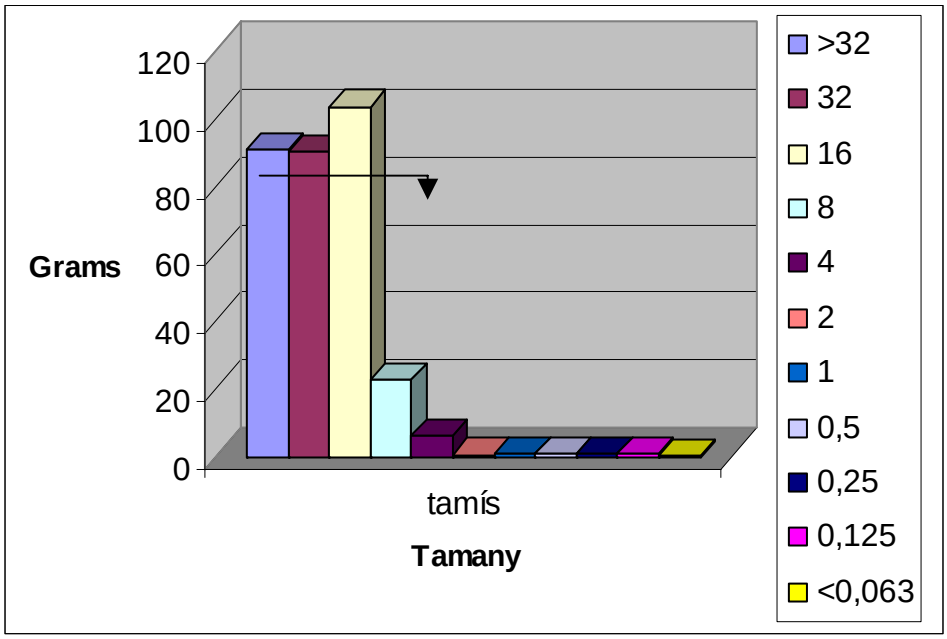
Tot seguit es pesa amb una balança digital de 0,01 grams de precisió.

Mostra pesada en una balança digital. Foto Xavier de Bolós

En la major part de les vegades es queden restes de la mostra en les malles del sedàs, de manera que amb un punxó i un raspall es recullen.

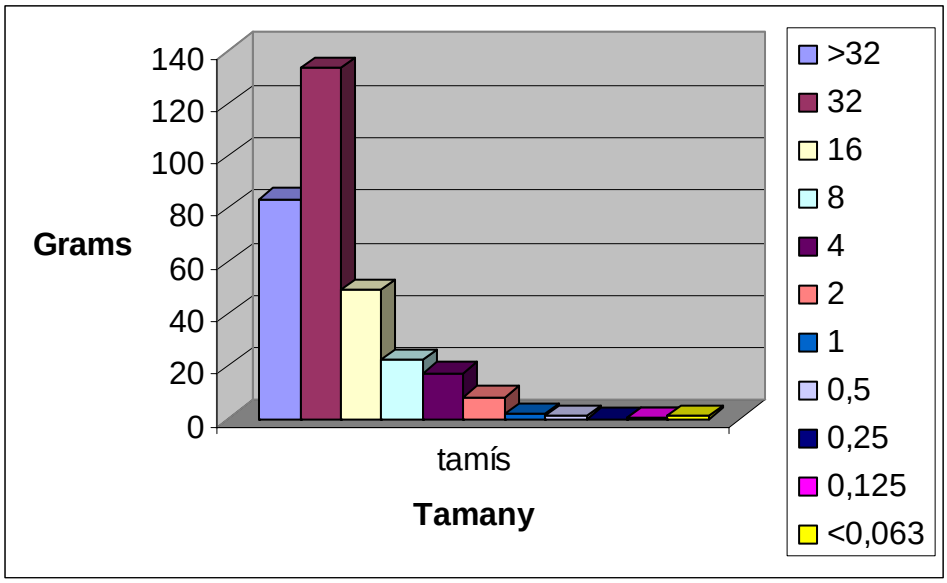
1era GRANULOMETRIA EXPERIMENTAL DIPÒSIT 1

∅ tamís (mm)	grams
>32	90,7
32	90,2
16	103,3
8	22,9
4	6,4
Cendres 2	0,7
1	0,9
0,5	1
0,25	1,2
0,125	0,9
Pols <0,063	0,5



