UNIVERSITAT DE BARCELONA

Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica

Estudi geomorfològic de la colada de la Fageda d'en Jordà i geoquímica de l'episodi magmàtic del Croscat

AUTOR:

GERARD MILIAN BEL

DIRECTORS:

Meritxell Aulinas Juncà

Guillem Gisbert Pinto

Domingo Gimeno Torrente

Juny 2013

ÍNDEX

Resum 3

Objectius del treball 4

1. Introducció 5

- 1.1. Tipus de vulcanisme 5
- 1.2. Tòssols o pseudocràters 11

2. Marc geogràfic i geològic 17

- 2.1. Vulcanisme neogen-quaternari al NE peninsular 17
- 2.2. Vulcanisme a la zona de la Garrotxa 21
- 2.3. Vulcanisme a l'àrea d'estudi (volcà Croscat i la Fageda) 22

3. Antecedents de la zona 23

4. Metodologia 26

- 4.1. Camp 26
- 4.2. Geoquímica 26

5. Resultats 33

- 5.1. Resultats de camp 33
- 5.2. Resultats de laboratori 37

6. Discussió 45

- 6.1. Interpretacions de camp 45
- 6.2. Interpretació de la geoquímica 56

7. Conclusions 57

Agraïments 59

8. Bibliografia 60

9. Annex 64

RESUM

El volcà Crostat, situat a la zona volcànica de la Garrotxa dins la província volcànica del NE de Catalunya, és el darrer vestigi de l'activitat volcànica al NE de la península Ibèrica. La seva proximitat temporal ha permès que les estructures tant del con com de la colada que va formar estiguin avui en dia en un bon estat de conservació. En aquest treball es presenta un estudi de la colada que cobreix la Fageda d'en Jordà basat en la identificació, descripció, classificació i interpretació dels tòssols, que afloren de manera molt abundant en tota aquesta zona. La classificació dels tòssols mitjançant la nomenclatura utilitzada en estudis previs de colades bàsiques tipus Aa, ha permès distingir tres tipus de tòssols: focals, *distributary* i *satellite*. Tot aquest estudi ens aporta nova informació sobre diferents aspectes de la colada com ara direcció de flux, paleorelleu o la seva interacció amb aigua en determinades zones. Per complementar aquest treball també s'ha proposar un estudi geoquímic de resultats propis amb la anàlisis geoquímica per FRX de 12 mostres de la colada, i resultats previs realitzats i facilitats pel mateix autor, F. Di Traglia et al. (2008). Aquesta segona part del treball s'ha realitzat per a determinar la homogeneïtat química dels materials durant les diferents fases eruptives del volcà i observar-ne possibles canvis composicionals. Malgrat la idea inicial, per una incidència en el procés d'anàlisis FRX no s'ha pogut disposar dels resultats per a les mostres pròpies. Tot i així, s'ha treballat amb les facilitades per F. Di Traglia corresponents a piroclastos del con del Croscat per determinar el grau de variació composicional d'aquestes al llarg de l'episodi eruptiu, i complir així amb bona part de l'objectiu inicial. Els resultats mostren una homogeneïtat composicional molt significativa al llarg de l'erupció. Les petites variacions observades es poden atribuir a processos de cristal·lització fraccionada.

OBJECTIUS DEL TREBALL

Aquest treball consta de dues parts ben diferenciades, una (la principal) de camp i una altra sobre geoquímica bàsica. És per això que tot i que l'objectiu principal de l'estudi dut a terme és la caracterització de la colada del Croscat, hi ha una sèrie d'objectius més específics en cada apartat

En la part de camp els objectius són:

- Identificar, descriure i classificar totes les morfologies associades a la formació de la colada del Croscat utilitzant la terminologia actual més usada.
- Fer una interpretació morfològica de la formació de la mateixa colada a partir de la informació obtinguda en el punt anterior.

En la part de geoquímica els objectius inicials són:

- Fer un estudi de la química de la colada i de les morfologies associades per a comprendre aspectes del seu origen i evolució
- Completar la informació amb les dades ja estudiades a Di Traglia et al, (2008) i així poder tenir informació sobre tot l'episodi eruptiu del Croscat .
- Interpretar els resultats d'aquests anàlisis mitjançant l'elaboració i observació de diagrames.

Degut a la incidència en el procés d'obtenció de dades químiques pròpies els nous resultats pel que fa a l'estudi geoquímic són:

- A partir de la geoquímica dels piroclastos del Croscat treballats per Di Traglia et al., (2008), observar possibles variacions composicionals del magma al llarg de l'erupció.
- Intentar respondre la segona part de l'objectiu inicial, però només amb les dades de piroclastos.

1. INTRODUCCIÓ

El vulcanisme es defineix com el conjunt d'emissions volcàniques i de tots els fenòmens associats a l'emissió de magmes i gasos a la superfície de la terra i a l'atmosfera. Com a resultat d'aquests processos es generen diferents estructures volcàniques tals com cons volcànics, colades de lava o doms volcànics entre altres. Aquestes estructures es formen en funció del tipus de vulcanisme, que alhora depèn de la composició del magma que les genera entre altres propietats físiques pròpies. Tenint en compte la composició química, els magmes es classifiquen en bàsics, intermedis i àcids. La taula 1 mostra una classificació genèrica dels diferents tipus de magmes:

COMPOSICIÓ	% SÍLICE	VISCOSITAT	% GAS
Magmes ultrabàsics	<45	Molt baixa	0%-1%
Magma bàsic	45-52	Baixa	1%-2%
Magma intermig	52-63	Intermitja	3%-4%
Magma àcid	>63	Alta	4%-6%

Taula 1: Característiques dels diferents tipus de magmes. Extret de Peccerillo i Taylor (1976)

1.1.Tipus de vulcanisme

En funció de la composició química i de les propietats físiques dels magmes les manifestacions volcàniques poden ser de caràcter explosiu i efusiu:

Vulcanisme explosiu: Aquest tipus de vulcanisme es dona degut a un contingut alt en volàtils en el magma, i generalment es relaciona a magmes àcids rics en sílice i per tant molt viscosos. A l'ascendir a través del conducte magmàtic la pressió de confinament del magma va disminuint i els volàtils inicialment dissolts comencen a formar petites bombolles de gas que esdevenen més grans a mesura que el magma se situa a zones més properes a la superfície terrestre (és el procés que es coneix com exsolució dels gasos). Aquestes bombolles interaccionen entre elles formant bombolles de gas de majors dimensions i aïllen fragments de magma (procés conegut com a fragmentació del magma). En arribar a la superfície, l'escapament sobtat d'aquests gasos genera explosions més o menys violentes en funció de la quantitat de gasos, i els fragments de magma aïllats entre aquests gasos surten projectats.

Els principals productes són materials fragmentaris anomenats piroclastos, que classifiquem en diferents grups (Martí et al., 2000) segons les seves característiques.

- En funció de la seva mida es classifiquen en bombes, lapil·lis i cendres. A la taula 2 s'hi observa la classificació dels piroclastos segons la seva mida i la seves naturalesa i composició.

	Diàmetre (∅)	Característiques
Cendra	< 2mm	Durant l'ascensió i la descompressió del magma a través del conducte magmàtic es genera una espuma en la qual solidifiquen partícules molt petites de material que quan són expulsades formen un núvol de cendres.
Lapil·li	2-64mm	Fragments sòlids molt porosos de material, que surten projectats del cràter del volcà.
Bombes	>64m	Fragments incandescents que surten projectats i solidifiquen en sortir a l'exterior del volcà. Al viatjar per l'aire de manera fosa adopten una forma aerodinàmica

Taula 2: Classificació dels piroclastos en funció de la mida i les característiques. Martí et al., (2000)

- En funció de la seva naturalesa, els piroclastos es classifiquen en dos grups que podem trobar aïllats o barrejats dins un dipòsit:
    - Fragments juvenils: També s'anomenen essencials i són el producte de la descomposició del magma en arribar a la superfície i solidificar.
    - Fragments lítics: Són aquelles roques que formaven part del conducte volcànic i que han estat arrencades per les explosions i la circulació del magma.
- I per últim podem fer un altre tipus de classificació segons la seva composició química:
    - Escòries: Són fragments de morfologia irregular, molt vesiculats i de composició basàltica. La seva mida és de lapil·li i corresponen a fragments de caràcter juvenil.

- Pumites: fragments juvenils de mida lapil.li i de composició àcida. Una propietat important és la seva gran porositat i per tant baixa densitat que no supera 1g/ cm^3 cosa que les fa surar a l'aigua.

<u>Vulcanisme efusiu</u>: És aquell en que l'emissió del magma és produeix de manera més tranquil·la i sense explosions ja que la pressió que exerceixen les bombolles de gas a l'interior del conducte no és prou gran per fragmentar el magma i projectar-lo a l'aire. Aquest context composicional del magma és dona principalment en tres casos:

- En l'emissió de magmes bàsics i ultrabàsics que de per sí són pobres en gasos
- Pel desgasament de magmes àcids a través de fumaroles i erupcions de vapor
- Per una activitat eruptiva prèvia en la que s'han alliberat els gasos

El principal producte d'aquest tipus de vulcanisme són les colades de lava, que es desplacen seguint la línia de màxim pendent fins a quedar estàtiques i solidificar.

Segons la composició del magma i la interacció amb aigua, les colades de lava prenen diverses morfologies, algunes de les quals les tractarem més endavant en aquest treball. Pel que fa a la composició, les més comunes són les colades de lava de composició basàltica amb un contingut en sílice entre el 45 i el 52%, i amb un baix contingut en volàtils d'entre un 1 i un 2%. Aquesta composició fa que la viscositat d'aquests magmes sigui baixa i permet que la lava es desplaci grans distancies de fins a varis quilòmetres. Segons com siguin les colades de lava bàsica i utilitzant terminologia hawaiana es parla de laves de tipus Aa i de laves Pahoehoe:

- **Aa**: Aquest terme Hawaià significa foc pedregós. Les colades tipus Aa tenen un contingut en sílice proper al 50 % i en volàtils propers al 2%, essent així prou viscoses dins el rang composicional de les laves bàsiques. Durant el seu desplaçament assoleixen velocitats d'entre 5 i 50m/hora, prou lentes

perquè la lava que es troba a la superfície de la colada es vagi solidificant i esquerdant contínuament. El resultat d'aquest procés són superfície més o menys rugoses o irregulars compostes per blocs sòlids desordenats, molt irregulars i aspres degut al seu ràpid refredament.

Una estructura molt freqüent en aquest tipus de colades de lava són les columnates o la disjunció columnar. Aquesta estructura és forma en processos de refredament lents, quan la colada de lava finalment deixa d'avançar i comença el procés de pèrdua de temperatura. Durant aquest refredament és generen unes cel·les de circulació de fluid degut a canvis de temperatura en la lava que acaben donant uns prismes hexagonals. A la figura 1 es pot veure la disjunció columnar a l'interior d'una colada de lava de composició basàltica. En ella s'observa el refredament ràpid que van patir els materials de sostre i base de la colada que es tradueix en una estructura desordenada dels blocs. En canvi a l'interior on es va mantenir més la temperatura i el refredament va ser més lent és va generar la disjunció columnar.

Figura 1: Disjunció columnar a una colada del sud d'Islàndia. Recull propi.

La figura 2 correspon a una colada tipus Aa al volcà Hekla, Islàndia. S'observa la superfície formada per blocs molt irregulars cosa que dificulta caminar per sobre d'aquestes colades.

Figura 2: colada tipus Aa al volcà Hekla, Islàndia. S'observa la morfologia irregular dels blocs a la superfície. Recull propi.

- **Pahoehoe o cordades**: En Hawaià significa suau. Aquestes colades també són de composició basàltica però són laves amb menys contingut en SiO_2 que les Aa, i per tant més fluides. Les velocitats que assoleixen són majors que en les colades Aa, de centenars de metres i fins i tot quilòmetres/hora. Durant el seu desplaçament van formant lòbuls la superfície dels quals es refreda molt ràpidament i actua com a aïllant de la massa fluida interior que continua fluint. El trencament de la superfície permet que el magma de l'interior (encara molt calent) s'escapi i formi un nou lòbul. A l'interior d'aquestes lòbuls, sovint és formen tubs o túnels de lava que poden arribar a tenir varis quilòmetres, per l'interior dels quals circula la lava a alta temperatura. Un cop solidificades aquestes colades poden presentar en superfície varies morfologies com lòbuls visibles o simplement superfícies totalment llises. La deformació superficial d'aquesta estructures pot donar a la colada un aspecte irregular en forma d'arrugues o "cordes", fet que li

atribueix el nom de colades cordades. A la figura 3 es pot veure un lòbul típic d'una colada Pahoehoe.

Figura 3: Lòbul d'una colada pahoehoe al volcà Katla, Islàndia. Es pot observar bé les arrugues o "cordes" en el mateix lòbul. Recull propi.

Entre les colades tipus Aa i Pahoehoe, el rang composicional de les laves que les formen és tan petit que en una mateixa colada poden aparèixer les dues morfologies. La influencia del pendent també és notable a l'hora de formar-se unes o altres morfologies, així en pendents majors la lava fluirà més i per tant les colades Pahoehoe seran més habituals, en canvi en pendents baixos les laves tendiran a tenir un desplaçament més lent i per tant les morfologies Aa predominaran en aquests contextos.

- **Pillow lava:** Les pillow lava o colades encoixinades es formen quan la lava líquida entra en contacte amb aigua, ja sigui del fons marí, d'un riu o d'un llac. Al produir-se aquest contacte la superfície es refreda instantàniament formant lòbuls d'escorça sòlida i interior líquid. Aquestes a mesura que reben flux de lava es van fracturant i donen lloc a la formació de nous lòbuls. Aquesta escorça vítria sòlida actua com a aïllant i permet que a l'interior el refredament sigui lent i es formin unes estructures característiques en forma de columnes de major diàmetre a zones més properes a la superfície i menor a zones més internes. La morfologia d'aquestes bombolles és molt variada: esfèriques, aplatades, tubulars... i

també varien molt en mida. El conjunt d'elles poden semblar una pila de coixins, d'aquí deriva el nom de colades encoixinades o pillow lavas. A la figura 4 es pot veure una colada encoixinada o pillow lava.

Figura 4: colada encoixinada o pillow lavas a Islàndia. S'observa l'apilament de seqüències de refredament més o menys esfèriques. Recull propi.

1.2.Tòssols* o pseudocràters

Una característica morfològica que es dona en colades de lava i que és important en el propòsit d'aquest treball són els tòssols o pseudo-cràters. Aquests es diferencien d'un cràter volcànic perquè no tenen un conducte per on ascendeix el magma. Es formen quan una colada de lava flueix sobre un terreny amb un percentatge d'aigua elevat, en forma de rius, llacs o un aqüífer. Aquesta aigua s'escalfa i s'evapora generant una gran pressió sota la colada, fins al punt que es produeixen explosions que creen una obertura a l'escorça sòlida de la colada per on el magma pot extruir. El resultat morfològic final és un turó al mig de la superfície més o menys plana de la colada.

Els tòssols com a estructures volcàniques ja han estat descrits en varies províncies volcàniques tals com Deccan, Índia (Duraiswami et al. 2001), Hawaii, USA (Walker 1991), Etna, Itàlia (calvari et al. 2003), Islàndia (Matsson & hoskuldsson 2005) o a Austràlia de l'est (Wilmoth & Walker 1993).

**Tòssol: Terme local de la zona de la Garrotxa que defineix un relleu positiu dins una colada i generat coma a resultat de la interacció entre aquesta i aigua.*

L'estudi dels tòssols proporciona informació sobre la durada de l'erupció volcànica , les corrents de flux que van afectar el moviment de la lava, el relleu final de la colada o la presència de jaciments d'aigua previs a l'erupció (Mattsson & Hoskuldsson 2005).

La morfologia d'aquestes estructures depèn de la quantitat de magma extruït pel volcà, la composició d'aquest i les morfologies prèvies del terreny (Kilburn 2000). En funció del tipus de colada (Pahoehoe o Aa) en la que es dóna, la morfologia dels tòssols també és diferent. Segons Rossi & Gudmundsson (1996), en estudis realitzats a Islàndia, en colades de lava tipus pahoehoe es poden distingir tres tipus de tòssols:

- Els *lava-coated* són aquells tòssols en els que una quantitat significativa de magma ha extruït per una esquerda i ha cobert la gran part o la totalitat del relleu que forma el tòssol. Les dimensions no superen els 3 metres d'alçada i són típics de zones amb un alt pendent, normalment properes al cràter del volcà (Figura 5A).

