Mineralogia de la zona de Bellesguard, muntanya del Tibidabo, Barcelona, Catalunya

Carles Castanera Moyano
Grup Mineralògic Català
L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, Espanya
6nautilus8@gmail.com

Pedro Mingueza De La Villa
Grup Mineralògic Català
Barcelona, Espanya
pmingueza@uoc.edu

RESUM
Bellesguard és una zona de la muntanya del Tibidabo, al vessant barceloní de la Serra de Collserola, a Barcelona, on es localitza un skarn amb tota una sèrie de mineralitzacions típiques d'aquests jaciments, que inclouen diversos minerals que hem pogut identificar, alguns ja coneguts prèviament, però altres, com la titanita i el clinoclor, no esmentats en treballs previs. Destacable ha estat la determinació de la ferropargasita, que confirma la seva existència en aquesta zona, així com també la possible troballa de potassicferropargasita, dues espècies que encara no han estat localitzades en cap altre indret de Catalunya.

PARAULES CLAU
Bellesguard; Tibidabo; skarn; grossulària; clinoclor; titanita; ferropargasita; potassicferropargasita.

RESUM
Bellesguard is an area of the Tibidabo mountain, on the Barcelona side of the Serra de Collserola, in Barcelona, where a skarn is located with a whole series of mineralizations typical of these deposits, which include several minerals that we have been able to identify, some already previously known, but others, such as titanite and clinochlore, not mentioned in previous works. Of particular note is the determination of ferro-pargasite, which its existence has been confirmed in this area, as well as the possible finding of potassic-ferro-pargasite, two species that have not yet been located anywhere else in Catalonia.

KEYWORDS
Bellesguard; Tibidabo; skarn; grossular; clinochlore; titanite; ferro-pargasite; potassic-ferro-pargasite.

Castanera Moyano, Carles; Mingueza de la Villa, Pedro (2023): «Mineralogia de la zona de Bellesguard, muntanya del Tibidabo, Barcelona, Catalunya». *Mineralogistes de Catalunya*, vol. 15, núm. 2 (2023-1), pp. 69-76.

INTRODUCCIÓ

Per als amants dels minerals de la zona de Barcelona i voltants que ja tenim una certa edat, hi ha dos indrets que, per la seva proximitat, han estat l'escenari de les nostres primeres prospeccions mineralògiques: Montjuïc i el Tibidabo.

Dècades enrere, la recerca en aquestes dues muntanyes era molt més fàcil, donada la menor urbanització i freqüentació de gent, i el fet de no estar prohibida la recollida d'exemplars (actualment sí que ho està, en tractar-se de dos espais naturals protegits). Gràcies a disposar de material recollit abans de la prohibició, hem pogut realitzar el present estudi.

La zona de Bellesguard (dita així per la veïna Torre de Bellesguard d´Antoni Gaudí) a la que ens referim està situada al barri barceloní de Sant Gervasi de Cassoles, a la serra de Collserola, està ubicada per sobre del cementiri de Sant Gervasi, travessant la carretera de les Aigües, i per sota de l´Observatori Fabra (figures 1 i 2).

L'origen de totes les mineralitzacions que podem trobar-hi és la intrusió d'un cos de granodiorita (un tipus de granit) en el sí de diferents roques, com ara

Figura 1. Ubicació de la zona d'estudi, a Bellesguard, entre el cementiri de Sant Gervasi i l'Observatori Fabra. Font: visor Vissir3, web de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC).

Figura 2. Vista de la zona estudiada, amb la Torre de Collserola (esquerra), l'església del Sagrat Cor (centre) i l'Observatori Fabra (dreta).

Figura 3. Contacte entre la granodiorita i la roca metamorfitzada.

calcàries, esquistos i fins i tot roques ígnies, d'edat paleozoica, el que va provocar una aurèola de metamorfisme de contacte al seu voltant i l'aparició de nous minerals típics de skarn, com uns quants dels que s'han pogut determinar.

Es calcula que les temperatures assolides podrien haver arribat fins als 700 °C i les pressions fins a 1,5 kbar (Gil Ibarguchi i Julivert, 1988).

Aquest contacte entre la granodiorita i la roca metamorfitzada es pot observar en alguns punts de la zona estudiada (figura 3).

MINERALS IDENTIFICATS

Per a determinar els minerals trobats per a aquest article s'han fet diverses anàlisis amb espectroscòpia Raman i microscòpia electrònica de rastreig amb detector per a espectroscòpia d'energia dispersiva (SEM-EDS), que han donat com a resultat algunes sorpreses remarcables. En moltes de les espècies trobades no ha calgut la realització d'anàlisis degut a que ja havien estat identificades en treballs anteriors, sobretot en el de Gil Ibarguchi i Julivert (1988).

Figura 4. Mostra amb epidota, clinoclor (verd fosc), grossulària i albita-anortita (blanca). C.V. 2,5 cm.

Atom %	C	O	Na	Mg	Al	Si	Ca	Mn	Fe
K4(1)_pt1	29.36	47.81		6.20	4.74	6.64		0.32	4.93
K4(1)_pt2	29.03	48.37		6.17	4.94	6.80	0.08	0.23	4.39
K4(1)_pt3	36.43	42.59	0.18	5.33	4.04	5.92		0.30	5.21

Figura 5. Resultats de l'anàlisi d'EDS d'una mostra de clinoclor de la zona estudiada. Font: Pedro Mingueza.