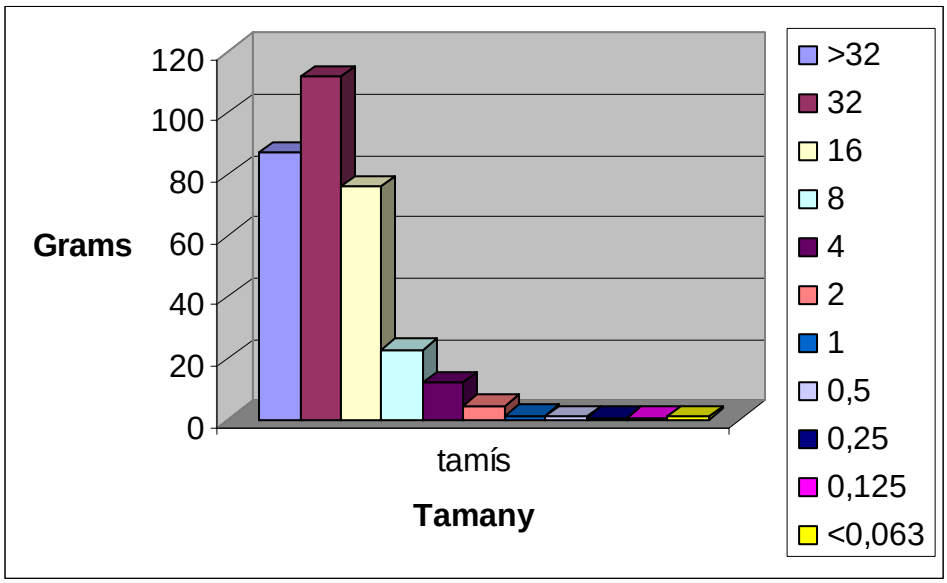
2ona GRANULOMETRIA EXPERIMENTAL DIPÒSIT 1

∅ tamís (mm)	grams
>32	83,7
32	133,6
16	48,9
8	22,6
4	17,5
Cendres 2	8,3
1	1,7
0,5	1,3
0,25	0
0,125	0,5
Pols <0,063	1,2



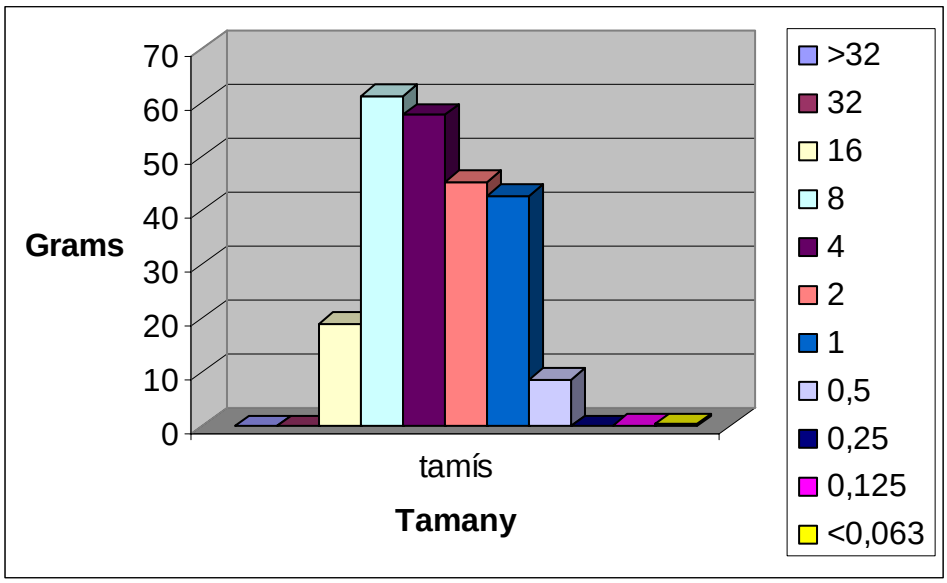
MITJANA DE LA GRANULOMETRIA DEL DIPÒSIT 1

∅ tamís (mm)	grams
>32	87,2
32	111,9
16	76,1
8	22,75
4	11,95
Cendres 2	4,5
1	1,3
0,5	1,15
0,25	0,6
0,125	0,7
Pols <0,063	0,85