Figura 5A: tòssols en colades tipus Pahoehoe al volcà Skjalbreidur, Islàndia. La figura mostra un tòssol tipus *lava-coated* en el qual la lava ha extruït i ha cobert el tòssol. Extret de Rossi & Gudmundsson (1996).

- Els *upper-slope* tenen unes característiques morfològiques semblants als *lava-coated* amb la diferencia que el volum de magma extruït és molt menor i com a conseqüència les dimensions del tòssol també són menors. Són propis de zones intermitjes de la colada de lava (Figura 5B).

Figura 5B: tòssols en colades tipus Pahoehoe al volcà Skjalbreidur, Islàndia. La figura pertany a un tòssol tipus *upper-slope,* en el qual la referència humana mostra les petites dimensions d'aquest. Extret de Rossi & Gudmundsson (1996).

- Els *flow-lobe* són els tòssols típics de zones més distals de la colada. La principal diferencia respecte els altres és que no hi ha hagut extrusió de magma i en superfície només s'observen petits relleus arrodonits amb una superfície llisa (Figura 5C).

Figura 5C: tòssols en colades tipus Pahoehoe al volcà Skjalbreidur, Islàndia. La figura mostra un tòssol tipus *flow-lobe* en el qual el magma no ha arribat a extruir per les fractures del tòssol. Extret de Rossi & Gudmundsson (1996).

Un altre factor de vital importància que influeix en el creixement dels tòssols i la seva tipologia és la quantitat d'aport de lava que reben i que ajuda al seu creixement i desenvolupament. D'aquesta manera i juntament a la morfologia prèvia del terreny, la distancia al focus d'aport de lava tindrà un paper important en la presencia d'una tipologia o altre. En el mateix treball de Rossi & Gudmundsson (1996), al volcà Skjalbreidur, Islàndia, en colades de lava tipus

pahoehoe es va fer un recompte de les tipologies de tòssols en funció de la distancia al focus i es va observar que hi havia una relació directa.

Una zona proximal de la colada amb una major aportació de líquid tendirà a acumular un nombre més elevat de tòssols de dimensions més grans i en els que s'ha produït extrusió de la lava. En canvi a zones més distals la presencia de tòssols pot esdevenir més reduïda pel que fa a les dimensions i difícilment presentaran fractura i extrusió de fluid.

A la figura 6 es pot observar la distribució dels diferents tipus de tòssols al flanc nord-oest del volcà Skjalbreidur, Islàndia. Les línies indiquen la concentració de tòssols a les diferents zones de la colada del volcà, des de el seu inici en el con volcànic fins a les zones més distals.

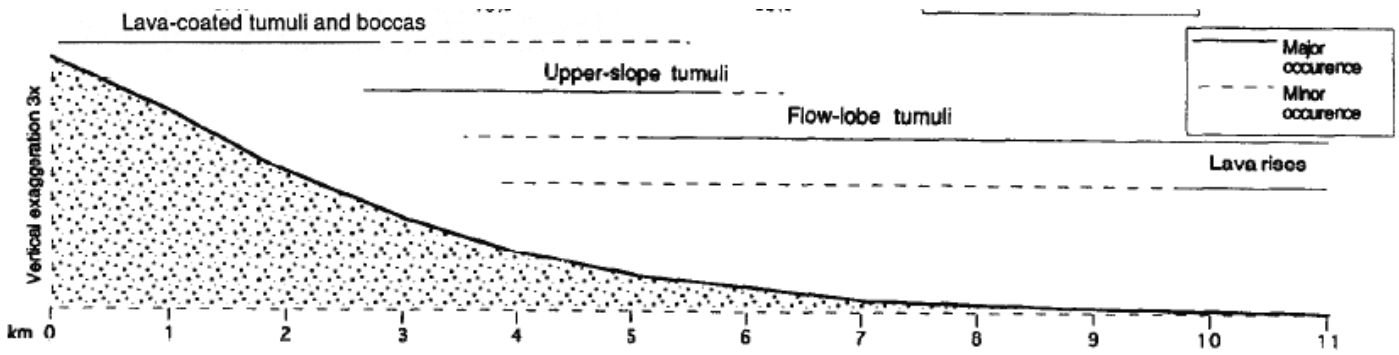


Figura 6: Distribució dels diferents tipus de tòssols en una colada tipus Pahoehoe al volcà Skjalbreidur, Islàndia. Les línies horitzontals continues mostren la zona amb més quantitat de tòssols d'un determinat tipus en una zona de la colada. Extret de Rossi & Gudmundsson (1996).

Pel que fa a colades tipus Aa, Duncan et al. (2004) en un estudi a la colada de lava corresponent a l'erupció del volcà Etna el 1983, va definir també tres tipus de tòssols:

- Els tòssols *focal* es formen per fractura i bombament de la superfície sòlida de la colada. Són punts on l'aportació de lava és elevada, i d'ells se'n deriven

extrusions de lava a l'exterior de la colada i canals secundaris per on circula la lava (Figura 7A).

- Els tòssols *satellite* normalment tenen morfologia allargada. Són bombaments del terreny per sobre d'on circula un túnel de lava. En alguns punts la pressió exercida per la circulació de la lava sota el tòssol, pot arribar a trencar la superfície sòlida per on extrueix la lava. L'origen d'aquest túnels generalment se situa en els tòssols focals. A la figura 7B s'observa un tòssol *satellite*

- Els tòssols *distributary* estan associats a la fractura i extrusió de fluid sobre túnels de lava. La formació d'aquests tòssols però, no s'associa al complex format pels tòssols *focal* i els tòssols *satellite,* sinó que es formen en túnels de lava principals. El seu mecanisme de formació és de curta durada i el volum de lava extruït és baix, per tant les dimensions que assoleixen són petites.

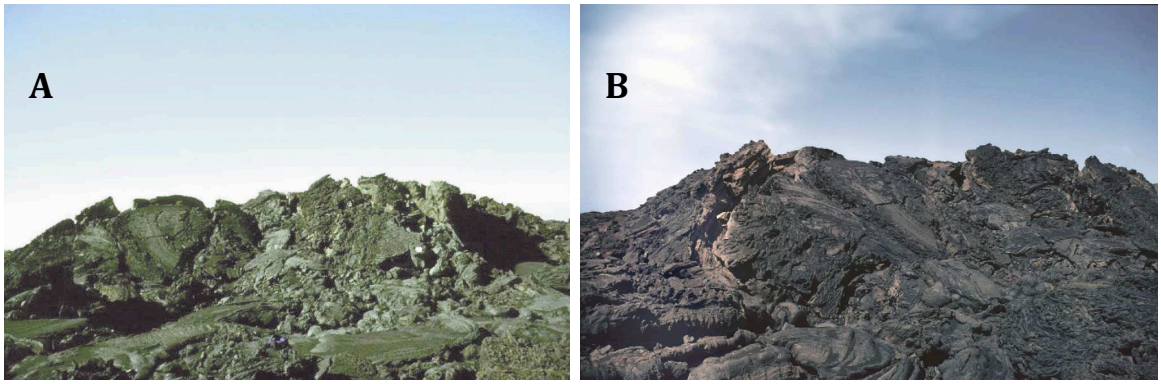


Figura 7: Diferents tipus de tòssol a la colada de lava tipus Aa del volcà Etna corresponent a l'erupció del 1983. A la figura 7A s'observa a la dreta una apilament més o menys desordenats de blocs que correspon a un tòssol *focal*, en canvi a l'esquerra de la figura apareix un apilament lineal que correspon a l'inici d'un tòssol *satellite*. La figura 7B mostra el final d'un tòssol *satellite*. Extret de Duntan et al., (2004).

El mecanisme de formació dels diferent tipus de tòssols en una colada tipus Aa és divers. Un procés típic de formació de tòssols *focals* i *satellite* és l'esquematitzat a la figura 8. L'existència d'un punt, ja sigui degut a l'orografia prèvia del terreny o per les condicions de flux de la colada, on l'aportació de magma és molt gran, fins arribar a tal punt en que trenca la superfície de la colada i la lava comença a extruir (figures 8a i 8b), condiciona la formació d'un tòssol *focal*. A partir d'aquí es genera un flux sobre la superfície sòlida de la colada formant així un relleu de morfologia allargada o tòssol *satellite* (figures 8c, 8d i 8e)

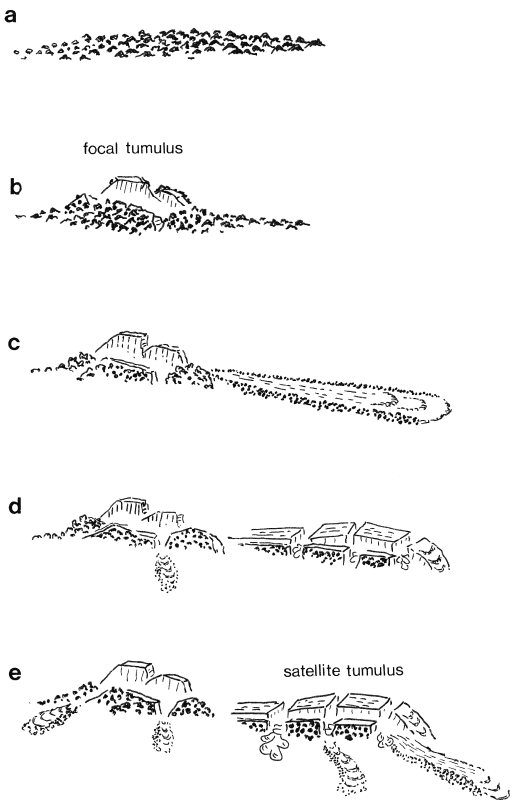


Figura 8: Mecanisme de formació de tòssols *focal i satellite* en una colada tipus Aa. Duncan et al., (2004).

2.MARC GEOGRÀFIC I GEOLÒGIC

2.1.Vulcanisme neogen-quaternari al NE peninsular

En el NE de la península Ibèrica s'han produït dos períodes d'activitat volcànica des del Miocè fins l'actualitat. Aquest dos grans espais de temps s'han establert mitjançant l'anàlisi de la composició i la datació de les roques volcàniques corresponents als dos episodis (Martí et al., 2000).

El primer d'ells s'esdevingué en un ambient compressiu, amb un pla de subducció d'orientació NE-SO inclinat cap a la península Ibèrica que s'estenia des de les illes Balears fins a les illes de Còrsega i Sardenya. L'edat d'aquest període és miocena, entre 24 i 18 Ma. El vulcanisme es va produir en forma d'explosions subaèries a Mallorca, però sobretot erupcions submarines entre les illes Balears i la península Ibèrica, totes elles generant productes de composició calcoalcalina. (Martí et al., 2000)

A finals del Miocè i fins l'actualitat, la situació es va invertir i es donaren unes condicions d'extensió amb el desenvolupament d'un rift intraplaca conegut com el Rift Europeu a la zona occidental de la placa eurasiàtica. En aquest context d'esforços es van generar un conjunt de fosses i semifoses tectòniques i falles normals d'orientació predominant NE-SO, per algunes de les quals va ascendir magma i va generar vulcanisme en superfície (Araña et al., 1983; Llobera Sanchez, 1983; Guérin et al., 1985; Lòpez Ruiz and Rodríguez Badiola, 1985; Martí et al., 1992; Neumann et al., 1999; Cebrià et al., 2000). A la figura 9 s'observa de manera esquemàtica els principals sistemes de falles, les fosses tectòniques i les zones on es va produir vulcanisme durant el Neogen i Quaternari.

Figura 9: Esquema de les estructures principals generades pel rift europeu. S'observen els principals sistemes de falles, les fosses tectòniques i la zones on es va produir vulcanisme d'edat neogen i quaternari associat al desenvolupament del rift (figura extreta de Martí et al., 2000)

A la península van tenir lloc un seguit de manifestacions magmàtiques en forma de camps volcànics a València, a les Colombretes i a Catalunya. També es genera un vulcanisme submarí i fenòmens de menys proporció en altres punts de la costa ibèrica, com és el cas de Tarragona. El magmatisme durant aquest període és de tipus principalment alcalí, amb basanites com a roca més abundant i basanites leucítiques, basalts alcalins i traquites en menys proporció. Les característiques petrològiques i geoquímiques permeten relacionar el vulcanisme de la península amb el d'altres zones situades dins el rift europeu, concretament els camps volcànics d'Alemanya i al sud de França.

A Catalunya durant aquest darrer període es van generar un seguit de camps volcànics estretament relacionats amb l'obertura del rift europeu. La formació de fosses i falles va propiciar l'ascensió de magmes generats en el mantell superior,

que van ascendir ràpidament evitant així un procés de diferenciació, i per tant essent majoritàriament magmes primaris amb una composició molt similar a la mateixa en el moment de formació. La localització d'aquests camps volcànics té una relació amb els sistemes de fractures, i els podem agrupar en tres grans zones: la de l'Empordà, la de la Selva i la de la Garrotxa (Martí et al., 2000). A la figura 10 s'observa la posició del camp volcànic de la Garrotxa en un marc geològic general de Catalunya.

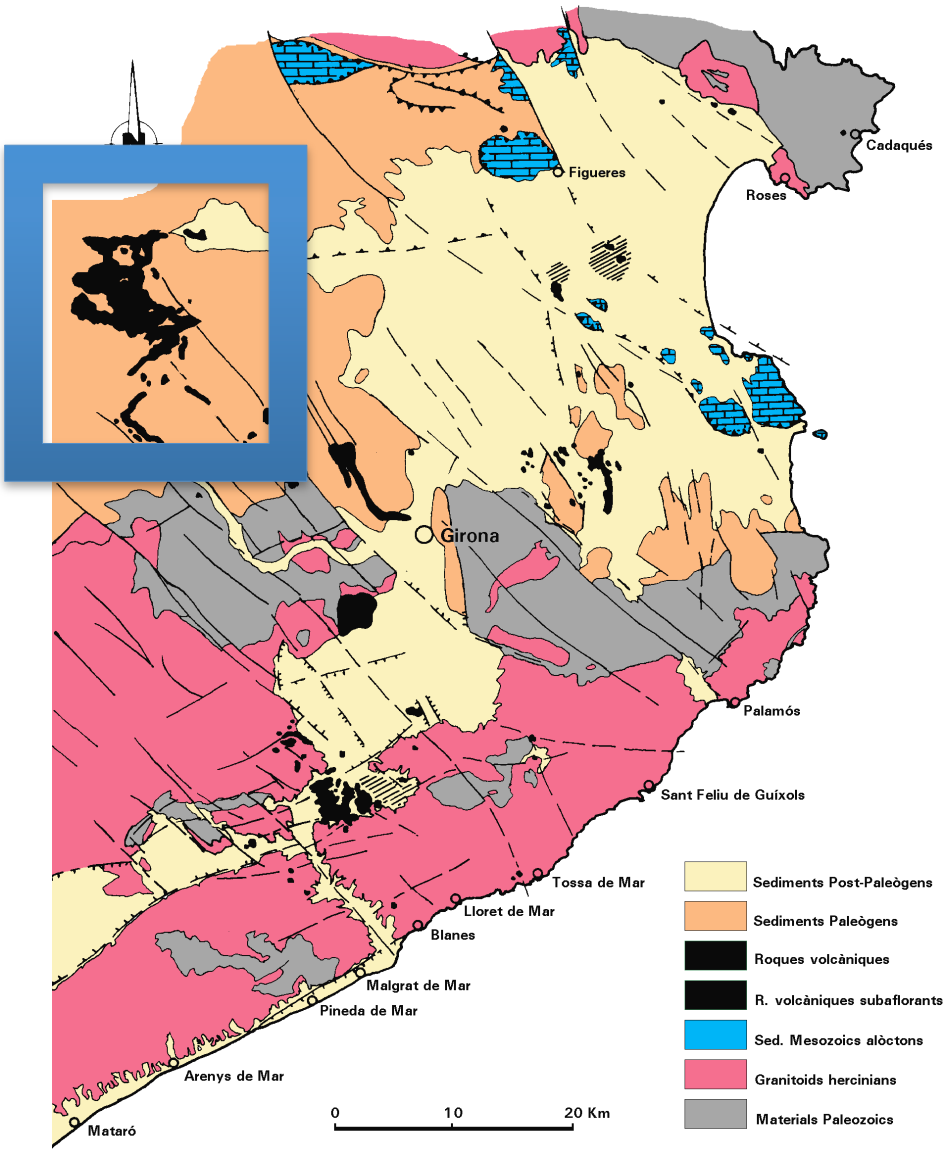


Figura 10: Mapa geològic general del nord-est de Catalunya amb el requadre senyalant el camp volcànic de la zona de la Garrotxa. Extret de Gisbert et al., 2009.

