

enclavaments de la regió volcànica d'Olot: indicadors de l'origen i evolució dels magmes

per
PEPITA LLOBERA i SÀNCHEZ

Les laves alcalines, tal com les de la regió volcànica d'Olot, solen tenir uns mòduls o enclavaments, generalment d'un tamany comprés entre pocs i 25 cm de diàmetre, que presenten l'exterior recobert per una patina terrosa. Aquests nòduls es denominen xenolits (de xeno=estrany i lithos=pedra) degut a les seves diferències respecte les roques volcàniques encaixants, de les quals es distingeixen principalment per ser de color diferent i per estar formades de cristalls visibles a ull nu: aproximadament d'1 mm a més d'un cm de diàmetre. Els enclavaments de certes localitats (Adri, la Canya,...) són verdosos degut al color dels minerals dominants: olivines i piroxens; on l'amfíbol és abundant, prenen un color terrós. Els nòduls poden trobar-se immersos dins de les colades de laves o bé com piroclasts, i a vegades formen el nucli de les bombes volcàniques. La importància de l'estudi d'aquestes roques rau en el fet que subministren informació de l'origen i evolució del magma que, un cop arriba a la superfície terrestre, donarà lloc a les roques volcàniques.

L'ORIGEN DEL VULCANISME D'OLOTT ESTÀ LLIGAT A LA DINÀMICA DEL MANTELL TERRESTRE

Gairebé tota l'activitat volcànica està confinada als marges de plaques i el vulcanisme no associat a aquests ambients constitueix menys de l'u per cent de l'activitat volcànica. En ell, les laves difereixen de les d'altres orígens en que són basalts com els de les crestes oceàniques, però amb més metalls alcalins. Els mecanismes productors del vulcanisme alcalí s'han de buscar en el mantell terrestre. Una activitat d'aquest tipus deu ser la manifestació superficial de corrents columnars de materials calents però sòlids (punts calents), que s'elevan. La composició de les laves indica que la seva font està aïllada de la circulació general del mantell. Com aquesta darrera està poc entesa, l'intent d'explicar l'origen dels punts calents és especulatiu. Si més no, els estudis experimentals han comprovat que materials semblants als que formen el mantell, poden fondre parcialment quan es disminueix la pressió a què estaven sotmesos. La part fosa té poca densitat i s'obre camí per l'escorça fins arribar a la superfície terrestre, on solidificarà. El mantell que ha sofert fusió, anomenat mantell degradat, pot trencar-se durant l'ascens del magma; així arriben accidentalment fragments del mantell a l'exterior de la terra.

EL MAGMA POT PRODUIR NÒDULS DURANT EL SEU REFREDAMENT

A mida que el líquid puja, es va refredant i comencen a cristal·litzar minerals, el quals en ser més densos que el magma poden dipositar-se al fons de la cambra magmàtica o a les seves parets. Allà cristal·litzarà també el líquid magmàtic entre els cristalls acumulats, formant-se roques ben diferents de les volcàniques típiques. El magma del que s'originen o bé els seus derivats poden trencar-les i portar-les a l'exterior. Els fragments reben el nom de xenolits cognats, ja que tenen una connexió genètica amb el líquid hostetjant.

Els enclavaments que es troben a la regió volcànica d'Olot són constituïts fonamentalment per olivina i piroxè i podrien ésser xenolits del mantell o xenolits cognats. Per distingir-los entre ambdós tipus de roques, estudiem la seva mineralogia i la composició dels seus minerals.

LA TEMPERATURA DEL MAGMA INFLUEIX EN LA COMPOSICIÓ DELS MINERALS

Els silicats rics en ferro i magnesi poden tenir totes les composicions variables entre un terme quasi cent per cent magnèsic fins un altre quasi cent per cent fèrric. La proporció Mg/Mg+Fe (que indicarem com mg.) que té un silicat ferromagnètic depèn, entre d'altres variants de la temperatura a la qual cristal·litza, i serà més alta quan més ho sigui la seva temperatura de formació. Així, els primers cristalls que precipiten dins d'un magma són més rics en magnesi i en tant que el líquid es refreda, són progressivament més fèrrics. Això vol dir que un cristall gran, que ha crescut durant un temps bastant llarg, tindrà una zona central més rica en magnesi que les seves vores.