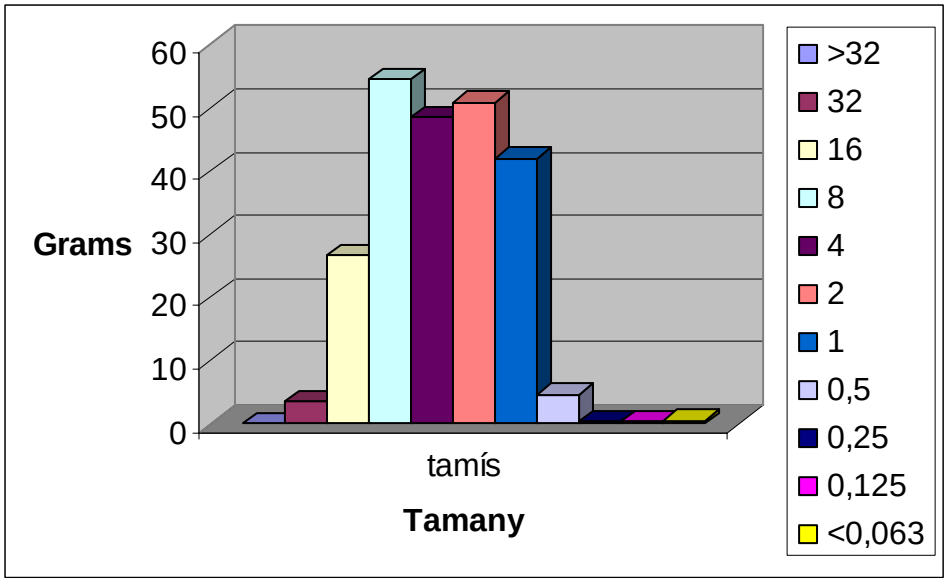
1era GRANULOMETRIA EXPERIMENTAL DIPÒSIT 2

∅ tamís (mm)	grams
>32	0
32	0
16	19,1
8	61,2
4	57,8
Cendres 2	45,3
1	42,8
0,5	8,8
0,25	0
0,125	0,3
Pols <0,063	0,5



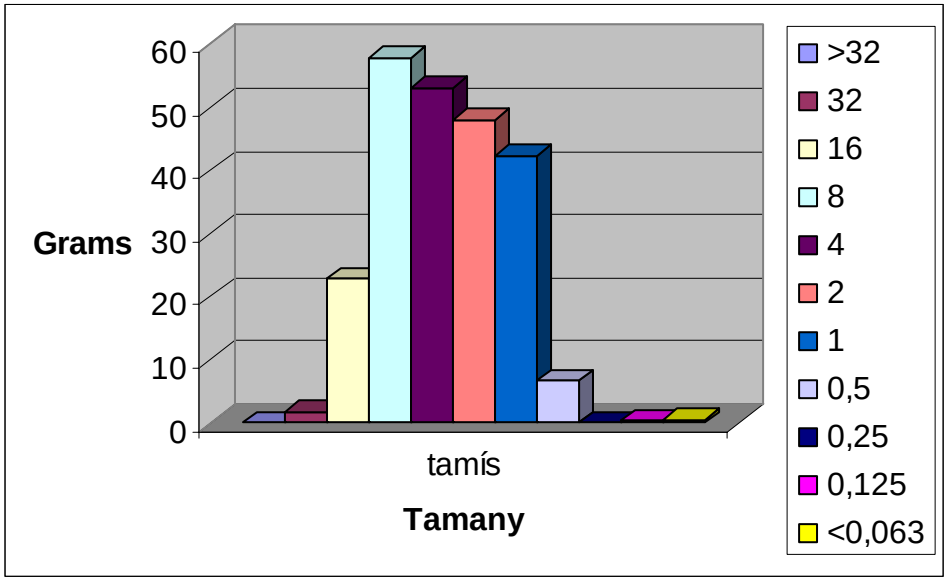
2ona GRANULOMETRIA EXPERIMENTAL DIPÒSIT 2

∅ tamís (mm)	grams
>32	0
32	3,6
16	26,7
8	54,5
4	48,5
Cendres 2	50,9
1	42
0,5	4,6
0,25	0,3
0,125	0,4
Pols <0,063	0,6