Mitjançant geocronologia s'ha observat que l'activitat volcànica en les tres zones no va ser contemporània sinó que es va iniciar al sector de l'Empordà, seguidament

es va desplaçar a la Selva i finalment es va concentrar a la zona de la Garrotxa seguint així un desplaçament primer cap al SO i després cap al NO (Martí et al., 2000). A la figura 11 s'observen els principals edificis volcànics de les tres zones esmentades juntament amb una taula amb les edats dels diferents volcans datades mitjançant tècniques amb K/Ar i de termoluminescència de les plagiòclasis per varis autors (Martí et al., 2000).

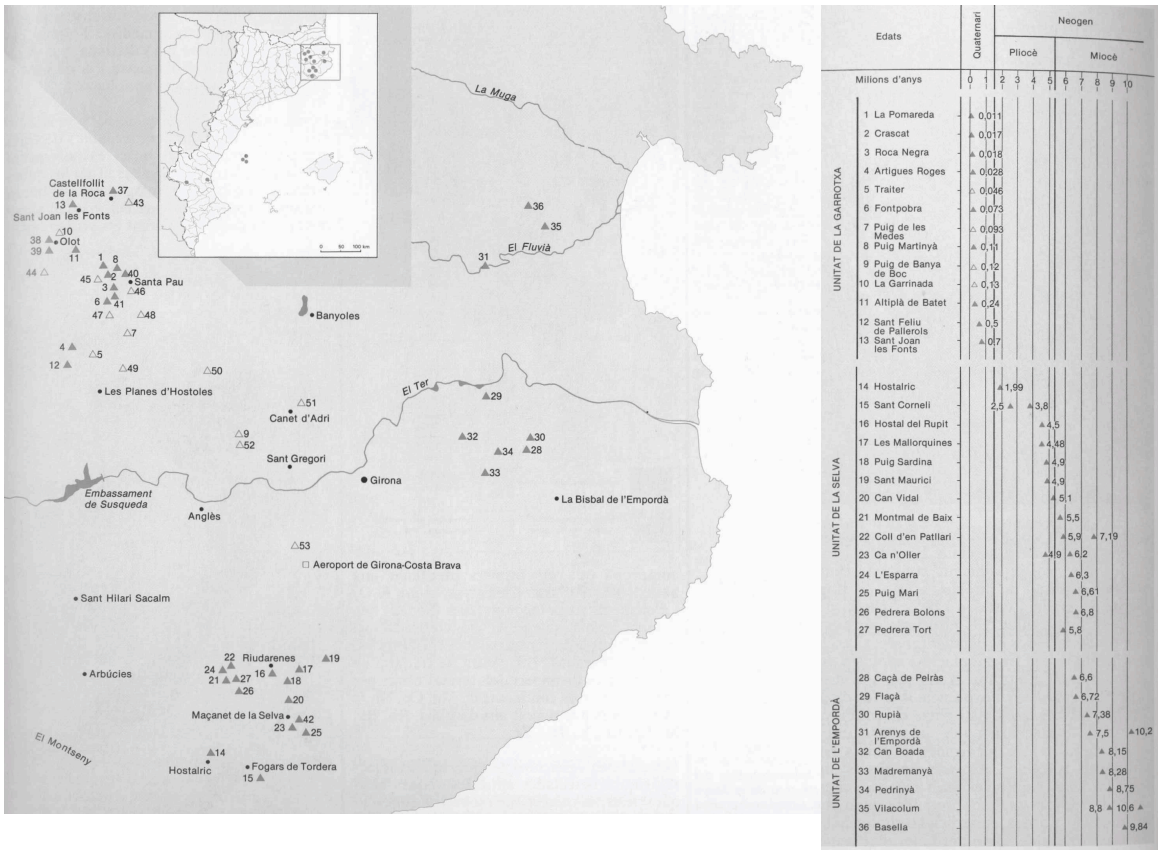


Figura 11: A l'esquerra mapa de la situació dels principals edificis volcànics del camp volcànic de l'Empordà, el de la Selva i la Garrotxa. A la dreta edats d'aquets edificis volcànics datats mitjançant tècniques amb K/Ar i de termoluminescència de les plagiòclasis. Figura extreta de l'Enciclopèdia d'Història Natural dels Països Catalans, pàgina 362, biopunt a partir de diversos autors.

Zona volcànica de l'Empordà: Segons datacions efectuades per diversos autors (Martí et al., 2000) mitjançant tècniques amb K/Ar i de termoluminescència de les plagiòclasis, l'edat dels dipòsits se situa entre 10 i 6 Ma i per tant és la més antiga de les tres zones. Consta de prop de cinquanta afloraments de basalts i algunes traquites, els més importants se situen a la Bisbal d'Empordà, Rupià i Arenys

d'Empordà. La composició d'algunes de les roques volcàniques, concretament les traquites de Vilacolum, contenen una concentració en SiO_2 més elevada respecte la dels basalts, i per tant indiquen que durant el refredament d'aquests magmes hi va haver un procés de diferenciació magmàtica important (Gimeno 1995, Diaz et al., 1996).

Zona volcànica de la Selva: Segons les anàlisis geocronològiques de diversos autors mitjançant tècniques amb K/Ar i de termoluminescència de les plagiòclasis, l'edat del vulcanisme és entre 7 i 2 Ma enrere. De la mateixa manera que a la zona de l'Empordà, la zona de la Selva consta de prop de cinquanta afloraments basàltics, localitzats majoritàriament als voltants de Maçanet de la Selva i Riudarenes. També es dóna la presència de xemeneies volcàniques preservades amb una disjunció columnar visible a Sant Corneli i Hostalric.

2.2.Vulcanisme a la zona de la Garrotxa

El vulcanisme a la zona de la Garrotxa és el més modern de Catalunya, i també el més ben conservat. Consta de prop de 50 cons volcànics (Martí & Mallarach, 1987) distribuïts majoritàriament dins el Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, però també a la Vall d'Hostoles i la Vall del Llémena. L'edat d'aquests volcans oscil·la entre 350.000 anys i la darrera erupció del Volcà Croscat fa 11.000 anys. La freqüència de les erupcions volcàniques és variable, però s'ha observat que es produeix un episodi eruptiu més o menys cada 15.000 – 20.000anys.

La composició dels magmes que van generar aquests volcans és alcalina, principalment basalts i basanites. Tots els cons són monogenètics, és a dir que és van construir durant una única erupció continuada majoritàriament de petita durada, dies a setmanes, durant la qual, però, en alguns casos, es van produir varies fases eruptives diferenciades pel tipus d'erupció. Les fases eruptives predominants a la zona de la Garrotxa combinen erupcions de tipus freatomagmàtiques en que hi ha interacció amb aigua, amb erupcions estrombolianes i efusives. En funció de la seqüència de fases eruptives observades es distingeixen:

- Cons volcànics formats per alternança de fases de vulcanisme estrombolià i vulcanisme efusiu sense interacció amb aigua. Aquesta seqüència eruptiva es dóna en varis volcans de la Garrotxa tals com, el Montsacopa, Puig Alós, Puig Martinyà, Artigues Roges entre d'altres.

- Altres cons volcànics enregistren fases amb vulcanisme de tipus freatomagmàtic o freàtic en que hi ha interacció amb aigua, juntament que amb fases estrombolianes i efusives. En aquest cas es pot observar la superposició de dos cons, un amb dipòsits típics en erupcions freatomagmàtiques, i un altre amb dipòsits típics d'erupcions estrombolianes. Aquest és el cas dels volcans Santa Margarida, Garrinada, Can Tià, puig de la Codina, Crosa de Sant Dalmai, Puig d'Adri entre d'altres.

- Més rarament també hi ha volcans que només experimenten una fase eruptiva amb un únic tipus d'erupció associada. És el cas, entre d'altres, del Volcà Puig Astrol amb una única fase estromboliana, o el Volcà Clot de l'Omera i Traiter amb un vulcanisme freatomagmàtic.

2.3.Vulcanisme a l'àrea d'estudi: Volcà Croscat i La Fageda

El Volcà Croscat és el més recent de tots els volcans de la zona de la Garrotxa i de Catalunya, datada la seva erupció de fa 11.000 anys (Guérin et al., 1985). Aquest volcà és el con d'escòries més alt de la península amb 189 m d'alçada i forma de ferradura (Figura 12). Durant l'erupció d'aquest volcà es van succeir varies fases eruptives cadascuna d'elles amb un tipus d'activitat volcànica diferent. La primera d'elles va ser de tipus efusiu, amb l'obertura d'una fissura per on extruia el magma que ràpidament es va anar concentrant en un únic punt i va donar pas a un vulcanisme més explosiu de tipus estrombolià. Durant aquesta transició és van intercalar dues fases freatomagmàtiques degut a la interacció amb un aqüífer, una al principi de la transició i una altra al final. En aquestes fases freatomagmàtiques i explosives el volcà va emetre una gran quantitat de piroclastos que avui es classifiquen en unitats segons l'ordre cronològic i les característiques físico-químiques. Finalment la darrera fase va ser de caire efusiu amb la principal característica d'emanació d'un flux de lava que va fluir i va erosionar la zona oest

del con la qual cosa va configurar la morfologia en ferradura del con (Di Traglia et al., 2008).

Durant la darrera fase efusiva, el flux de lava de composició basanítica que va emanar del volcà, va cobrir prop de 20 km^2 de la zona en aquell moment d'aiguamolls situada a l'oest del volcà. El resultat actual d'aquest flux és una colada de lava amb tòssols sobre la qual hi ha situada la Fageda d'en Jordà.

Figura 12: Forma de ferradura del Volcà Croscat.

3. ANTECEDENTS DE LA ZONA

En treballs previs alguns autors ja han esmentat i posicionat diferents morfologies dins el context de la colada del Croscat. L'autor J.M. Mallarach i Carrera juntament amb M. Riera i Tusell el 1981 ja feia esment i esquematitzava varies morfologies dins la colada del Croscat en el treball; *Els volcans olotins i el seu paitsage. Iniciacció a la seva coneixença, segons nou itineraris pedagògios*.

A la figura 13 es mostra el mapa inclòs dins el treball de J.M. Mallarach i M. Riera., 1981, citat anteriorment.

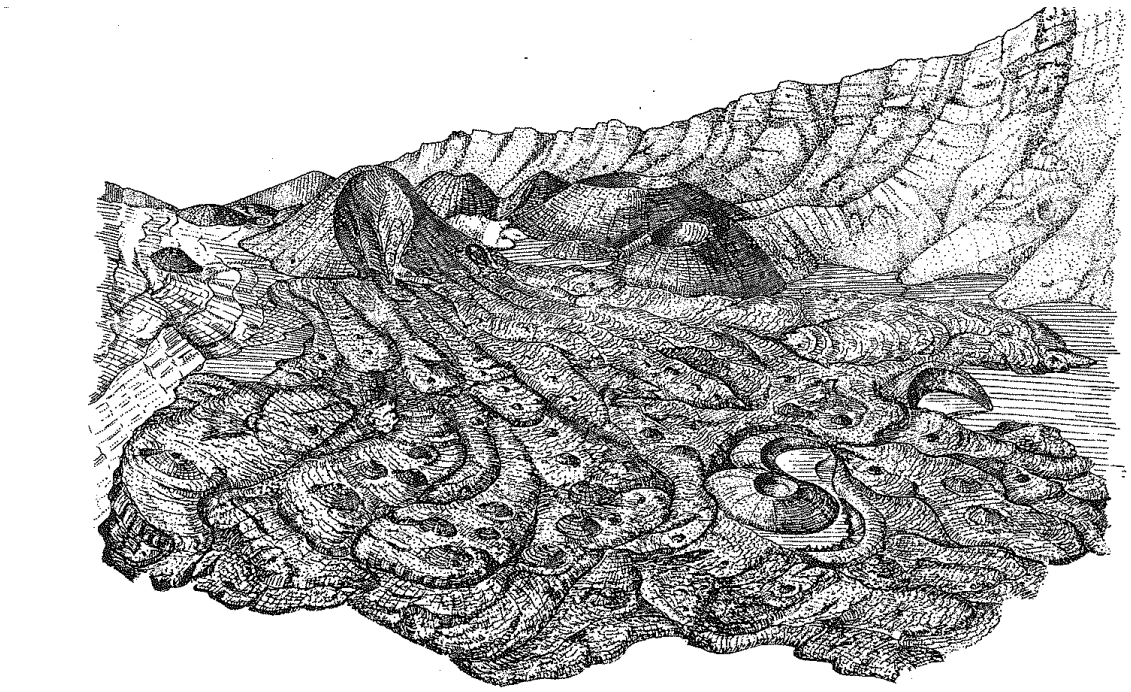


Figura 13: Esquema de les morfologies de la colada del Croscat a la Zona de la Fageda d'en Jordà. Extret de J.M. Mallarach 1981.

També posteriorment, el mateix autor a la carta geològica de la regió volcànica d'Olot va fer un primer posicionament i interpretació d'algunes morfologies de la colada tals com posició i dimensions d'alguns tòssols, escarpaments de la colada i direccions de flux durant la seva formació.

Aquesta informació es va incloure a la Carta geològica de la zona volcànica d'Olot. A la figura 14 es pot observar aquest mapa a la zona del Croscat i Fageda d'en Jordà.

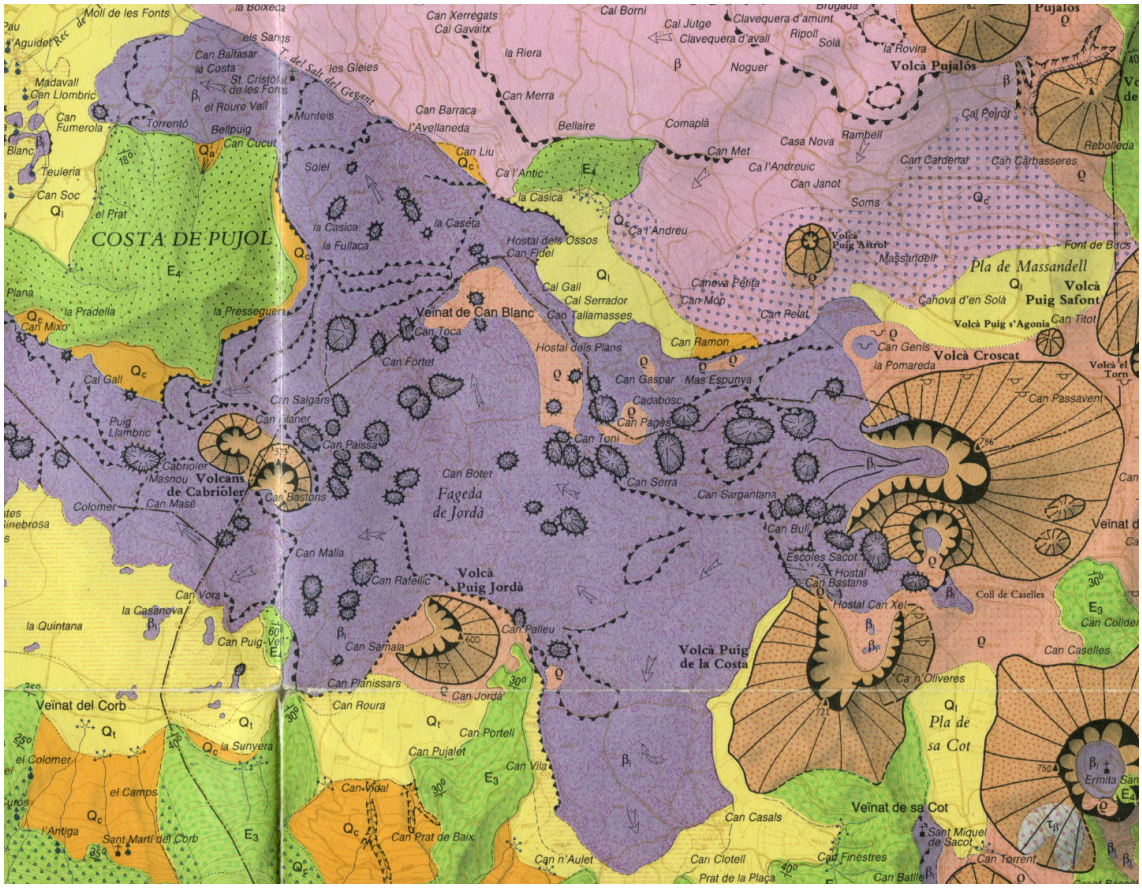


Figura 14: Carta geològica de la zona volcànica d'Olot a la zona del Croscat i la Fageda d'en Jordà. Extret de Carta geològica de la zona volcànica d'Olot, segons J.M. Mallarach.