La dificultat d'analitzar separatament els centres i les vores dels cristalls, principalment perquè els cristalls que anomenem de mida gran a vegades no tenen més d'un mil·límetre de diàmetre, ha pogut solucionar-se emprant la microsonda electrònica. Aquest aparell focalitza un feix molt prim d'electrons energètics, cap una preparació mineral polida. El feix colpeja un cercle d'una micra de diàmetre de mostra i els àtoms que es troben en aquest cercle emeten raigs X. Les freqüències i energies dels raigs X emesos són característics dels elements presents i les intensitats són proporcionals a la concentració de cada element. Les anàlisis amb microsonda electrònica han permès de saber la composició dels minerals de les laves i nòduls dels volcans de Roca Negra, Adri i Banya de Boc.

Els cristalls més grans d'olivina i clinopiroxè de les laves mostren uns centres més rics en mg. que les vores (per exemple: en les olivines del basalt de Roca Negra els calors de centres i vores són de 0.84 i 0.73 respectivament). En els cristalls petits, els centres són com les vores dels cristalls grans i les seves pròpies vores són encara més fèrriques (0.73 i 0.70 a les olivines de Roca Negra). Aquestes relacions indiquen que les vores dels cristalls grans i els nuclis dels cristalls petits pertanyen al mateix episodi de cristal·lització i que els cristalls més grans varen començar a formar-se abans. Totes les laves analitzades tenen clinopiroxens i olivines de composició semblant. Els clinopiroxens són salites (amb més d'un 45% de CaSiO_3 i una quantitat de MgSiO_3 entre 50 i 90%, i les olivines, crissolites (mg. entre 0.9 i 0.7) i hialosiderites (mg. entre 0.7 i 0.5).

En els xenolits, la composició dels minerals permet de fer dos grups: els nòduls de Roca Negra per una banda i els de Bany de Boc i Adri per l'altra. Els xenolits de Roca Negra tenen salites i augites (més pobres en Ca que les salites) riques en titani, semblades a les de les

laves, i crissolites. La semblança entre els minerals de les laves i els dels nòduls de Roca Negra indica que aquests xenolits són cognats. Els nòduls del segon grup tenen minerals més magnèsics: els clinopiroxens són diòpsids (MgSiO_3 entre 90 i 100 %) rics en crom i les olivines són forsterites (mg. entre 0.9 i 1.0). Els enclavaments d'aquest segon grup tenen a més, ortopiroxens amb composició d'enstatita (MgSiO_3 de 90 a 100% i CaSiO_3 entre 0 i 5 %), i espinel·les riques en crom. Aquestes característiques i el fet que l'olivina té macles mecàniques, degudes sens dubte a deformacions grans, ens permet de concloure que els xenolits de Banya de Boc i d'Adri són del mantell.

L'EVOLUCIÓ DELS NÒDULS DE ROCA NEGRA ÉS MOLT COMPLEXA

Els cristalls d'olivina i clinopiroxè que s'acumulen en el fons de la cambra magmàtica estan immersos en líquid basàltic, que cristal·litza en forma de plagioclasa amb petites quantitats d'apatita. La continuada separació de minerals del magma produeix un enriquiment relatiu en fluids, principalment d'aigua. En aquest punt comencen a formar-se també minerals hidratats: amfíbol i, en menors quantitats, mica. En posar-se en contacte amb un magma més ric en aigua, els enclavaments s'amfibolititzen, és a dir, té lloc una transformació del clinopiroxè i la plagioclasa a amfíbol. L'amfibolitització del clinopiroxè s'observa a la fotografia 1, on els cristalls d'augita són vorellats per l'amfíbol i a més contenen lameles d'amfíbol orientades segons la seva xarxa. La composició de l'amfíbol es relaciona directament amb la del clinopiroxè hostejant: on el clinopiroxè és més ric en titani, l'amfíbol és una kaersutita, i quan és pobre, el reemplaçament és de pargasita. Al mateix temps que es produeix l'amfibolitització, la plagioclasa i l'olivina reaccionen per forma un ortopiroxè amb composició de broncita (MgSiO_3 de 90 a 70%). La quantitat de magnesi que té l'ortopiroxè és més alta quant més ho és en l'olivina.