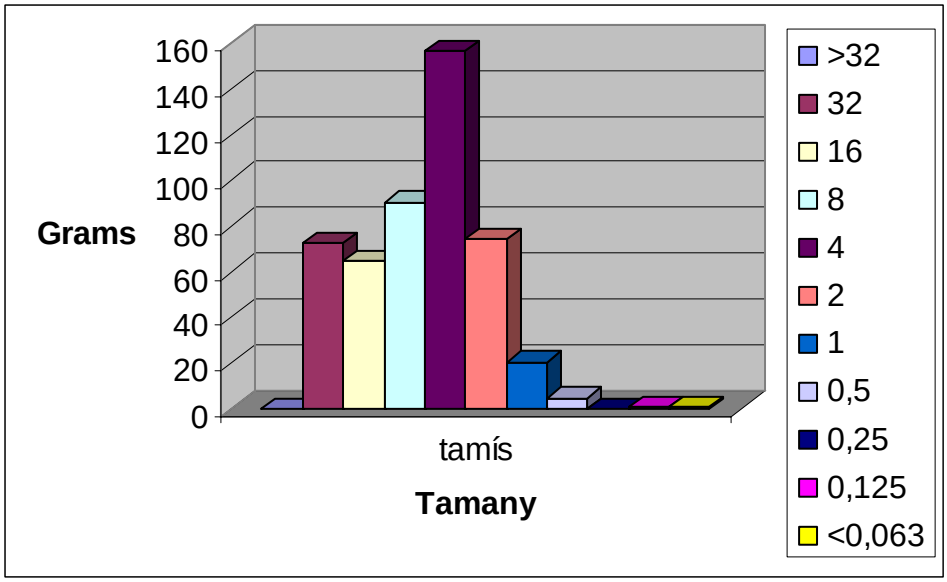
MITJANA DE LA GRANULOMETRIA DEL DIPÒSIT 2

Ø tamís (mm)	grams
>32	0
32	1,8
16	22,9
8	57,85
4	53,15
Cendres 2	48,1
1	42,4
0,5	6,7
0,25	0,15
0,125	0,35
Pols <0,063	0,55



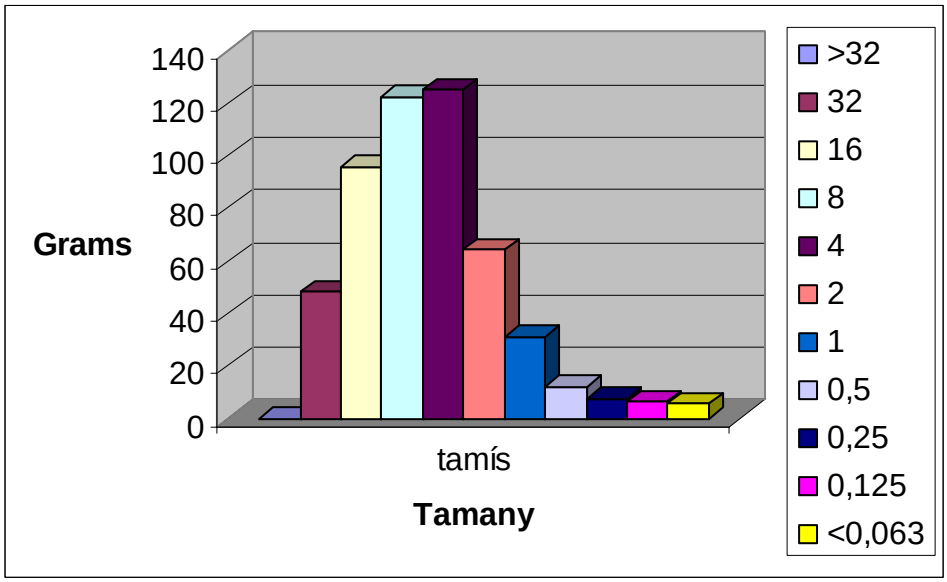
1era GRANULOMETRIA EXPERIMENTAL DIPÒSIT 3

∅ tamís (mm)	grams
>32	0
32	72,7
16	64,8
8	90,4
4	156,3
Cendres 2	74,6
1	20,7
0,5	5
0,25	0
0,125	1,1
Pols <0,063	1