Pel que fa a estudis geoquímics a la zona de la Garrotxa, des dels primers estudis de Tournon el 1968 s'han succeït una colla d'autors que mica en mica han anat donant més informació petrogràfica i geoquímica de la zona de la Garrotxa. El primer treball que mostra un ampli estudi de mostres referents a l'erupció del volcà Croscat, es el treball de F. Di Traglia et al., 2008 en el que s'exposen els resultats de fins a 15 mostres corresponents a anàlisis de piroclastos del con del mateix volcà.

4. METODOLOGIA

L'estudi que s'ha dut a terme consta d'una primera part (la més important) de treball de camp i una segona part, complementària, de geoquímica bàsica. La metodologia que s'ha utilitzat en cadascuna de les dues parts és la descrita a continuació:

4.1. Camp

En aquesta primera part de camp, s'ha recorregut sistemàticament la colada del Croscat per tal d'estudiar-ne les estructures presents. En aquest estudi de camp s'han posicionat i descrit un total de 90 tòssols. Mitjançant l'ús d'un GPS s'han posicionat de manera exacte sobre una base cartogràfica, i s'ha fet una descripció d'una sèrie de paràmetres que inclouen dimensions, característiques especials, interpretació i observacions varies. A la figura 15 es pot observar la posició de tots els punts estudiats.

4.2. Geoquímica

La segona part del treball ha consistit en un estudi geoquímic complementari de diferents mostres representatives de la colada del Croscat i de piroclastos del con del mateix. El procés metodològic emprat tant per la anàlisis de les mostres de la colada com per la anàlisis dels piroclastos ha estat el mateix. En el segon cas però el treball amb les mostres va ser fet per Federico di Traglia l'any 2007 i es van fer dins el grup de recerca consolidat de Petrologia i Geoquímica Fonamental i Aplicada (PEGEFA). El treball propi pel que fa a aquestes mostres de piroclastos s'ha fet en base els resultats de les anàlisis FRX facilitats pel mateix F. Di Traglia.

El procés metodològic per les mostres de la colada ha estat pas a pas el següent:

- 3.2.1. Mostreig: El mostreig ha consistit en la selecció d'una sèrie de mostres representatives de tota la zona. La recol·lecció d'aquestes mostres s'ha fet de manera extensa per tal de tenir una informació geoquímica representativa d'una major àrea de la colada. Així s'han mostrejat un total de 12 mostres, de la

GM-1 a la GM-4 representatives d'una zona proximal de la colada, de la GM-5 a la GM-9 per una zona intermèdia i la sèrie GM-10.1, .2 i .3 per una zona distal. A la figura 16 es pot observar la distribució de les mostres dins la colada.
La finalitat d'aquest mostreig és:

- veure si la colada és homogènia químicament
- comparar les mostres de lava amb les mostres de piroclastos del Croscat que ja disposem i que estan analitzats.

FIGURA 15: MAPA PUNTS

FIGURA 16: MAPA MOSTRES

- 3.2.2. Molturació de les mostres: Un cop recopilades les mostres i degut a les seves dimensions va caldre un previ serratge per eliminar les superfícies més alterades i disminuir-ne la mida. Seguidament va caldre una trituració manual amb ajuda d'una massa, fins aconseguir fragments de menys d'un centímetre de diàmetres, dels van seleccionar els que no presentaven alteració en les seves cares excloent també fragments amb xenòlits i xenocristalls més grans. Un cop feta la tria es va procedir a molturar la mostra amb un molí d'anells de carbur de wolframi.

- 3.2.3. Preparació de els perles per a FRX: Per a la preparació de les perles es va seguir el protocol establert per els Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona (CCiTUB) que consisteixen en fer una pesada inicial de 0,3g de mostra molturada seca, que juntament amb una dilució de 1/20 de tetraborat de liti s'introdueix dins la perladora juntament amb iodur de liti com a substancia tensioactiva. Un cop introduït tot dins un gresol a la perladora és escalfat per sobre dels 1000ºC fins a una fusió total de tots els seus components, que finalment són abocats sobre una platina de platí que modela la forma final de la perla.

Per a cada mostra aquest procés es repeteix 3 vegades, la primera amb funció de neteja dels recipients, i la segona i tercera com a mostres representatives.

- 3.2.4. Preparació de pastilles per a FRX: La preparació de pastilles es va fer igualment seguint el protocol establert per els CCiTUB de la UB que consisteixen en fer una pesada de 6 g de mostra molturada i seca que es barreja en un morter d'àgata amb Elvacite dissolt amb acetona (solució 20%) com a agent coagulador, fins a aconseguir una substancia homogènia. Un cop obtinguda la barreja es disposa en una càpsula d'alumini amb un llit d'àcid bòric i és compactat a 200kN durant 30 segons.

- 3.2.5. Anàlisis FRX : La determinació dels elements majors i d'alguns traces s'ha fet per FRX amb Espectrofotòmetre seqüencial de raigs X per dispersió de longituds d'ona (WDXRF) AXIOS Advanced dels CCiTUB. La quantificació dels elements amb l'espectrofotòmetre es realitza mitjançant una recta de calibratge feta a partir de 56 mostres geològiques de referència internacional.

- 3.2.6. Pèrdua al Foc: Per tal de determinar el contingut en volàtils estructurals de les mostres, s'han dut a terme les calcinacions. Per això s'han pesat 0,5g de mostra que s'han dipositat dins un gresol de ceràmica a una mufla durant un mínim de 5 hores a 900ºC. Un cop passat aquest temps s'han enretirat de la mufla i s'ha pesat de nou la mostra. Mitjançant la següent fórmula s'ha calculat la pèrdua de pes corresponent a elements volàtils estructurals.

LOI% = [(B-C)/(B-A)] x 100

On - A: gresol

- B: gresol + mostra
- C: gresol + mostra calcinada

A la taula 3 es mostren els resultats de les calcinacions.

	Gresol (g)	**gresol + mostra (g)**	**gresol + mostra calcinada (g)**	**LOI (%)**
GM-1	5,32	5,82	5,82	0,00
GM-2	6,54	7,04	7,04	-0,38
GM-3	6,55	7,05	7,05	-0,36
GM-4	6,56	7,06	7,06	-0,50
GM-5	5,44	5,94	5,94	-0,23
GM-6	5,89	6,39	6,39	-0,24
GM-7	5,93	6,43	6,43	0,26
GM-8	9,73	10,23	10,23	0,52
GM-9	5,72	6,22	6,21	0,64
GM-10	5,66	6,16	6,16	-0,18
GM-11	12,98	13,48	13,48	-0,20
GM-12	13,74	14,24	14,24	0,38

Taula 3: Resultats de les calcinacions expressats en grams

Els valors obtinguts són petits i varien entre – 0,38 el més petit a 0,64 el més gran.

5. RESULTATS

5.1. Resultats de camp

El resultat de la descripció dels més de 90 punts d'estudi (vegeu l'annex) ha permès tenir una informació àmplia de tot el conjunt de la colada pel que fa a estructures generades durant el procés d'expansió d'aquesta. En base a aquesta informació s'ha generat un mapa/esquema amb les dimensions més representatives dels tòssols així com altres aspectes rellevants de la morfologia de la colada.

Pel que fa a les dimensions podem diferenciar entre tòssols de dimensions grans d'entre 30 a algun centenar de metres, d'entre 20-30m i tòssols amb unes dimensions més reduïdes de menys de 10 metres de diàmetre.

Els resultats representats a la figura 17, mostren com els tòssols de majors dimensions es concentren tant a les zones més proximals al Croscat com a les zones més distals malgrat els de majors dimensions es troben a les zones més properes al Croscat. En canvi, els tòssols que assoleixen pocs metres d'alçada (i per tant són de petites dimensions) es troben àmpliament representats en una gran àrea a la part sud-oest de la colada. Aquests presenten característiques estructurals i morfològiques similars; formats per pendents suaus amb presència de més o menys aflorament rocós en forma de blocs dispersos. A més a més, la morfologia principal d'aquests tòssols acostuma a ser majoritàriament concèntrica a base i amb pendents suaus a totes les seves cares.

Per altra banda en els tòssols de majors dimensions la morfologia és més variada i se n'identifiquen dos tipus principals:

- La primera morfologia consisteix d'una base més o menys concèntrica amb pendents pronunciats. Les dimensions pel que fa a alçada són considerables i poden variar d'entre els 10 i 30m majoritàriament. Un altre característica important és la presencia d'escarpaments on apareix la roca neta i on es poden apreciar diferents textures, Aquestes textures majoritàriament apareixen a base com una acumulació de piroclastos soldats entre si

(*spatter)* i a sostre roca massissa de gra molt fi. També pot presentar en algun cas la gran acumulació de blocs en la seva superfície. Alguns dels tòssols més importants que s'adeqüen a aquestes característiques són el GM-4, GM-6, GM-9, GM-10, GM-11, GM-15, GM-17, GM-18, GM-43, GM-44, GM-45.2, GM-45.3, GM-47.1 i GM-74.

- La segona morfologia engloba tots aquells relleus amb una morfologia allargada i amb pendents no tant forts com l'anterior. Les dimensions de la seva alçada també són lleugerament menors a les del primer tipus i varien entre 5 i 20m d'alçada. No obstant les seves menors dimensions, alguns d'ells també presenten escarpaments amb aflorament de roca i igualment poden presentar acumulació de blocs a la seva superfície. Alguns dels més importants són el GM-1, GM-2, GM-7, GM-20, GM-21, GM-83.3 i GM83.4.

Al llarg de la colada apareixen un altre tipus de relleu sense característiques pròpies de tossol, és el cas dels *levees*. La diferència amb un tossol és bàsicament el seu procés de gènesis que en aquest cas es simplement la acumulació de material en una zona i que normalment adopta una morfologia allargada. En serien alguns exemples GM-1, GM-2 i GM-3 a les zones més pròximes i internes de la colada però també GM-20, GM-21 i GM-22 en zones més allunyades i perifèriques.

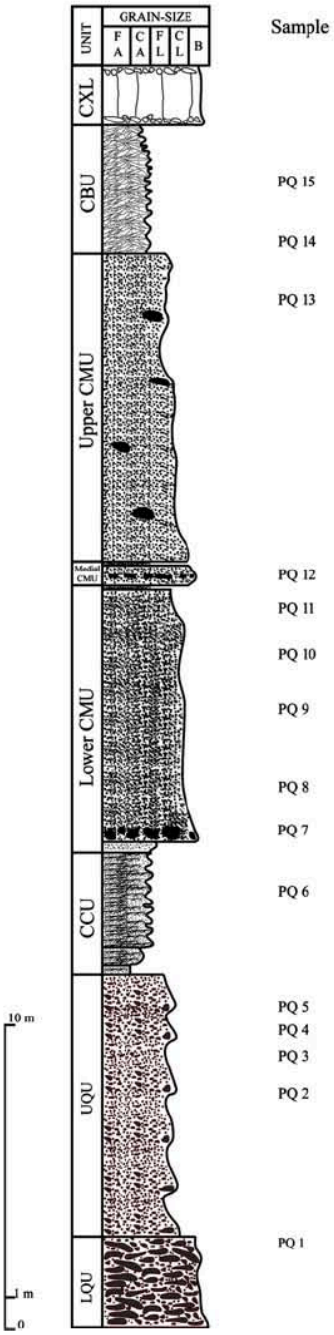
A la figura 17, també s'hi representen les línies de canvi de pendent que fan referència a un canvi brusc de la topografia de la colada (escarpaments de la colada) . De fet s'observa com a la zona de la colada més pròxima al Croscat s'hi defineix una gran línia de canvi de pendent que engloba una gran quantitat de tòssols de grans dimensions. I ja en zones més distals també se'n descriuen algunes més associades a les zones amb major acumulació de tòssols de dimensions més grans.

I finalment a la mateixa figura s'hi representen les principals alineacions de tòssols amb direccions principals E-O.

FIGURA 17: MAPA ESQUEMA

5.2. Resultats de laboratori

En aquest apartat cal fer esment d'una incidència ocorreguda durant el desenvolupament d'aquest treball i que afecta significativament l'estudi geoquímic que inicialment es volia dur a terme. Tot i que les mostres per la anàlisi geoquímic mitjançant FRX es van preparar amb prou temps, una indisposició del personal del Centre Científic i Tecnològic de la Universitat de Barcelona (CCiTUB) encarregat de la tècnica de FRX no ha permès disposar dels resultats de les mostres analitzades en aquest treball.



L'objectiu inicial era amb les dades geoquímiques pròpies de la colada i les dels piroclastos del con del Croscat publicats a Di Traglia et al. (2008), aconseguir comprendre tot l'episodi eruptiu que va experimentar el volcà, des dels seus inicis estrombolians i freatomagmàtics en els quals es va acumular una gran quantitat de piroclastos fins a la fase final més efusiva on es va generar la colada.

Malgrat això i degut a la incidència esmentada el treball s'ha completat amb l'estudi dels únics resultats dels que s'ha pogut disposar a temps. Amb això però s'ha pogut entendre l'evolució a nivell composicional de la primera fase eruptiva i s'ha complert així en part l'objectiu inicial.

A la figura 18 es pot observar la disposició de cada mostra dins la columna estratigràfica i a la taula 4 les característiques de cada un dels nivell estratigràfics dins els quals estan situades les mostres de piroclàstos.

Figura 18: posició de les mostres de piroclastos dins la columna estratigràfica del con del Croscat. Di Traglia et al. (2008).

Eruptive unit	Bedding	Texture and grading	Clast size	Clast shape	Clast vesicularity	Welding	Lithics/xenoliths
Cone-forming deposits							
Lower Quesito Unit	Mainly lenticular. Crudely stratified	Massive to reverse grading	Bomb, with minor lapilli	Aerodynamic and fluidal shape, wrapping around underlying clasts	Moderate to low vesicularity.	Partially welded over much of deposit extent	Rare sanidine xenocrysts
Upper Quesito Unit	Mainly lenticular. Stratified, 20 cm-thick beds	Multiple reverse grading	Bomb to lapilli	Aerodynamic shape of bomb clasts, irregular shape of lapilli clasts	Moderate vesicularity	Local moderate welding	Rare Eocene calcarenitic xenoliths
Can Caselles Unit	Cross-bedded, 1 to 10 cm-thick beds	Each bed is normal graded	Fine to coarse ash	Blocky to high-stretched clasts	Moderate to high vesicularity	Nonwelded	Abundant sandstones, marls and calcarenitics. Lava lithics are also present
Lower Can Martinya Unit	Planar, locally lenticular	Reverse to normal graded	Lapilli, with bomb lenses	Irregular to high-stretched clasts.	Moderate to high vesicularity. Dense bombs are also present	Nonwelded	High-silica glass-bearing xenoliths (buchites)
Medial Can Martinya Unit	Planar, locally lenticular	Reverse to normal graded	Lapilli, with bomb lenses	Irregular to high-stretched clasts. Rarely platy-shaped lapilli clasts	Moderate to high vesicularity. Dense bombs are also present	Nonwelded	High-silica glass-bearing xenoliths (buchites)
Upper Can Martinya Unit	Planar, locally lenticular	Reverse to normal graded	Lapilli, with bomb lenses	Irregular to high-stretched clasts.	Moderate to high vesicularity. Dense bombs are also present	Nonwelded	High-silica glass-bearing xenoliths (buchites)
Can Barraca Unit	Cross-bedded, 1 to 10 cm-thick beds	Each bed is normal graded	Fine to coarse ash	Blocky to high-stretched clasts	Moderate to high vesicularity	Nonwelded	Lava lithics
Tephra blanket deposits							
Lower Quesito Unit							
Upper Quesito Unit							
Can Caselles Unit	Cross-bedded to planar-bedded, 1 to 10 mm-thick beds	Each bed is normal graded	Fine ash	Blocky to high-stretched clasts	Moderate to high vesicularity	Nonwelded	Abundant sandstones, marls and calcarenitics. Lava lithics are also present
Lower Can Martinya Unit	Planar	Reverse to normal graded	Lapilli to coarse ash	Irregular to high-stretched clasts.	Moderate to high vesicularity. Dense bombs are also present	Nonwelded	High-silica glass-bearing xenoliths (buchites)
Medial Can Martinya Unit	Planar	Reverse to normal graded	Lapilli to coarse ash	Irregular to high-stretched clasts. Rarely platy-shaped coarse ash clasts	Moderate to high vesicularity. Dense bombs are also present	Nonwelded	High-silica glass-bearing xenoliths (buchites)
Upper Can Martinya Unit	Planar	Reverse to normal graded	Lapilli to coarse ash	Irregular to high-stretched clasts.	Moderate to high vesicularity. Dense bombs are also present	Nonwelded	High-silica glass-bearing xenoliths (buchites)
Can Barraca Unit	Cross-bedded to planar-bedded, 1 to 5 cm-thick beds	Each bed is normal graded	Fine to coarse ash	Blocky to high-stretched clasts	Moderate to high vesicularity	Nonwelded	Lava lithics

Taula 4: característiques de cada un dels nivells estratigràfics on estan situades les mostres. Di Traglia et al. (2008).