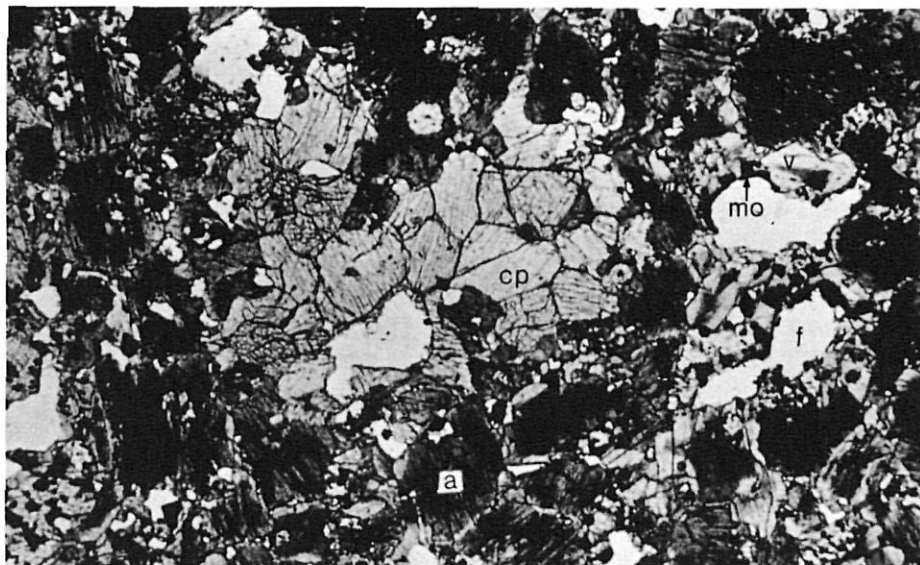
La sortida del magma porta a l'exterior els xenolits, que passen d'estar sotmesos a una pressió important, a tenir tan sols la pressió d'una atmosfera. Aquesta disminució de pressió és la causa de la fusió parcial o total de l'amfíbol i la plagioclasa, formant un líquid que es refreda ràpidament i es converteix en vidre. Una petita part del líquid té temps de cristal·litzar en forma de sobrecreixements d'olivina i clinopiroxè o en petits cristalls aïllats, com els que es veuen a la fotografia 2.

EL CONEIXEMENT DE L'EVOLUCIÓ INTERNA DEL MAGMA ÉS ASSEQUIBLE PER L'ESTUDI DELS SEUS MINERALS I ELS DELS SEUS NÒDULS

Les textures d'alguns enclavaments de Roca Negra mostren clinopiroxens recristal·litzats, com es veu a la fotografia 3, i olivines i plagioclasses amb deformacions prou importants. Aquestes deformacions sols poden haver-se produït si els nòduls han cristal·litzat en el mantell o molt a prop d'ell. Això vol dir que la separació

Fotografia 1:

Enclavament de Roca Negra. Preparació de roca vista al microscopi. ol=olivina, p=plagioclasa, cp=clinopiroxè, op=ortopiroxè, a=amfibol, L'olivina i la plagioclasa reaccionen per donar ortopiroxè més una vora amb minerals opacs. L'amfibol rodeja el clinopiroxè i l'invaeix en forma de petites lameles paral·leles.