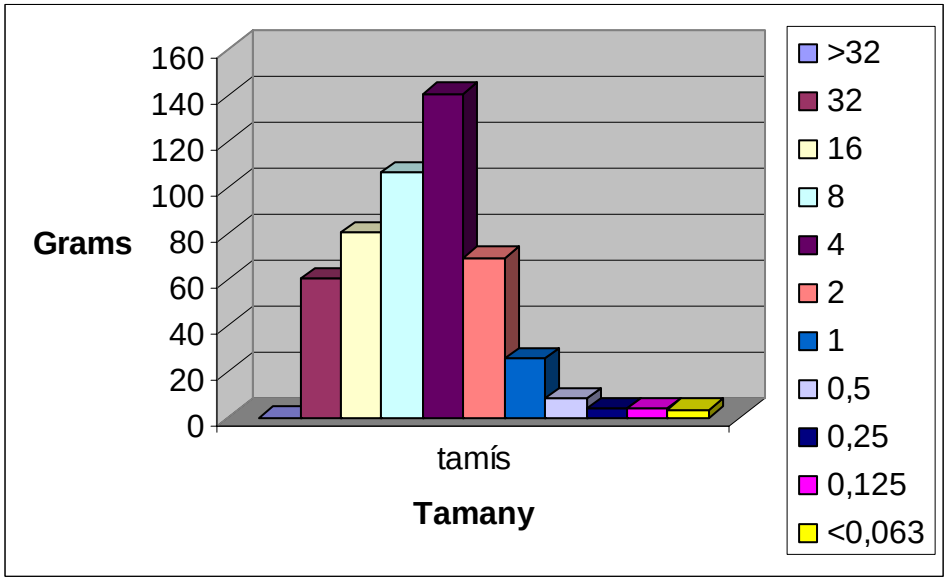
2ona GRANULOMETRIA EXPERIMENTAL DIPÒSIT 3

∅ tamís (mm)	grams
>32	0
32	48,5
16	95,9
8	122,4
4	125,4
Cendres 2	64,4
1	31,2
0,5	12,1
0,25	7,7
0,125	6,6
Pols <0,063	5,8



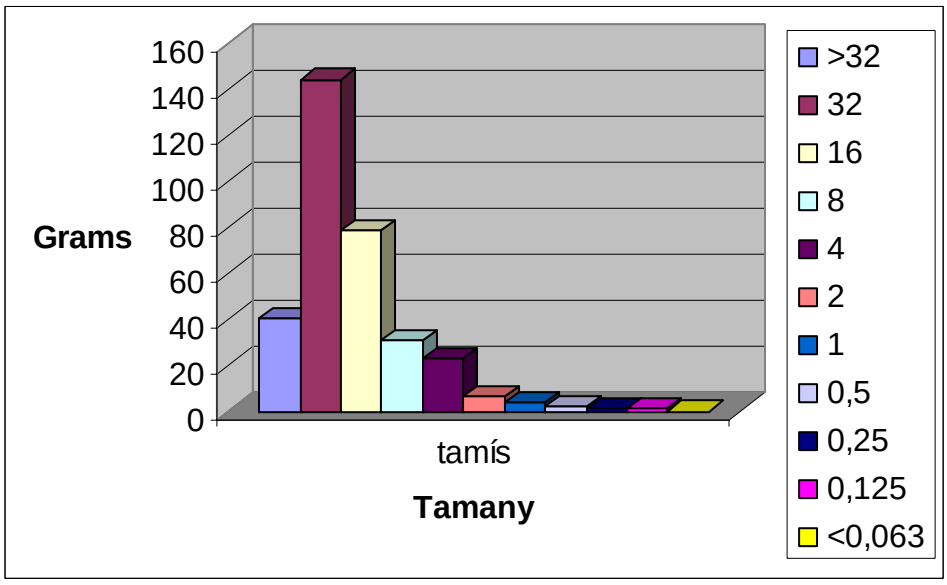
MITJANA DE LA GRANULOMETRIA DEL DIPÒSIT 3

∅ tamís (mm)	grams
>32	0
32	60,6
16	80,35
8	106,4
4	140,85
Cendres 2	69,5
1	25,95
0,5	8,55
0,25	3,85
0,125	3,85
Pols <0,063	3,4