En aquesta taula s'observa que en el treball previ Di Traglia et al., (2008) es citen fins a 7 unitats amb diferents característiques. La primera i més basal (LQU) concentrada bàsicament a la zona pròxima al con i formada per fragments de mida bomba majoritàriament i algun lapil.li. La segona unitat UQU també d'abast reduït i formada per fragments de mida bomba i lapil.li. I les següents CCU, L-CMU, M-CMU, U-CMU i CBU ja amb un abast major formada per cendres.

A la taula 5 es mostren els resultats geoquímics tant pel què fa a elements majoritaris (normalitzats al 100%) com traces. A més a més s'adjunta la norma CIPW.

TAULA 5

La classificació de les mostres s'ha realitzat mitjançant el diagrama diagrama TAS (*Total Alkali Silica*) de Le Bas et al. (1986) per a la classificació de roques volcàniques (figura 19). En aquest diagrama s'observa com, si bé les mostres són bastant homogènies, hi ha una petita variació composicional. Malgrat aquesta petita variació totes les roques es representen en el camp de la sèrie alcalina.

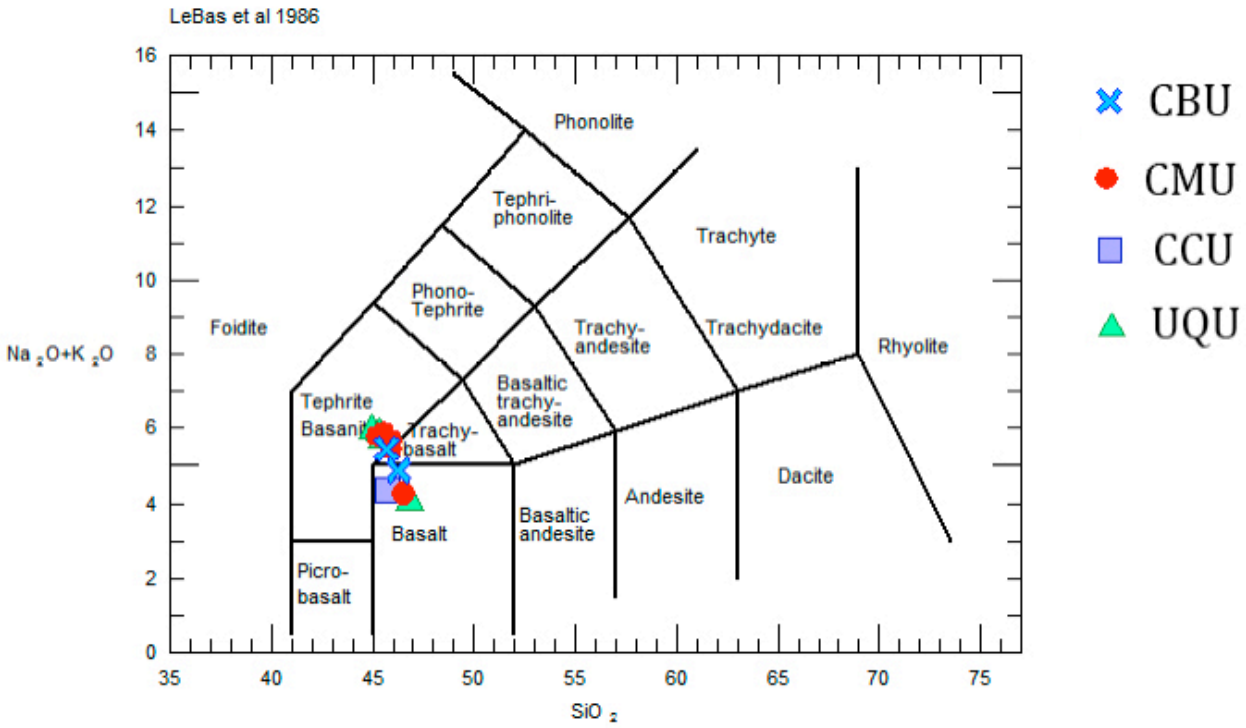


Figura 19: Diagrama TAS per la classificació de roques volcàniques (Le Bas et al., 1986)

Tenint en compte que la representació gràfica de les roques en el diagrama TAS, en alguns casos pot deixar en dubte la classificació (el nom) de la mostra en concret, a la taula 6, s'hi especifiquen els noms. Per tal de realitzar aquesta classificació s'ha tingut en compte el recàlcul previ de les concentracions en base anhidre, així com una correcta distribució entre Fe_2O_3 i FeO segons Middlemost (1989).

MOSTRA	Nom roca
PQ2	Tefrita o basanita
PQ3	Tefrita o basanita
PQ4	Tefrita o basanita
PQ5	Basalt
PQ6	Basalt
PQ7	Basalt
PQ8	Tefrita o basanita
PQ9	Tefrita o basanita
PQ10	Traquibasalt
PQ11	Tefrita o basanita
PQ12	Tefrita o basanita
PQ13	Tefrita o basanita
PQ14	Basalt
PQ15	Tefrita o basanita

Taula 6: Nom de les roques corresponents a les mostres segons la seva composició.

Per diferenciar les mostres que es troben dins el camp de tefrita – basanita cal fixar-nos en el percentatge d'olivina normativa que es presenta a la taula 5 per cadascuna de les mostres. En totes les mostres la concentració en olivina normativa és superior a 10%, i per tant totes les mostres es classifiquen com a basanites.

Per tal de veure petites variacions composicionals s'utilitzen els anomenats diagrames Harker, que són diagrames binaris entre SiO_2 i la resta d'òxids (figura 20), i altres diagrames de variació entre SiO_2 i elements traça (figura 20). Pel que fa a diagrames Harker, podem observar tres tipus de comportaments diferents.

- El primer comportament presenta una tendència a disminuir la concentració en òxid a mesura que el SiO_2 augmenta. Aquesta tendència s'observa clarament en el CaO i el Na_2O així com en el K_2O (però en menor mesura).

- El segon comportament és aquell en el que la concentració de l'òxid en qüestió mostra una tendència estable a mesura que el magma s'enriqueix en sílice i per tant va cristal·litzant. En seria el cas l' Al_2O_3, P_2O_5, FeO_t, TiO_2 i MgO pel que fa a elements majors.

- El tercer comportament el mostren els elements traça representats a la figura 21, en el que principalment s'observa una dispersió de punts. És cert però que en alguns casos com Zr part de les mostres semblen presentar una tendència positiva, i altres elements com Rb o Cu mostren una tendència negativa.

La figura 20 mostra la tendència evolutiva dels elements majoritaris a mesura que el magma experimenta la diferenciació.

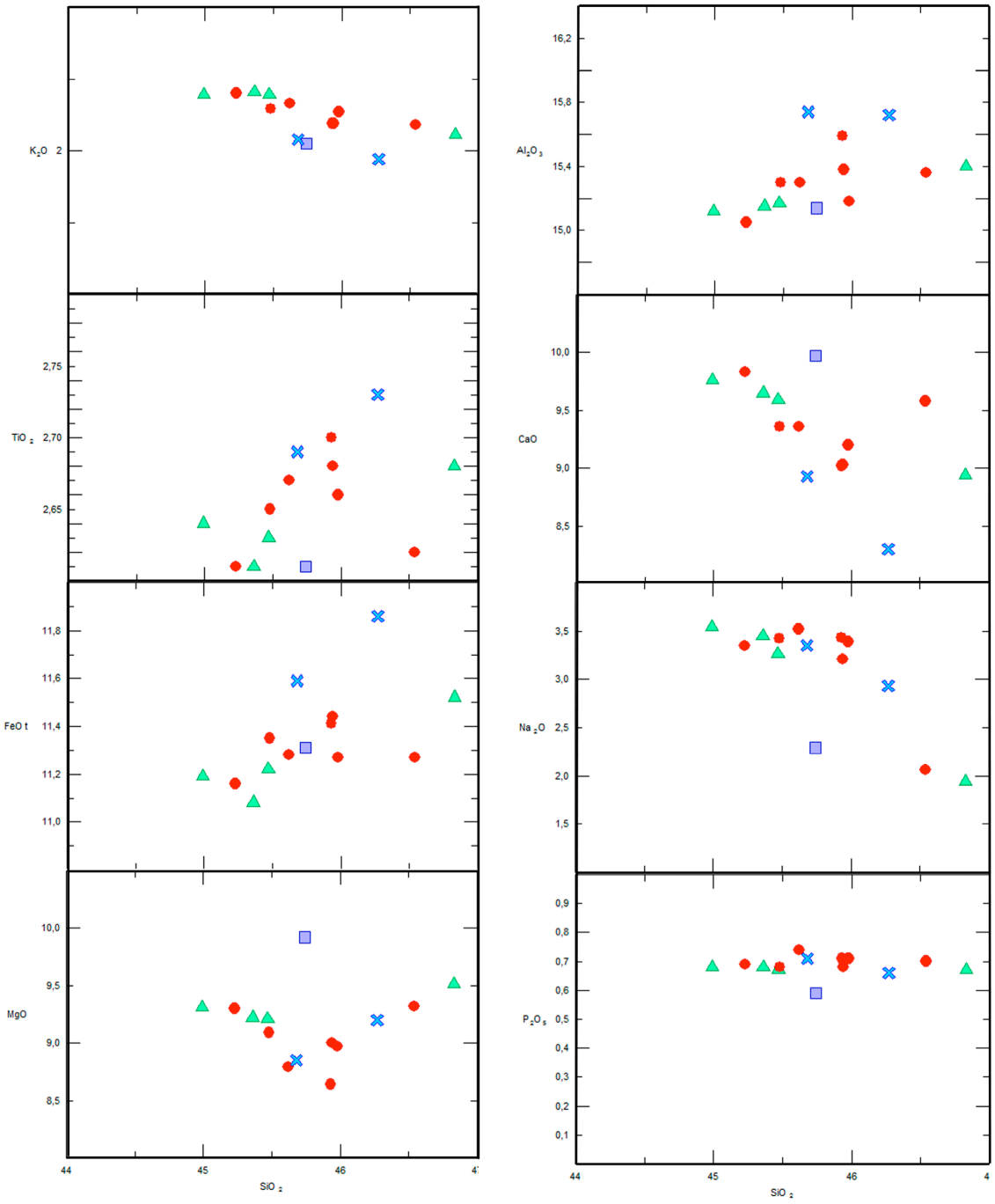


Figura 20: Diagrama *Harker*. Concentració d'elements majors envers sílice. El símbols es corresponen a la llegenda del diagrama TAS Els òxids es presenten en forma de tant per cent en pes (wt%)

A la figura 21 s'hi representa la composició d'elements traça envers la sílice.

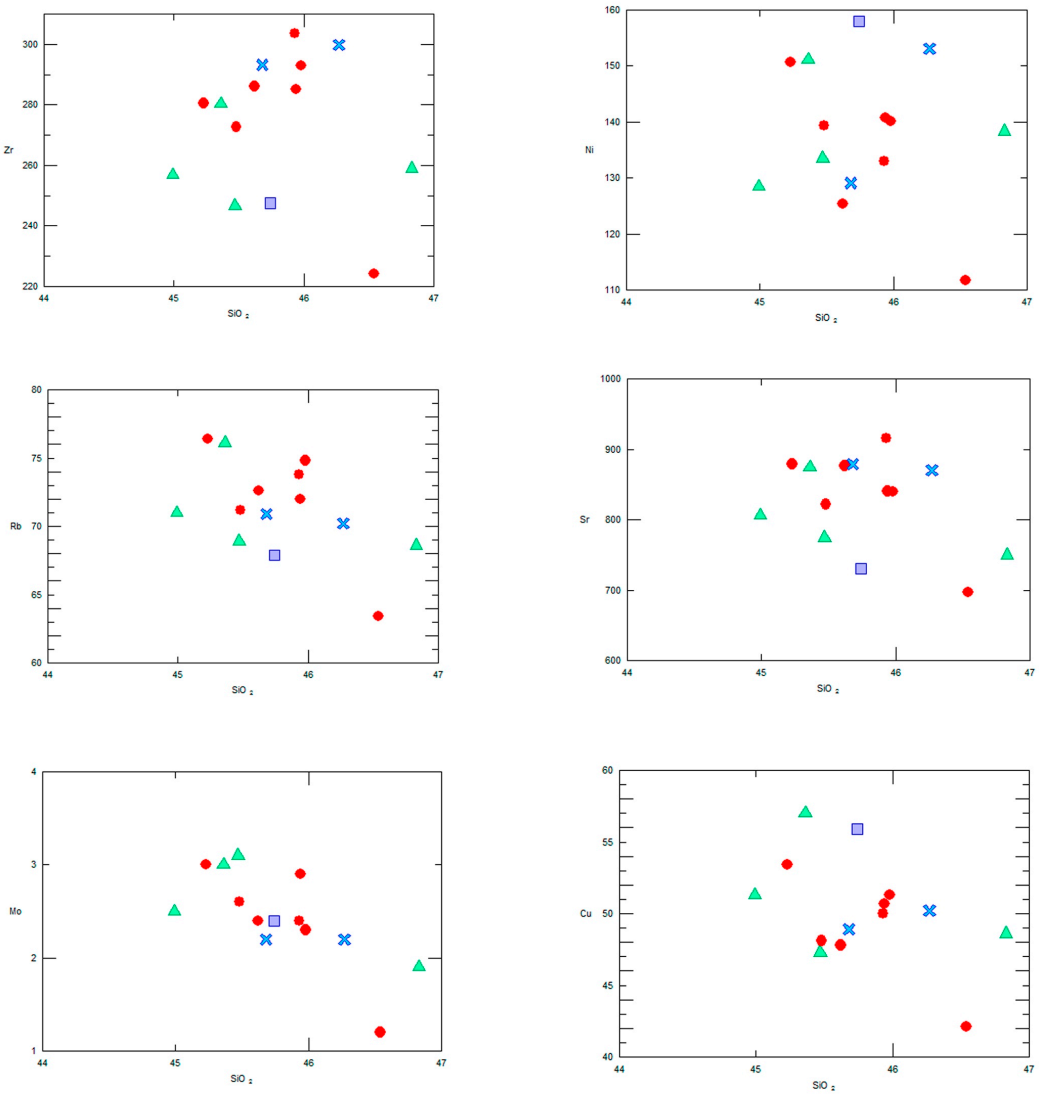


Figura 21: concentració d'elements traça contra sílice. Cal dir que SiO_2 es presenta en forma de tant per cent en pes (wt%) i que tots els elements traça estan en forma de ppm

6. DISCUSSIÓ

6.1. Interpretacions de camp

La lectura de la figura 17 juntament amb la informació adquirida en el treball de camp permet fer una interpretació de la gènesis dels tòssols així com de la colada i alguns dels processos que podrien haver afectat a la formació d'aquests.

Com ja s'ha comentat a la introducció d'aquest treball i en els objectius del mateix, l'estudi dels tòssols és interessant ja que proporciona informació sobre la durada de l'erupció volcànica (Mattsson & Hoskuldsson, 2005) així com de la quantitat de magma extruït pel volcà, la composició d'aquest i les morfologies prèvies del terreny (Kilburn, 2000).

També per altra banda s'ha partit de la idea de que tractant-se d'una colada tipus Aa la tipologia de tòssols que caldria observar seria la ja descrita per Duncan et al. (2004) en un estudi a la colada de lava corresponent a l'erupció del volcà Etna el 1983.

Tenint en compte aquestes premisses s'ha fet la següent interpretació:

Els primers relleus que apareixen incloent GM-1, GM-2 i GM-3 corresponen a apilaments de piroclastos acumulats pel flux de la colada en erosionar el con d'escòries del volcà. Aquests relleus per tant no corresponen a tòssols sinó que es tracta de levées.

Ja en els inicis de la colada i observant la distribució de les diferents tipologies de tòssols, es pot veure que a una part més pròxima al cràter i delimitada per un canvi brusc de pendent hi ha un conjunt de tòssols (de GM-4 a GM-11) de grans dimensionis de morfologies variades.

S'interpreta que degut a la seva proximitat al con, aquests tòssols van rebre una gran aportació de material que els va permetre assolir aquestes dimensions. Tipològicament és interessant observar tòssols focals on l'aportació de lava va ser molt elevada, com és el cas de GM-6, GM-9, GM-10 i GM-11. La presència d'escarpaments juntament amb l'estudi de les textures litològiques que hi consten

constata que durant el procés de formació d'aquests tòssols la lava fosa sota l'escorça sòlida va exercir una pressió suficient per a extruir i emanar un flux de lava per sobre la superfície d'aquest que va generar nous tòssols de tipus *satellite* . En seria un cas molt clar el tòssol focal GM-6 derivant a tòssol *satellite*, GM-7.