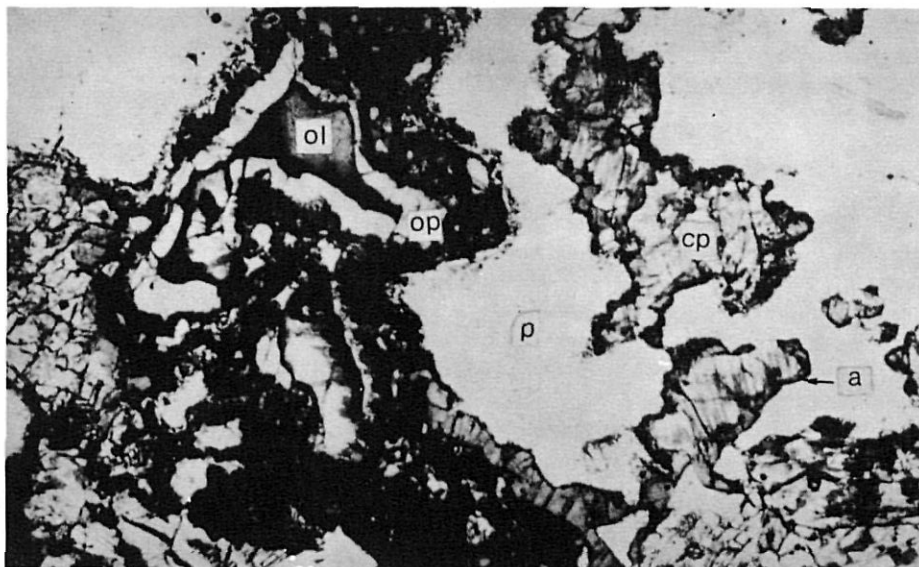


Fotografia 2:

Enclavament de Roca Negra. v=vidre, f=forat en la preparació. Els petits cristalls d'olivina crescuts a partir del líquid que després serà vidre, no han tingut temps d'omplir totes les seves cares i la seva secció longitudinal té forma d'agulla d'estendre roba. La secció transversa és l'hexàgon de la part superior.

Fotografia 3:

Enclavament de Roca Negra. mo=minerals opacs. L'agregat de cristalls de clinopiroxè mostra punts triples a on s'ajunten tres minerals. Les cares dels minerals en els punts triples són a una equidistància de 120 graus. Els punts triples es formen per recristal·lització dels minerals i la disposició de les cares a 120 graus és la manera que tenen d'adaptar-se tots a les mateixes condicions de pressió.



de minerals del magma va començar quan aquest encara no havia pujat massa.

Els estudis termodinàmics aplicats a la cristallització de minerals han obtingut fórmules que permeten de calcular la temperatura de formació de les roques a partir de les composicions de dos minerals ferromagnètics coexistents. L'ús d'aquestes fórmules en els clinopi-roxens i olivines dels enclavaments de Roca Negra han donat temperatures de formació de 1.175 °C fins 1.100 °C. La seva aplicació a la coexistència d'ortopi-roxè i olivina en els nòduls dona temperatures de menys de 1.000 °C. Ja que els minerals de les laves són més fèrrics que els dels nòduls, les seves temperatures de formació deuen ésser més baixes.

Tot això porta a considerar que en un magma pot haver-hi un temps molt llarg en què es va produint la cristallització i separació de minerals del líquid, i que, per tant, el magma es va empobrint en els elements que

formen els minerals. Aquest fet encaixa bé en la coneixença general que les primeres laves dels volcans de la regió són basalts, que representarien magmes on la cristallització no hauria sigut massa extensa encara. Les laves més recents són més pobres en SiO_2 , que sens dubte hauria estat tret del magma pels silicats ferromagnèsics abans que el líquid sortís a l'exterior per formar les basanites.

REFERÈNCIES

- BAYLY, Brian, **Introducción a la petrologia**. Ed. Paraninfo. 1968.
- LLOBERA SANCHEZ, P., **Petrología de los enclaves del volcàn Roca Negra (Olot, Girona)**. Acceptat a Acta Geológica Hispánica.
- TOURNON, J. **Le volcanisme de la province de Gerone (Espagne) Étude des basaltes quaternaires et de leurs enclaves**. Tesi doctoral no publicada. 1968.