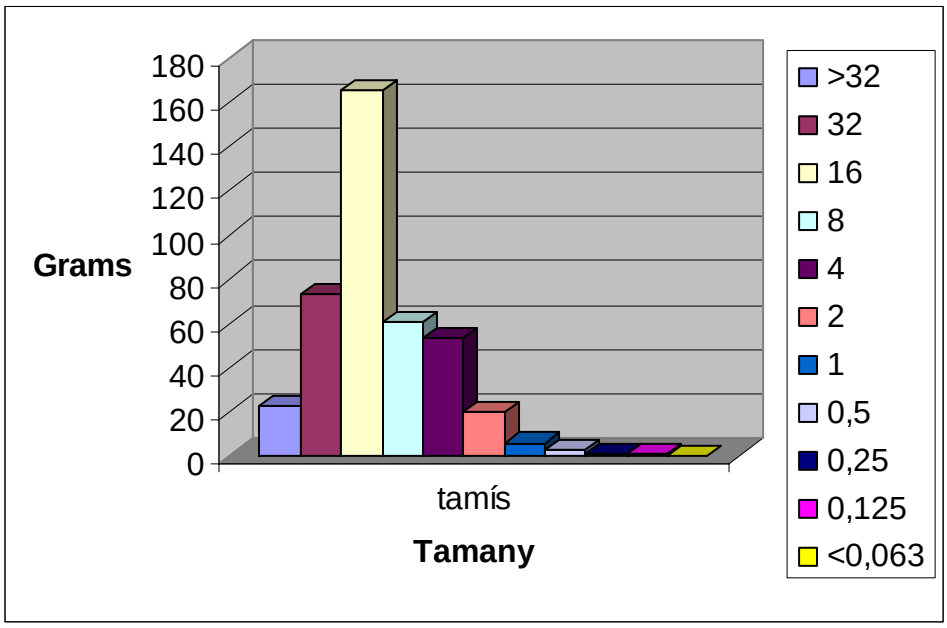
1era GRANULOMETRIA EXPERIMENTAL DEL DIPÒSIT

∅ tamís (mm)	grams
>32	40,6
32	144,4
16	79
8	30,6
4	22,9
Cendres 2	6,6
1	4,2
0,5	1,9
0,25	1,6
0,125	1,1
Pols <0,063	0



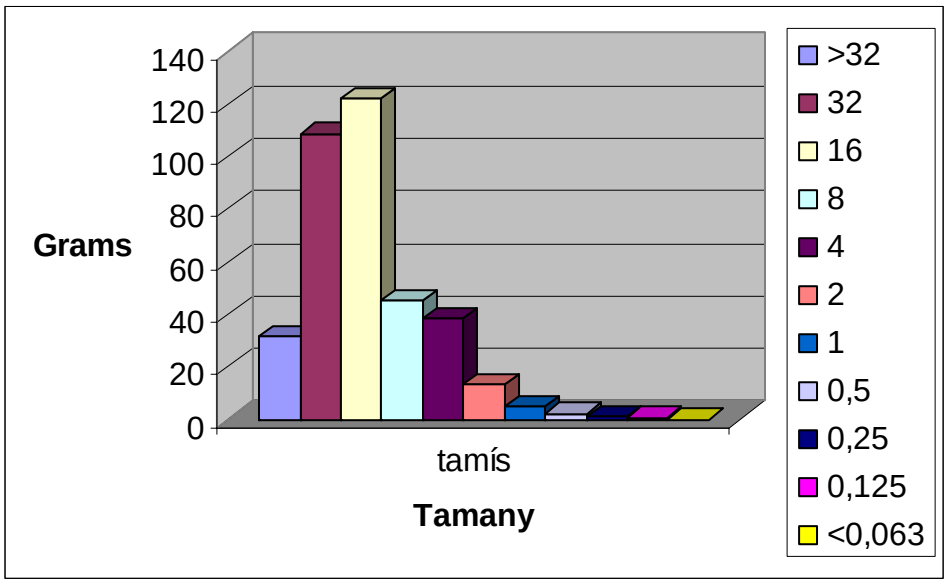
2ona GRANULOMETRIA EXPERIMENTAL DEL DIPÒSIT

∅ tamís (mm)	grams
>32	22,3
32	73,2
16	165,5
8	60,3
4	53,6
Cendres 2	19,6
1	5,7
0,5	2,5
0,25	0,6
0,125	0,5
Pols <0,063	0