A la figura 22 es mostra un con situat a la part alta del tossol GM-6. La cara N d'aquest con situada a l'esquerra de la figura segueix amb un pendent fins la part més alta del tossol. Per altre banda la cara sud situada a la part dreta queda delimitada per un petit escarpament de poc menys d'un metre (figura 23) on el contacte entre roques de diferents textures, *spatter* i roca massissa evidencia una primera fase de creixement del tossol amb acumulació de material disgregat i una segona fase on es va produir l'extrusió que va formar aquest nivell més massís.

Figura 22: Con situat a la vessant sud de GM-6. La línia negra mostra la situació del con i l'abast de l'escarpament a la zona sud. Recull propi.

Figura 23: Petit escarpament situat a la part sud d'aquest con. S'observen una textura tipus *spatter* al peu de l'escarpament i una cap amb una textura més compacta i massissa a la part alta. Recull propi.

En altres tòssols focals com GM-9, GM-10 i GM-11 on les evidencies d'extrusió làvica no són tan clares, la conseqüent derivació d'un tòssol *satellite* no apareix tampoc de manera nítida.

Les grans dimensions d'aquests relleus tant de base com topogràficament indica que l'aportació de lava en aquest punt va ser molt gran i que la presència en aigua en subsòl o superfície també va ser elevada per exercir tal pressió sota la colada.

Sortint ja d'aquesta zona delimitada per aquest canvi de relleu, i dirigint-nos ja a una zona més intermèdia de la colada el terreny passa a tenir una topografia menys accidentada. En aquesta zona els tòssols presenten unes dimensions i unes característiques morfològiques diferents a les esmentades. Tota aquesta zona, representada a la figura 17 com a àrea d'intumescències tumulàries de petites dimensions, es caracteritza en general per la presència més o menys contínua de petits relleus que mostren una gran quantitat de blocs de dimensions majoritàriament decimètriques. S'interpreta que en el procés de formació d'aquests, la quantitat d'aigua present no va ser molt gran, cosa que juntament

amb la llunyania a l'origen i la menor aportació de lava no va permetre el desenvolupament de tòssols de grans dimensions. A la figura 24 s'observa una zona amb relleu suau amb aquestes petites intumescències de petites dimensions.

Figura 24: Zona amb tossol de petites dimensions situada al mig de la fageda. Recull propi.

No obstant les limitacions per a generar grans tòssols a la zona central-oest d'aquesta àrea, és cert que s'hi han descrit alguns tòssols de dimensions grans, alguns d'ells amb estructures molt interessants per a comprendre el seu procés de creixement. Tota la sèrie GM-45 i GM-47 en són un exemple. En el cas de GM-45 les estructures generades són realment significatives: GM-45.2 mostra un escarpament de fins a més de 4 metres amb una seqüència desordenada de nivells de *spatter* i roca massissa, i a pocs metres d'aquest, GM-45.3 presenta un petit con amb un cràter definit en el seu interior. A la figura 25 s'observen les dimensions de l'escarpament en GM-45.2 i el contacte entre materials de diferents textures en el mateix escarpament.

Figura 25: Escarpament a GM-45.2 i en el mateix contacte entre un material *spatter* a base i roca massissa a sostre. Recull propi.

La seqüència que s'observa en aquest escarpament evidencien en aquest cas que es va produir extrusió i que un material més fluid va fluir per sobre aquest material previ més disgregat.

La figura 26 mostra la morfologia allargada del tossol GM-45.2 la qual cosa fa pensar en que el creixement i extrusió d'aquest tossol es va produir seguint una tendència lineal com a conseqüència de la presència d'un dipòsit d'aigua amb la mateixa disposició.

Figura 26: Morfologia allargada de GM-45.2. Recull propi.

A la figura 27 s'observa GM-45.3 a pocs metres de GM-45.2. Es pot apreciar la presencia del con amb escarpaments que en conformen les parets a la part més alta del tossol.

Figura 27: Estructura en forma de con a la part alta de GM-45.3. Recull propi.

Per altra banda, la sèrie GM-47 malgrat no presentar més estructures en el seu edifici que algun petit ressalt rocós, deu la seva importància a les seves dimensions dins el context en que es troba. El motiu per el qual trobem aquests tòssols en aquesta posició cal anar-lo a buscar en que es localitzen en una zona on el flux de la colada es va veure aturat per la presencia del volcà Puig Jordà. La tipologia d'aquests tòssols, que es defineix com a tòssols focals, es deu gràcies a la paleotopografia del terreny i a una major aportació de lava. Tot i que es defineixen tendències lineals en alguns d'ells, com és el cas de GM-45.2, aquests tòssols focals no van derivat en tòssols *satellite*.

A la zona sud-est de l'àrea d'estudi apareixen un conjunt de tòssols de morfologia més o menys allargada que delimiten topogràficament el canvi entre la colada i el material limítrof. Aquests relleus corresponen a levées generats durant el flux de la pròpia colada en entrar en contacte amb aquest material encaixant. Un aspecte interessant en un d'aquests relleus, GM-20, és la presència de disjunció columnar en un dels seus escarpaments i la gran acumulació de fragments de roca de grans dimensions al peu del mateix i de tot el relleu. Aquest fet corrobora que la colada de lava fluida a alta temperatura va entrar en contacte amb un material fred que limitava la colada i va facilitat la gènesis d'aquestes estructures. A la figura 28 s'observa la morfologia allargada d'aquest levée, GM-20 i a la figura 29 la disjunció columnar al mateix GM-20.

Figura 28: morfologia allargada de GM-20. *Levee* en el contacte amb el material encaixant situat a la dreta de la figura. A la foto s'observa la morfologia allargada amb un llom i dos vessant un a cada costat d'aquest. Recull propi.

Figura 29: Disjunció columnar a GM-20 com a conseqüència del contacte de la colada amb una superfície freda encaixant. Recull propi.

A la part més distal de la colada, la limitació topogràfica entre ambdós vessants dels relleus encaixants va condicionar el seu avançament. Aquest fet, va facilitar la formació de tòssols de majors dimensions. Observant la figura 17 els darrers relleus es troben a la zona oest del final de la colada, això és degut a que la barrera topogràfica contra la que va topar és major que en la zona est. Morfològicament aquest conjunt de tòssols que va de GM-63 a GM-81 i de GM-84 a GM-91 tenen unes característiques similars, la majoria d'ells presenten dimensions significatives d'entre 10m de diàmetre i alguns metres d'alçada fins a 50m de diàmetre i 20m d'alçada. Cap d'ells mostra grans ressalts ni accidents en els seus pendents cosa que fa pensar que la pressió interior durant la seva formació no va ser prou gran per a trencar l'escorça sòlida i extruir.

A la figura 30 es pot observar la suavitat dels pendents en GM-94 sense presència d'escarpaments.

Figura 30: GM-94 a una zona mitja-distal de la colada. Recull propi.

La distribució de la tipologia de tòssols dins la colada aporta una gran informació sobre la quantitat de flux de material que arribava als diferents punts i l'evolució que va seguir el flux, però també sobre la presència d'antics jaciments d'aigua. A la figura 31 s'observa com a les zones més proximals on l'aportació de lava era major,

el creixement dels tòssols també era més gran i fins i tot arribaven a extruir i generar nous tòssols amb més facilitat, com és el cas de GM-6 i GM-7. A la part més central de la colada en canvi, el volum de material quedava més repartit per la superfície degut a la seva major expansió i el creixement dels tòssols era menor en dimensions però no en quantitat. A les parts més distals el creixement d'aquests relleus es va veure afavorit per l'encaixonament de la colada.

Les alineacions de tòssols observades a la figura 17, principalment de Est a Oest, també ens aporten informació sobre l'evolució que va tenir la colada. Cada una d'elles va suposar un moment de frenada de la colada degut a factors com la interacció amb un jaciment d'aigua i creixement de tòssols, o simplement degut al paleorelleu.

Fent un cop d'ull general a la morfologia de la colada també podem observar la presència de canvis topogràfics importants en algunes zones. En aquest cas els tòssols hi tenen un paper prou important ja que el seu creixement va actuar com a obstacle de la colada que es va veure retinguda i conseqüentment el seu gruix augmentat. Aquesta deducció és possible pel fet que molts d'aquests canvis de pendent els trobem a la perifèria d'agrupacions de tòssols de grans dimensions. En són exemples clars el primer escarpament que trobem a la colada, a la perifèria del grup de tòssols compresos entre GM-4 i GM-11, i també els varis escarpament que trobem a la zona més distal limitant els tòssols entre GM-63 i GM-80.

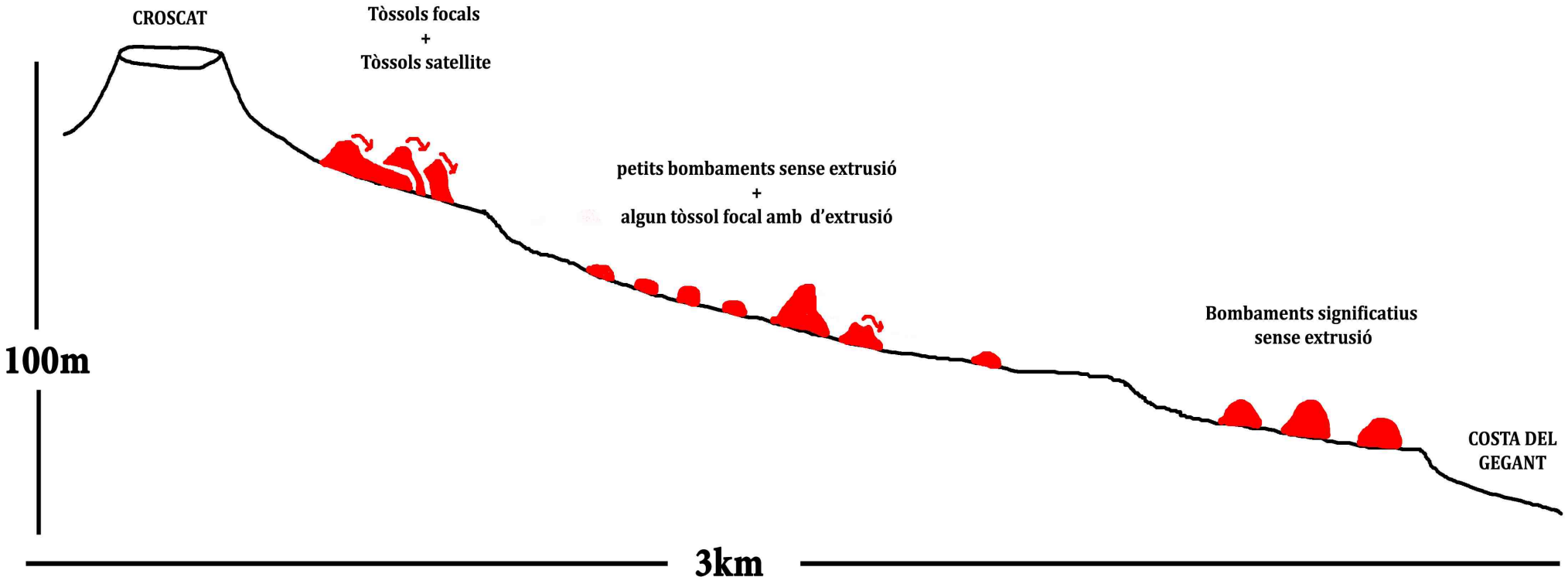


Figura 31: esquema de la distribució de les diferents tipologies de tòssols al llarg de la colada.

6.2. Interpretació de la geoquímica

La composició de totes les mostres és clarament bàsica, quasi totes elles basanites. Això es degut a que es tracta de magmes provinents del mantell producte de la fusió de peridotites. Cal dir també que l'ascensió fins a la superfície d'aquest magma va ser ràpida cosa que no va facilitar la diferenciació del mateix. Observant el diagrama TAS (figura 19) per a elements majoritaris i els diagrames *Harker* és evident que les mostres són molt homogènies. Únicament s'observen petits canvis composicionals que obeeixen a processos de cristal·lització fraccionada. Així per exemple, la disminució de CaO a mesura que el magma s'enriqueix en SiO_2 es pot explicar per la cristal·lització i separació del líquid de clinopiroxens i plagiòclasis.
Aquesta variació composicional però, no mostra una tendència al llarg de la seqüència estratigràfica i les composicions es disposen de manera alternada al llarg de la sèrie.

Newman et al. (1999) va proposar el fet de l'existència de cambres magmàtiques a la zona de la Garrotxa que no van arribar a extruir material a la superfície, i per tant el que les mostres presentin aquesta variació composicional fa pensar en que aquest magma va estar emmagatzemat en petits reservoris on es va donar el procés de cristal·lització fraccionada. Tot i així, caldria un estudi de geoquímica més detallat per tal de definir els processos magmàtics que afectaren els magmes del Croscat durant el seu ascens cap a la superfície.

7. CONCLUSIONS

La proposta d'un nou model d'estudi per a la interpretació evolutiva de la colada del Croscat ha donat un nou enfocament a l'estudi d'aquesta zona aportant nova informació sobre els processos de formació del relleu actual a la zona de la Fageda d'en Jordà.

En el treball de camp, tota la informació recollida "*in situ*" sobre aspectes de la morfologia de la colada ha permès conèixer i comprendre nous aspectes de la colada desconeguts o ignorats fins ara.

Per una banda la descripció sistemàtica dels més de 90 punts pressuposats com a tòssols ha aportat la seguent informació:

- La identificació tipològica i posicionament dels tòssols dins la colada ha permès deduir aspectes sobre la direcció i força de la colada en moviment. Així dins el mapa representat a la figura 17 s'ha esquematitzat el sistema de flux que va experimentar la colada durant la seva expansió sobre la zona de la Fageda d'en Jordà.

- Per altre banda i degut al seu mecanisme de formació, la presència actual de tòssols ha permès posicionar jaciments d' aigua previs a l'erupció del volcà. Així hem pogut corroborar que la presència d'aigua prèvia a l'erupció a la zona on actualment trobem la Fageda d'en Jordà era existent, i que probablement era més abundant a les zones on avui dia trobem tòssols de majors dimensions.

- I finalment les estructures més generals de la colada i en algun cas més puntuals, han aportat nova informació sobre la morfologia del paleorelleu que va modelar l'estructura de la colada.

En vista d'aquesta nova informació podem afirmar que mitjançant l' estudi dels tòssols i altres morfologies, és possible fer una interpretació de factors importants que van afectar a la gènesis morfològica de la colada així com del seu comportament.

Pel que fa a l'estudi geoquímic, malgrat la falta de resultats per les mostres de la colada degut a la incidència ocorreguda, el treball amb els resultats de Di Traglia et al., (2009) ha demostrat que una petita diferenciació magmàtica va existir en els magmes que van originar l'erupció del volcà Croscat i en base a informació de treballs prèvis, Newman et al. (1999), aquesta diferenciació sembla haver-se produït principalment per processos de cristal·lització fraccionada.

De cara a un futur immediat per tant, queda pendent el treball amb les mostres de la colada que permetran comprendre millor tot l'episodi eruptiu del volcà Croscat.

També a la llum dels resultats obtinguts així com de la interpretació feta, queda evidenciada la necessitat de nous estudis per a donar més dades i poder comprendre així millor quins mecanismes van actuar tant en subsòl durant la formació dels magmes com en superfície en la formació i evolució de les colades a la zona de la Garrotxa.

AGRAÏMENTS

Vull fer especial agraïment als membres del departament per tot el consell i ajuda proporcionada durant tot el transcurs del treball: Meritxell Aulines, Guillem Gisbert i Domingo Gimeno. També al personal del Servei Científico Tecnològic de la UB per la instrucció en tècniques de preparació i anàlisis de FRX i calcinacions. Finalment agrair al meu pare l'ajuda en les fotografies com a fotògraf professional.