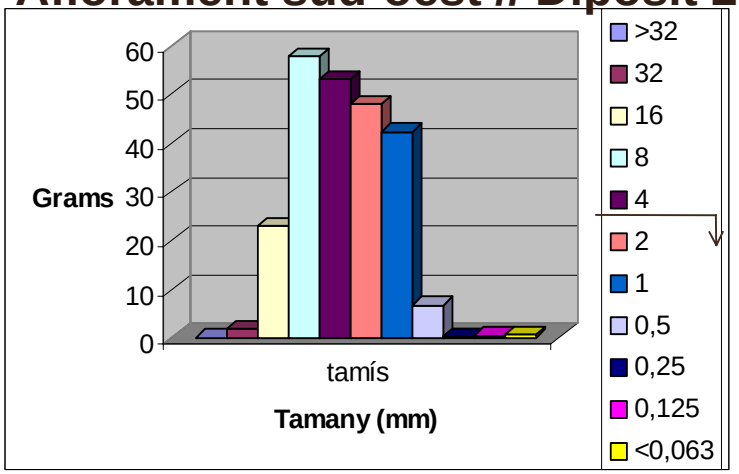


MITJANA DE LA GRANULOMETRIA DEL DIPÒSIT

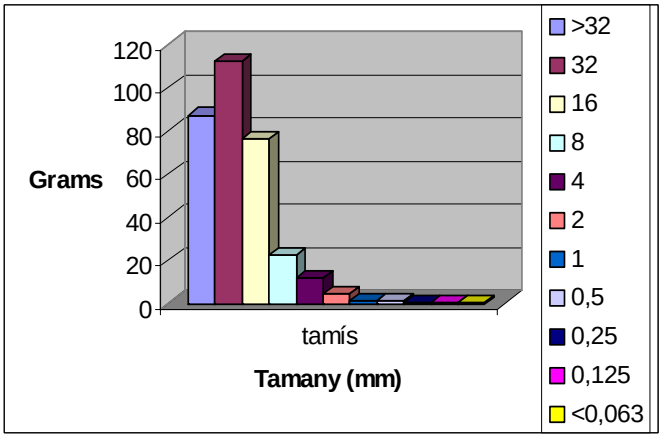
Ø tamís (mm)	grams
>32	31,45
32	108,8
16	122,25
8	45,45
4	38,25
Cendres 2	13,1
1	4,95
0,5	2,2
0,25	1,1
0,125	0,8
Pols <0,063	0



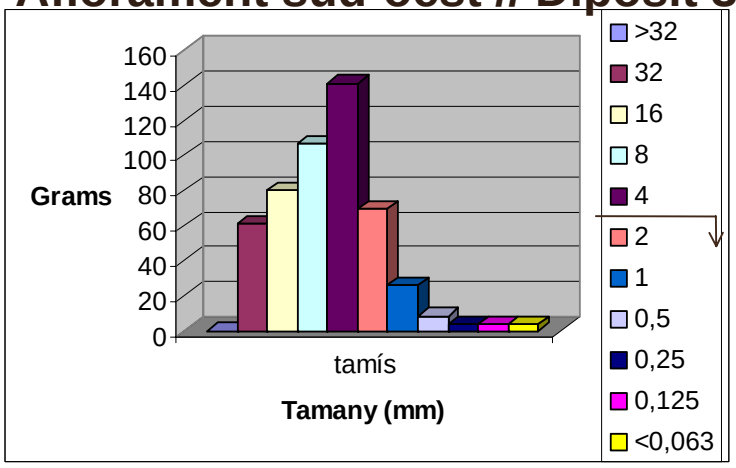
Aflorament sud-oest // Dipòsit 2



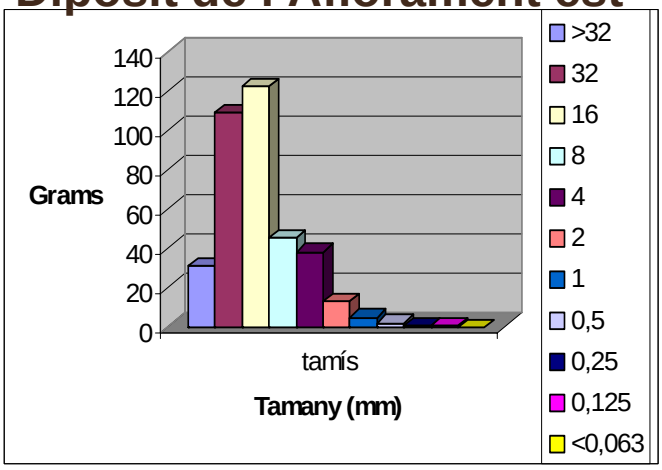
Aflorament sud-oest // Dipòsit 1



Aflorament sud-oest // Dipòsit 3



Dipòsit de l'Aflorament est



CONCLUSIONS

A partir de la recerca bibliogràfica, del treball de camp, i del treball de laboratori he arribat a les següents conclusions:

El volcà Montsacopa té un aspecte clàssic d'un edifici tipus con de piroclasts, amb cràter central i d'emissió d'un corrent de lava en direcció nord. Però si fem un estudi en profunditat veiem que és molt més complexa del que es podria creure inicialment.