8. BIBLIOGRAFIA

A.M. Duncan, J.E. Guest, E.R. Stofan, S.W. Anderson, H. Pinkerton, S. Calvari 2004*., Development of tumuli in the medial portion of the 1983 aa flow-field, Mount Etna, Sicily. J. Volcan. Geoth. Res. 132(2-3), 173-187.*

Araña, V., Aparicio, A.,Martín, C., García, L., Ortiz, R., Vaquer, R., Berberi, F., Ferrara, G., Albert, J., Gassiot, X., 1983. *El volcanismo neógeno-cuaternario de Cataluña: Caracteres estructurales, petrológicos y geodinámicos. Acta Geol. Hisp. T.18 (1), 1–17.*

S. Calvari, L. Spampinato, L. Lodato, A. J. L. Harris, M. R. Patrick, J. Dehn, M. R. Burton, D. Andronico., 2005**.** *Chronology and complex volcanic processes during the 2002–2003 flank eruption at Stromboli volcano (Italy) reconstructed from direct observations and surveys with a handheld thermal camera. J. Geophys. Res. 110, B02201, 23 pp.*

Cebriá, J.M., López-Riuz, J., Doblas, M., Oyarzun, R., Hetogen, J., Benito, R., 2000. *Geochemestry of the Quaternary alkali basalts of Garrotxa (NE Volcanic Province, Spain): a case of double enrichment of the mantle lithosphere. J. Volcanol. Geotherm. Res. 102, 217–235.*

Diaz, N., Gimeno, D., Losantos, M., Segua, C., 1996. *Las traquitas de Arenys d'Empordà (Alt Empordà, NE de la Península Ibérica): características generales. Geogaceta 20 (3), 572–575.*

Duraiswami R A, Bondre N R, Dole G, Phadnis V M and Kale V S (2001)*. Tumuli and associated features from the western Deccan Volcanic Province, India. Bull. Volcanol. 63 435–44*

F. Di Traglia, C. Cimarelli, D. de Rita, D. Gimeno Torrente., 2009. *Changing eruptive styles in basaltic explosive volcanism: Examples from Croscat complex scoria cone, Garrotxa Volcanic Field (NE Iberian Peninsula). J. Volcan. Geoth. Res. 180, 89-109*

Gimeno, D., 1995. *Las rocas de textura traquítica de Vilacolum (Girona). Una corrección del Catálogo de la colección de rocas grandes-bloques, del Museo del Parque de Barcelona basada en la revisión de la paragénesis mineral y la geoquímica. Treb. Mus. Geol. Barc. 4, 211–223.*

G. Gisbert., D. Gimeno., J. L. Fernandez-Turiel., (2009). *Eruptive mechanisms of the Puig De La Garrinada volcano (Olot, Garrotxa volcanic field, Northeastern Spain): A methodological study based on proximal pyroclastic deposits. Source*: *JOURNAL OF VOLCANOLOGY AND GEOTHERMAL RESEARCH Volume: 180 Issue: 2-4 Pages: 259-276*

Gisbert Pinto, G*. Estudi petrològic i geoquímic del vulcanisme recent de la Garrotxa. Treball de Màster (UB). 33pp*

Guérin, G., Behamoun, G., Mallarach, J.M., 1985*. Un exemple de fusió parcial en medi continental. El vulcanisme quaternari de la Garrotxa. Museu Comarcal de la Garrotxa, Vitrina, pp. 19–26. no 1.*

J.M. Mallarach., *Carta geológica de la zona volcánica d'Olot.*

J.M. Mallarach i Carrera i M. Riera, 1981., *Els volcans olotins i el seu paitsage. Iniciacció a la seva coneixença, segons nou itineraris pedagògios*.

Kilburn C.R.J. 2000**.,** *Lava flows and flow fields. Encyclopedia of Volcanoes. Editor: Haraldur Sigurdsson. Editorial: Academic Press pp. 291-306*

Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B. (1986) *A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. Journal of Petrology, 27: 745-750.*

Llobera Sanchez, P., 1983. *Petrologia de los enclaves del volcan Roca Negra. Acta Geol. Hisp. 18, 19–25.*

López Ruiz, J., Rodriguez Badiola, E., 1985. *La regiòn volcánica Mio-Pleistocénica del N.E. de España. Estud. Geol. 41, 105–126.*

Martí, J., Mitjavila, J., Roca, E., Aparicio, A., 1992. *Cenozoic magmatism of the Valencia trough (Western Mediterranean): relationship between structural evolution and volcanism. Tectonophysics 203, 145–165.*

Martí, J., Pujadas, A., Ferrés, D., Planagumà, Ll. Mallarach, J.M., 2000. *El vulcanisme. Guía de camp de la Zona Volcànica de la Garrotxa, Guies del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, Barcelona, 106 pp.*

Martí i Mallarach, 1987**.,** *Erupciones hidromagmáticas en el volcanismo cuaternario de Olot (Girona). Est. Geol., 43, 31-40.*

Mattsson & Höskuldsson 2005*., Eruption reconstruction, formation of flow-lobe tumuli and eruption duration in the 5900 BP Helgafell lava field (Heimaey), south Iceland. J. Volcan. Geoth. Res. 147 (1-2), 157-172.*

Middlemost, E.A.K., 1989. *Iron oxidation ratios, norms and the classification of volcanic rocks. Chemical Geology, 77(1), 19-26*

Neumann, E.-R., Martí, J., Mitjavila, J.,Wulff-Pedersen, E., 1999. *Origin and implication of mafic xenoliths associated with Cenozoic extension-related volcanism in the Valéncia trough, NE Spain. Mineral. Petrol. 65, 113–139.*

Peccerillo & S.R. Taylor 1976, *Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. Contrib. Mineral. Petrol., 58: 63-81.*

Rossi & Gudmundsson, 1996., *The morphology and formation of flow-lobe tumuli on Icelandic shield volcanoes. J Volcanol. Geotherm. Res. 72:291-308*

Walker & Brown, 1991*. Is the southeast Coast Plutonic Complex the consequence of accretion of the Insular superterrane? Evidence from U-Pb zircon geochronometry in the northern Washington Cascades. Geology, 19 (7), 714-717.*

Walker 1993*. Basaltic-volcano system. Geological Society, London, Special Publications 1993, v. 76, p. 3-38*

Wilmoth & Walker, 1993., *P-type and S-type pahoehoe: a study of vesicle distribution patterns in Hawaiian lava flows. J Volcanol. Geotherm. Res. 55 (1-2):129-142.*

9. ANNEX

G1	**Ubicació:**	0461 165 X – 4667 232 Y
	Dimensions:	difícil determinar alçada respecte sostre de la colada ja que és difícil determinar el sostre del tòssol, és molt allargat. 100 × 20m
	Característiques específiques:	Morfologia allargada , els materials del terra són majoritàriament piroclastos de mides entre lapil.li i bomba de coloració més rogenca.
	Interpretació:	*Levee* generat durant la circulació de la colada
	Observacions:	cobert per vegetació
G2	**Ubicació:**	0461 009 X – 4667 173 Y
	Dimensions:	30 × 30m × 10m alçada
	Característiques específiques:	Els materials del terra són majoritàriament piroclastos de mides entre lapil.li i bomba. Els pendents són molt suaus.
	Interpretació:	*Levee* generat durant la circulació de la colada
	Observacions:	cobert per vegetació
G3	**Ubicació:**	0461 105 X – 4667 081 Y
	Dimensions:	20 × 30m × 5m d'alçada
	Característiques específiques:	Els materials del terra són majoritàriament piroclastos de mides entre lapil.li i bomba.
	Interpretació:	*Levee* generat durant la circulació de la colada
	Observacions:	cobert per vegetació
G4	**Ubicació:**	0460 983 X – 4667 148 Y
	Dimensions:	50 × 50m × 20 d'alçada
	Característiques específiques:	Pendents més forts a la cara est
	Interpretació:	*Levee* de grans dimensions
	Observacions:	Cobert per la vegetació i fullaraca
G5	**Ubicació:**	0461 009 X – 4666 966 Y
	Dimensions:	20 × 20m × 10m alçada

	Característiques específiques:	Afloramento rocós a la part alta que forma un escarpament d'uns 2m, i a base d'aquest un dipòsit més disgregat format per piroclastos de mida petita. A la part Oest hi ha una superfície plana de la colada amb una disposició inclinada, amb orientació 030/60 NW. El cabussament augmenta a base del tòssol
	Interpretació:	Pseudocràter amb extrusió de flux de lava per la seva part alta i que ha format aquesta superfície plana a la vessant Oest.
	Observacions:	Propietat privada, molt tapat per la vegetació
G6	**Ubicació:**	0460 936 X – 4667 321 Y
	Dimensions:	80 × 80m × 30m alçada
	Característiques específiques:	Apareixen varies estructures remarcables: - A la vessant sud hi ha en una estructura en forma de cràter que s'atribueix a un col·lapse del propi terreny o un psudocràter per on hauria extruït la lava de la pròpia colada. - També hi ha un escarpament molt marcat de més de 3 m d'alçada a la vessant est.
	Interpretació:	Tòssol focal, on hi hauria hagut una gran aportació de lava durant l'expansió de la colada.
	Observacions:	
G7	**Ubicació:**	0460 762 X – 4667 301 Y
	Dimensions:	150 × 40m × 10m alçada
	Característiques específiques:	La morfologia del tòssol és allargada, amb un escarpament més marcat a la cara sud.
	Interpretació:	Aquest tòssol és una prolongació, tòssol "distributary", del tòssol G6
	Observacions:	Molt cobert per la fullaraca
G8	**Ubicació:**	0460 701 X – 4667 178 Y
	Dimensions:	50 × 50m × 15m alçada
	Característiques específiques:	A la part superior hi ha afloramento, amb roca massiva. El vessant sud és més escarpat que el nord, amb diversos afloraments de roca que formen petits escarpaments. Cap a l'oest se segueixen dos petits crestons amb nombrosos blocs.
	Interpretació:	És tracta d'un altre tòssol focal del qual hauria extruït material per la seva part alta durant la seva formació. Durant el seu procés de formació també s'haurien

		alimentat dos ramificacions en forma de petits tòssols "distributary", en direcció oest.
	Observacions:	
G9	**Ubicació:**	0460 505 X – 4667 370 Y
	Dimensions:	100 × 100m × 15m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Impossible accés, ple de bardissa a la part baixa
G10	**Ubicació:**	0460 402 X – 4667 215 Y
	Dimensions:	150 × 150m × 20m alçada
	Característiques específiques:	A la part alta apareixen piroclastos de petites dimensions, mida lapil.li, i al Nord hi ha un petit aflorament rocós.
	Interpretació:	Un antic relleu que va quedar tapat per piroclastos provinents del volcà Croscat.
	Observacions:	Molt cobert per formació superficial i fulles.
G11	**Ubicació:**	0461 005 X – 4667 514 Y
	Dimensions:	Sobre mapa 100 × 100m × 5m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	Probablement no es tracta d'un tòssol sinó d'un antic relleu tapat per piroclastos.
	Observacions:	Impossible accés, ple de bardissa a la part baixa
G12	**Ubicació:**	0460 355 X – 4667 639 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Camp de pastura/conreu, prat d'herba
G13	**Ubicació:**	0461 478 X – 4666 630 Y
	Dimensions:	20 × 20m × 5m alçada

	Característiques específiques:	
	Interpretació:	no es tracta d'un tòssol sinó d'un antic relleu tapat per piroclastos.
	Observacions:	Molt vegetat i ple de bardissa, no hi ha aflorament rocós
G14	**Ubicació:**	0461 441 X – 4666 707 Y
	Dimensions:	10 × 15m × 3m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	no es tracta d'un tòssol sinó d'un antic relleu tapat per piroclastos.
	Observacions:	Molt vegetat i ple de bardissa, no hi ha aflorament rocós
G15	**Ubicació:**	0461 257 X – 4666 778 Y
	Dimensions:	80 × 50m × 15m alçada
	Característiques específiques:	Hi ha molts piroclastos de petites dimensions, mida lapil.li 1cm-20cm per tot el con. No hi ha grans blocs ni senyals d'extrusió efusiva de lava. El color dels fragments de roca són vermellosos, a diferencia del color més fosc dels presents en la majoria de tòssols.
	Interpretació:	Sembla un con típic d'erupcions estrombolianes, no mostrant característiques de tòssol l'atribueixo a un con secundari del volcà Croscat.
	Observacions:	
G16	**Ubicació:**	0461 114 X – 4666 819 Y
	Dimensions:	No es pot determinar ja que segueix del propi con
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol sinó una prolongació del mateix edifici volcànic.
	Observacions:	Molt vegetat i ple de bardissa, no hi ha aflorament rocós
G17	**Ubicació:**	0461 073 X – 4666 595 Y

	Dimensions:	50 × 40m × 15 d'alçada
	Característiques específiques:	Molt poc pendent, algun bloc dispers. A base hi ha un tall de la carretera on s'observa un substrat format majoritàriament per piroclastos de petites dimensions.
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt cobert per herba i fullaraca
G18	**Ubicació:**	0461 007 X – 4666 700 Y
	Dimensions:	50 × 30m × 15 d'alçada
	Característiques específiques:	A la part alta hi ha un escarpament d'entre 7-8m d'alçada, orientat a NW amb la seqüència més típica trobada fins ara, amb dipòsit tipus *spatter* a base i a roca massissa a sostre.
	Interpretació:	
	Observacions:	Està limitant una zona amb un canvi de pendent important respecte la resta de la colada
G19	**Ubicació:**	0460 932 X – 4666 875 Y
	Dimensions:	Impossible determinar les dimensions
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Completament cobert per la vegetació
G20	**Ubicació:**	0460 849 X – 4666 589 Y
	Dimensions:	30 × 20m, molt difícil determinar l'alçada ja que es troba en una zona de canvi de pendent entre dues zones de la colada
	Característiques específiques:	La vessant Oest mostra un pendent molt més pronunciada que les altres. Apareixen varis escarpaments, un d'ells amb una disjunció columnar visible
	Interpretació:	Correspon a un *levee* generat al límit de la mateixa colada i amb la pròpia lava de la colada
	Observacions:	
G21	**Ubicació:**	0460 779 X – 4666 527 Y

	Dimensions:	Els límits no queden ben definits, 100 × 15m × 10-5m d'alçada segons la zona
	Característiques específiques:	Morfologia allargada, la línia més alta està plena de blocs de roca massissa de mida cm a m en alguns casos. La vessant Oest mostra un pendent major que les altres cares amb algun escarpament en diferents punts.
	Interpretació:	Correspon a un *levee* generat al límit de la mateixa colada i amb la pròpia lava de la colada
	Observacions:	
G22	**Ubicació:**	0460 602 X – 4666 244 Y
	Dimensions:	Sobre mapa, 30 × 20m × 5m alçada
	Característiques específiques:	En aparença morfologia allargada continuant la línia de G21
	Interpretació:	
	Observacions:	Propietat privada, està cobert d'herba i vegetació.
G23	**Ubicació:**	0460 517 X – 4666 330 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol.
	Observacions:	Zona plana amb petit relleus, difícil determinar la gènesis.
G24	**Ubicació:**	0460 373 X – 4666 381 Y
	Dimensions:	15 × 15m × 5 d'alçada
	Característiques específiques:	A la superfície hi ha molts blocs de fins a 1×1m disposats de manera irregular per tot el tòssol. Els pendents són suaus i no hi ha afloraments rocosos continus. Segueix amb el G25.
	Interpretació:	
	Observacions:	
G25	**Ubicació:**	0460 294 X – 4666 293 Y
	Dimensions:	15 × 15m × 5 d'alçada
	Característiques	A la superfície hi ha molts blocs de fins a 1×1m

	específiques:	disposats de manera irregular per tot el tòssol. Els pendents són suaus i no hi ha afloraments rocosos continus.
	Interpretació:	
	Observacions:	
G26	**Ubicació:**	0460 241 X – 4666 379 Y
	Dimensions:	15 × 20m × 5 d'alçada
	Característiques específiques:	Relleu suau amb blocs dispersos per la superfície
	Interpretació:	
	Observacions:	
G27	**Ubicació:**	0460 597 X – 4666 126 Y
	Dimensions:	15 × 15m × 5m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós
G28	**Ubicació:**	0460 509 X – 4666 016 Y
	Dimensions:	20 × 20m × 5m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós
G29	**Ubicació:**	0460 478 X – 4665 894 Y
	Dimensions:	20 × 30m × 5m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós
G30	**Ubicació:**	0460 123 X – 4665 955 Y
	Dimensions:	Dimensions molt petites, 3 × 3m × 1m alçada

	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós. Petit relleu en una zona plana, probablement no és un tòssol.
G31	**Ubicació:**	0460 127 X – 4666 023 Y
	Dimensions:	Dimensions molt petites, 3 × 3m × 1m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós. Petit relleu en una zona plana, probablement no és un tòssol.
G32	**Ubicació:**	0460 200 X – 4665 826 Y
	Dimensions:	Dimensions molt petites, 3 × 3m × 1m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós. Petit relleu en una zona plana, probablement no és un tòssol.
G33	**Ubicació:**	0460 213 X – 4665 871 Y
	Dimensions:	Dimensions molt petites, 3 × 3m × 1m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós. Petit relleu en una zona plana, probablement no és un tòssol.
G34	**Ubicació:**	0460 255 X – 4665 815 Y
	Dimensions:	Dimensions molt petites, 3 × 3m × 1m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós. Petit relleu en una zona plana, probablement no és un tòssol.

G35	**Ubicació:**	0460 339 X – 4665 811 Y
	Dimensions:	Dimensions molt petites, 3 × 3m × 1m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós. Petit relleu en una zona plana, probablement no és un tòssol.
G36	**Ubicació:**	0460 304 X – 4665 743 Y
	Dimensions:	Dimensions molt petites, 3 × 3m × 1m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós. Petit relleu en una zona plana, probablement no és un tòssol.
G37	**Ubicació:**	0460 429 X – 4665 742 Y
	Dimensions:	Dimensions molt petites, 3 × 3m × 1m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós. Petit relleu en una zona plana, probablement no és un tòssol.
G38	**Ubicació:**	0460 475 X – 4665 637 Y
	Dimensions:	Dimensions molt petites, 3 × 3m × 1m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós. Petit relleu en una zona plana, probablement no és un tòssol.
G39	**Ubicació:**	0460 344 X – 4665 523 Y
	Dimensions:	Dimensions molt petites, 3 × 3m × 1m alçada
	Característiques específiques:	

	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós. Petit relleu en una zona plana, probablement no és un tòssol.
G40	**Ubicació:**	0460 168 X – 4665 741 Y
	Dimensions:	Dimensions molt petites, 3 × 3m × 1m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós. Petit relleu en una zona plana, probablement no és un tòssol.
G41	**Ubicació:**	0460 102 X – 4665 609 Y
	Dimensions:	Dimensions molt petites, 3 × 3m × 1m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós. Petit relleu en una zona plana, probablement no és un tòssol.
G42	**Ubicació:**	0459 939 X – 4665 752 Y
	Dimensions:	Dimensions molt petites, 3 × 3m × 1m alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Molt vegetat, no hi ha aflorament rocós. Petit relleu en una zona plana, probablement no és un tòssol.
G43	**Ubicació:**	0459 957 X – 4666 166 Y
	Dimensions:	200 × 200m × 15m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	Antic relleu, massa gran per ser un tòssol.
	Observacions:	Relleu cobert per prats d'herba
G44	**Ubicació:**	0459 912 X – 4666 349 Y
	Dimensions:	100 × 100m × 10m d'alçada

	Característiques específiques:	
	Interpretació:	Antic relleu, massa gran per ser un tòssol.
	Observacions:	Relleu cobert per prats d'herba
G45.1	**Ubicació:**	0459 844 X – 4666 430 Y
	Dimensions:	50 × 20m × 10m d'alçada
	Característiques específiques:	Pendents bastant regulars i morfologia allargada.
	Interpretació:	
	Observacions:	Poc aflorament, només roques disgregades disperses en alguns punts.
G45.2	**Ubicació:**	0459 984 X – 4666 429 Y
	Dimensions:	20 × 20m × 5m d'alçada
	Característiques específiques:	A la part central hi ha un petit cràter de dimensions aproximades 5m de diàmetre i 2-3m de profunditat. Aquest cràter queda delimitat per un escarpament de dipòsit *spatter* i a la cara Oest el que sembla el resultat d'un fluid viscós per sobre l'*spatter*, que ha deixat una capa d'uns 50cm de gruix cobrint l'*spatter*. El contacte entre els dos materials no és net, queda difuminat. Orientació de la capa que cobreix l'*spatter* 135/45SW
	Interpretació:	Tòssol focal amb una gran aportació de lava
	Observacions:	Bon aflorament
G45.3	**Ubicació:**	0460 024 X – 4666 476 Y
	Dimensions:	30 × 10m × 10m d'alçada
	Característiques específiques:	Escarp de grans dimensions, d'uns 5m d'alçada on hi ha una seqüencia desordenada en l'espai de dipòsit tipus *spatter* i massiu. La morfologia és allargada, definint una carena que es prolonga cap a altres tòssols. Grans dimensions de l'aflorament
	Interpretació:	Tòssol focal amb una gran aportació de lava
	Observacions:	
G46	**Ubicació:**	0459 733 X – 4666 515 Y
	Dimensions:	

	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Propietat privada controlada, cobert de gespa i arbres.
G47.1	**Ubicació:**	0459 920 X – 4666 673 Y
	Dimensions:	50 × 25m × 20m d'alçada
	Característiques específiques:	Els pendents a les diferents vessant és variable. A la part més alta i a cara Sud els dipòsits de roca són majoritàriament tipus *spatter* mentre que tendeixen progressivament a ser més massiu cap a Nord.
	Interpretació:	
	Observacions:	Poc aflorament rocós
G47.2	**Ubicació:**	0459 996 X – 4666 600 Y
	Dimensions:	10 × 10m × 5m d'alçada
	Característiques específiques:	Gran quantitat de blocs d'aspecte massiu a la superfície. Dimensions dels blocs bastant gran, de fins a algun metre. Més blocs i majors dimensions a cara Nord.
	Interpretació:	Els G47 semblen seguir una línia de formació
	Observacions:	
G48	**Ubicació:**	0459 793 X – 4666 666 Y
	Dimensions:	40 × 30m × 15m d'alçada
	Característiques específiques:	Morfologia allargada, a la part alta hi ha un aflorament continu de dipòsit massiu
	Interpretació:	
	Observacions:	
G49	**Ubicació:**	0460 575 X – 4666 838 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Zona molt plana

G50	**Ubicació:**	0460 443 X – 4666 827 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Zona plana, algun bloc dispers però pràcticament no fa relleu.
G51	**Ubicació:**	0460 325 X – 4666 794 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Zona plana, algun bloc dispers però pràcticament no fa relleu.
G52	**Ubicació:**	0460 430 X – 4667 016 Y
	Dimensions:	15 × 15m × 5m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	No hi ha aflorament rocós, tapat per la fullaraca.
G53.1	**Ubicació:**	0460 285 X – 4666 974 Y
	Dimensions:	10 × 3m × 1m d'alçada
	Característiques específiques:	Morfologia lleugerament allargada, a la part alta aflora roca amb una disposició *spatter* a la part baixa i blocs de roca massissa a la part alta. Només hi ha aflorament a la vessant sud.
	Interpretació:	
	Observacions:	
G53.2	**Ubicació:**	0460 245 X – 4666 953 Y
	Dimensions:	3 × 3m × 2m d'alçada
	Característiques específiques:	

	Interpretació:	
	Observacions:	No hi ha aflorament rocós, tapat per la fullaraca i la vegetació.
G54	**Ubicació:**	0459 970 X – 4666 937 Y
	Dimensions:	5 × 5m × 1m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Zona molt plana
G55	**Ubicació:**	0460 173 X – 4667 247 Y
	Dimensions:	0m
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol, són arbres al mig del pàrquing de can serra
	Observacions:	Zona d'arbres al mig del pàrquing de can Serra
G56	**Ubicació:**	0460 144 X – 4667 166 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Petits relleus coberts per herba i vegetació, dins una propietat privada on pasturen cavalls.
G57	**Ubicació:**	0460 056 X – 4667 121 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Petits relleus coberts per herba i vegetació, dins una propietat privada on pasturen cavalls.
G58	**Ubicació:**	0459 953 X – 4667 272 Y
	Dimensions:	

	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Petits relleus coberts per herba i vegetació, dins una propietat privada on pasturen cavalls.
G59	**Ubicació:**	0459 889 X – 4667 414 Y
	Dimensions:	30 × 20m × 10m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Zona molt coberta de vegetació, pins alts. No s'observa aflorament rocós.
G60	**Ubicació:**	0459 578 X – 4667 318 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Queda molt poc definit, molt cobert per la vegetació
G61.1	**Ubicació:**	0459 488 X – 4667 229 Y
	Dimensions:	20 × 20m × 8m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Bastant cobert per vegetació, afloren roques disperses
G61.2	**Ubicació:**	0459 462 X – 4667 230 Y
	Dimensions:	10 × 10m × 5m d'alçada
	Característiques específiques:	Afloren masses de roca prou significatives, formades per blocs disgregats, a la part alta
	Interpretació:	
	Observacions:	
G61.3	**Ubicació:**	0459 477 X – 4667 251 Y
	Dimensions:	10 × 10m × 5m d'alçada

	Característiques específiques:	Afloren masses de roca prou significatives, formades per blocs disgregats, a la part alta
	Interpretació:	
	Observacions:	
G62	**Ubicació:**	0459 457 X – 4667 332 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Queda molt poc definit, molt cobert per la vegetació
G63	**Ubicació:**	0459 505 X – 4667 506 Y
	Dimensions:	50 × 50m × 15-20m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Poc aflorament rocós, tota la superfície queda coberta per vegetació i fullaraca
G64	**Ubicació:**	0459 429 X – 4667 514 Y
	Dimensions:	50 × 50m × 15-20m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Poc aflorament rocós, tota la superfície queda coberta per vegetació i fullaraca
G65	**Ubicació:**	0459 341 X – 4667 433 Y
	Dimensions:	50 × 50m × 15-20m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Poc aflorament rocós, tota la superfície queda coberta per vegetació i fullaraca
G66	**Ubicació:**	0459 426 X – 4667 697 Y

	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Petit relleu enmig d'un camp de conreu
G67	**Ubicació:**	0459 303 X – 4667 779 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	No hi ha aflorament rocós, cobert per la vegetació i la fullaraca
G68	**Ubicació:**	0459 168 X – 4667 643 Y
	Dimensions:	60 × 70m × 15m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Prats d'herba amb molt poc relleu
G69	**Ubicació:**	0459 020 X – 4667 715 Y
	Dimensions:	60 × 60m × 20m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	No hi ha aflorament rocós, cobert per la vegetació i la fullaraca
G70	**Ubicació:**	0459 023 X – 4667 633 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Prat/camp de conreu
G71	**Ubicació:**	0459 073 X – 4667 535 Y

	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Prats d'herba amb molt poc relleu
G72	**Ubicació:**	0459 065 X – 4667 394 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	Petits relleus enmig del bosc.
	Interpretació:	No crec que es puguin considerar tòssols
	Observacions:	
G73	**Ubicació:**	0459 146 X – 4667 315 Y
	Dimensions:	30 × 30m × 15m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	No hi ha aflorament rocós, cobert per la vegetació i la fullaraca
G74	**Ubicació:**	0459 042 X – 4667 216 Y
	Dimensions:	50 × 30m × 15-20m d'alçada
	Característiques específiques:	Hi ha aflorament rocós, al vessant Nord hi ha un petit escarpament d'uns 2m amb dipòsit de roca massissa. Una mica més amunt i seguint el tall d'una petita pista hi aflora un dipòsit de greda disgregada amb mides d'entre 1-10cm, i algun bloc més gran d'entre 50cm-1m. La resta queda cobert per fullaraca
	Interpretació:	
	Observacions:	
G75	**Ubicació:**	0458 954 X – 4667 103 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol

	Observacions:	Molt poc relleu, cobert per fullaraca.
G76.1	**Ubicació:**	0458 873 X – 4667 234 Y
	Dimensions:	40 × 40m × 15-20m d'alçada
	Característiques específiques:	Algun petit aflorament rocós
	Interpretació:	
	Observacions:	Prats d'herba disposats en feixes construïdes amb pedra seca. Propietat privada
G76.2	**Ubicació:**	0458 874 X – 4667 113 Y
	Dimensions:	15 × 15m × 15m d'alçada
	Característiques específiques:	Crestó d'uns 20m de llargada i un escarpament d'uns 2m de roca massissa a la vessant Est.
	Interpretació:	
	Observacions:	
G77	**Ubicació:**	0458 852 X – 4667 307 Y
	Dimensions:	40 × 40m × 15-20m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Prats d'herba disposats en feixes construïdes amb pedra seca. Propietat privada
G78	**Ubicació:**	0458 758 X – 4667 474 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Molt pla, no es pot considerar tòssol
G79	**Ubicació:**	0458 615 X – 4667 628 Y
	Dimensions:	80 × 20m × 15m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	*Levee* generat per la col·lisió del flux de la colada amb

		el Turó Costa de Pujol
	Observacions:	No hi ha afloració rocós
G80	**Ubicació:**	0458 633 X – 4667 718 Y
	Dimensions:	50 × 30m × 10m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	*Levee* generat per la col·lisió del flux de la colada amb el Turó Costa de Pujol
	Observacions:	No hi ha afloració rocós
G81	**Ubicació:**	0458 801 X – 4667 735 Y
	Dimensions:	50 × 30m × 10m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	*Levee* generat per la col·lisió del flux de la colada amb el Turó Costa de Pujol
	Observacions:	No hi ha afloració rocós
G82	**Ubicació:**	0458 864 X – 4666 649 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Molt pla, no es pot considerar tòssol
G83.1	**Ubicació:**	0458 917 X – 4666 448 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Cobert per vegetació i fullaraca
G83.2	**Ubicació:**	0459 044 X – 4666 420 Y
	Dimensions:	15 × 15m × 7m d'alçada
	Característiques específiques:	La part alta està formada per un afloració rocós massiu en forma tabular, suspès sobre un dipòsit

		spatter a base que no aflora a tot arreu. La vessant Nord mostra un pendent més suau sense aflorament rocós
	Interpretació:	*Levee* generat al costat del volcà Puig Jordà durant el flux de la colada
	Observacions:	
G83.3	**Ubicació:**	0459 109 X – 4666 510 Y
	Dimensions:	10 × 10m × 4m d'alçada
	Característiques específiques:	Molt semblant en morfologia a G83.2 però de dimensions més reduïdes. Mostra un aflorament rocós a la vessant SE i una superfície més suau a la cara NW
	Interpretació:	*Levee* generat al costat del volcà Puig Jordà durant el flux de la colada
	Observacions:	
G83.4	**Ubicació:**	0459 164 X – 4666 551 Y
	Dimensions:	40 × 150m × 15m d'alçada
	Característiques específiques:	Hi ha molt blocs agrupats en petits relleus a ambdues cares del tòssol
	Interpretació:	*Levee* generat al costat del volcà Puig Jordà durant el flux de la colada
	Observacions:	Els tòssols G83.2, .3 i .4 estan disposats tots seguint una línia recta
G84	**Ubicació:**	0458 999 X – 4666 256 Y
	Dimensions:	20 × 20m × 7m d'alçada
	Característiques específiques:	Pendents suaus sense aflorament de roca.
	Interpretació:	
	Observacions:	
G85	**Ubicació:**	0458 942 X – 4667 946 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol

	Observacions:	Talús d'un camp de conreu
G86	**Ubicació:**	0458 974 X – 4668 055 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Prats d'herba del jardí d'una finca
G87	**Ubicació:**	0459 188 X – 4668 170 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No es pot considerar tòssol
	Observacions:	Zona molt plana amb algun petit relleu
G88	**Ubicació:**	0459 301 X – 4668 278 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No es pot considerar tòssol
	Observacions:	Zona molt plana amb algun petit relleu
G89	**Ubicació:**	0459 081 X – 4668 311 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No es pot considerar tòssol
	Observacions:	Zona molt plana amb algun petit relleu
G90	**Ubicació:**	0458 976 X – 4668 256 Y
	Dimensions:	10 × 10m × 3m d'alçada
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	
	Observacions:	Tapat per vegetació

G91	**Ubicació:**	0459 034 X – 4668 489 Y
	Dimensions:	
	Característiques específiques:	
	Interpretació:	No és un tòssol
	Observacions:	Molt pla, no es pot considerar tòssol
G92.1	**Ubicació:**	04598 652 X – 4666 944 Y
	Dimensions:	20 × 20m × 10m d'alçada
	Característiques específiques:	La part alta està formada per un crestó que acaba amb una superfície plana amb una disjunció columnar molt visible situada al vessant Nord.
	Interpretació:	
	Observacions:	
G92.2	**Ubicació:**	0459 585 X – 4666 912 Y
	Dimensions:	20 × 20m × 10m d'alçada
	Característiques específiques:	Morfologia circular amb pendents suaus i sense aflorament de roca.
	Interpretació:	
	Observacions:	
G93	**Ubicació:**	0459 467 X – 4666 944 Y
	Dimensions:	10 × 20m × 5m d'alçada
	Característiques específiques:	Té una morfologia allargada amb un gran escarpament a la cara NE on s'hi observa una disjunció columnar molt ben definida. A la vesant SO en canvi la superfície està formada per roca massissa amb un pendent fort però no vertical.
	Interpretació:	
	Observacions:	
G94	**Ubicació:**	0459 537 X – 4666 825 Y
	Dimensions:	30 × 30m × 10m d'alçada
	Característiques específiques:	Morfologia circular amb un escarpament d'aproximadament 2m a la cara Est.

	Interpretació: **Observacions:**