Volcà Montsacopa

1. A partir de la morfologia general, de les descripcions del dos afloraments, de la granulometria i de la major part dels cabussaments, es pot interpretar que gran part de l'edifici volcànic ha estat fruït d'una activitat eruptiva estromboliana.

2. A patir de les descripcions dels dipòsits 2 i 3 de l'aflorament sud-oest amb una granulometria amb major quantitat de cendres, i amb una clara base erosiva, es pot fer la interpretació que el volcà ha tingut una fase eruptiva posterior a la formació de l'edifici volcànic, fortament explosiva, amb l'emissió d'un flux piroclàstic en direcció sud-oest.
Així doncs arribem a una de les conclusions més importants d'aquest estudi geològic, ja que aquest fet es contradeix amb la suposició inicial el qual explicava que el volcà Montsacopa havia tingut una activitat estromboliana, relativament tranquil·la.

3. A partir de les descripcions dels afloraments sud-oest i est, es pot observar una clara correspondència entre el dipòsit 1 de l'aflorament sud-oest i el conjunt del dipòsit de l'aflorament est. Es pot afirmar que els dos dipòsits es van originar durant la mateixa fase eruptiva.

4. A partir de les grans diferències de cabussament que es poden observar a la zona de l'aflorament est, es podria intentar buscar un altre possible focus emissor, diferent del conegut actualment. No obstant jo em decanto per creure que aquesta situació anòmala dels estrats es pot atribuir al despreniment de les capes superiors originades pel descalçament de la base durant l'extracció de materials que va tenir lloc a partir del segle XVI

5. Inicialment, les coloracions rogenques de l'aflorament est, es podrien atribuir a dos factors molt diferents: A la proximitat del centre emissor o bé a la difusió de gasos en aquesta zona.
A partir de la informació recollida es pot afirmar que aquesta zona de coloració rogenca, es correspon amb la zona en la qual els cabussaments no coincideixen amb els que inicialment es podrien esperar, tal com s'ha comentat en el punt anterior tot això amb fa suposar que les coloracions rogenques han estat originades per la difusió dels gasos a través dels piroclasts.

BIBLIOGRAFIA

MARTÍ MOLIST, Joan i altres. El vulcanisme: guia de camp de la Zona Volcànica de la Garrotxa. 2a Edició. Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa.

MARTÍ MOLIST, Joan. La Física de los Volcanes. Institut de Ciències de la Terra "Jaume Almera".

MALLARACH, Josep i RIERA, Miquel. El Volcans Olotíns i el seu paissatge. Editorial Serpa. Barcelona.

MALLARACH, Josep. Els Volcans. Quaderns de la Revista de Girona. Alzamora 1989.

MALLARACH, Josep. El Volcanisme Prehistòric de Catalunya. Diputació de Girona. Alzamora 1998.

MALLARACH, Josep. Carta Geològica de la Regió Volcànica d'Olot: Litologia i Geomorfologia. Realització cartogràfica Maber. Edita l'Ajuntament d'Olot.

FERRER, M. i altres. Ciències de la Terra i del Medi Ambient. Edicions Castellnou. Barcelona 2003.

BOLÓS, Francesc Xavier. Noticia De Los Extinguidos Volcanes De La Villa De Olot y De Sus Inmediaciones Hasta Amer, y De Los Nuevamente Descubiertos. Segona edició Imprenta de los Herederos de la Viuda Pla. Barcelona 1841.

DIVERSOS. Lyell. Història de la geologia moderna. Barcelona

AGRAÏMENTS

Primerament, m'agradaria donar les gràcies al meu assessor **Lluís Bancells**, per la paciència que ha demostrat durant els mesos el qual ha durat el treball, i sobretot voldria agrair-li l'ajuda, la coordinació i especialment la informació que m'ha donat.

Dono les gràcies al geòleg **Llorenç Planagumà**, pels consells i els coneixements que m'ha donant mentre s'ha elaborat el treball.

Al Dr. **Joan Martí i Molist**, que gràcies al seu interès i a la seva ajuda, he pogut assolir uns coneixements bàsics de vulcanisme.

També vull donar les gràcies a **Can Jordà**, per deixar-me utilitzar el laboratori per fer l'estudi granulomètric dels materials volcànics.

Per altre banda agraeixo l'ajuda i el suport dels meus pares **Josep de Bolós** i **Dolors Granados**, com també la col·laboració de la **Miriam Ruz** i els meus **avis**.