Els principals minerals trobats i que ja havien estat citats a la zona d'estudi són (alfabèticament):

- Actinolita.
- Calcita.
- Clinozoisita.
- Clorita (sèrie clinoclor-chamosita).
- Epidota.
- Escapolita (sèrie marialita-meionita).
- Granat (grup).
- Moscovita.
- Plagiòclasi (sèrie albita-anortita).
- Prehnita.
- Quars.
- Turmalina (grup).
- Vesuvianita.

A més, també és possible identificar alguns minerals de coure com ara calcopirita, malaquita o atzurita. De fet va existir una petita mina de coure a les rodalies del cementiri de Sant Gervasi, explotada fins a principis del segle passat.

Tot i que la mida de les cristal·litzacions sol ser habitualment mil·limètrica (amb algunes excepcions), la seva bellesa i la perfecció d'alguns cristalls pot ser destacable, a més de formar també paragènesis complexes (figura 4).

Els minerals es descriuen seguidament per ordre alfabètic.

Clinoclor (sèrie clinoclor-chamosita)

La clorita (sèrie clinoclor-chamosita) és relativament abundant al jaciment i es presenta amb diferents aspectes. Per un costat no és rar trobar fulles de color verd fosc, de mida superior al centímetre, incrustades en la matriu de granatita. També s'ha identificat en agregats de petits cristalls tabulars de color gris blavós, associats a epidota i actinolita. Per últim, també s'han trobat formant esfèrules d'un verd molt fosc, gairebé negre, d'una mida de fins a 3 mm, constituïdes per cristalls tabulars, el color dels quals probablement bé donat per una alteració superficial d'òxids.

Figura 7. Resultats de l'anàlisi d'EDS d'una mostra de diòpsid de la zona estudiada. Font: Pedro Mingueza.

Atom %	C	O	Na	Mg	Al	Si	Ca	Mn	Fe
K4(1)_pt1	29.36	47.81		6.20	4.74	6.64		0.32	4.93
K4(1)_pt2	29.03	48.37		6.17	4.94	6.80	0.08	0.23	4.39
K4(1)_pt3	36.43	42.59	0.18	5.33	4.04	5.92		0.30	5.21

Figura 6. Clinoclor i quars. C.V. 1 cm.

En tots els casos analitzats, mitjançant EDS (figura 5), s'han obtingut resultats on predomina el Mg sobre el Fe, el que sembla indicar que es tracta sempre (o molt majoritàriament) de clinoclor (figura 6) i no de chamosita, espècie amb la que forma sèrie.

Diòpsid

Dins de petites geodes, associats a actinolita, quars i feldespat, apareixen per un costat uns petits cristalls prismàtics molt transparents de color verd pàl·lid, gairebé incolors, i per altre, uns agregats de petits cristalls tabulars quadrats també amb la mateixa tonalitat. La mida dels cristalls no sobrepassa el mig mil·límetre.

En tots dos casos s'ha pogut confirmar mitjançat anàlisi d'EDS que es tracta de diòpsid (figura 7).

Epidota i clinozoisita

Dos minerals que poden resultar molt estètics, sobretot quan formen feixos de cristalls, sovint associats a la grossulària, són la clinozoisita, aquí de color rosat, i l'epidota, verdosa a quasi incolora.

Figura 8. Comparativa de l'espectre Raman d'una mostra d'epidota de la zona estudiada (blau) amb el d'una de Grafton Co., New Hampshire, EUA (vermell). Fonts: Pedro Mingueza i projecte RRUFF.

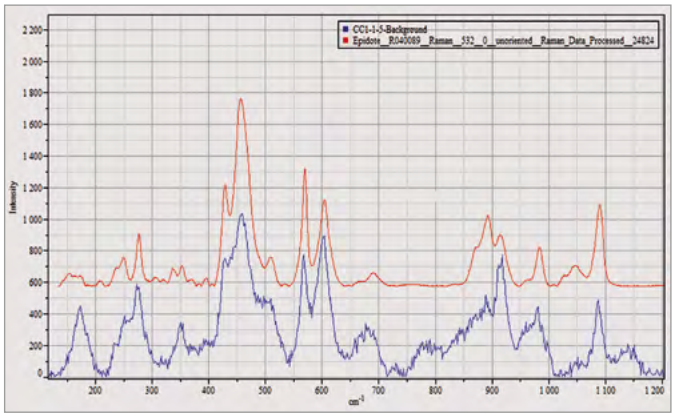


Figura 9. Mostra d'epidota, amb un cristall incomplet al centre. C.V. 2 cm.

Figura 10. Clinozoisita (rosada), amb grossulària i epidota (verda). C.V. 1,5 cm.

S'ha confirmat per espectrometria Raman que tant els cristalls de color verd intens com els de tonalitats més pàl·lides, quasi incolores, serien epidota i no clinozoisita (figures 8 i 9).

Pel que fa a la clinozoisita rosada (varietat clinothulita, amb Mn) (figura 10), va ser determinada pel Dr. Joan Vinyals, com es diu a Mindat, on surt referenciada com a part de la paragènesi de la mina de coure de Sant Gervasi de Cassoles, esmentada amb anterioritat.

Ferropargasita (i potassicferropargasita) (supergrup amfíbol)

Potser la sorpresa més destacable ha estat la determinació d'aquest amfíbol, que s'ha realitzat per anàlisi d'EDS i espectrometria Raman. Dels resultats de l'anàlisi d'EDS es conclou que es tracta d'un silicat amb K, Na, Ca, Mg, Fe i Al. A partir dels percentatges atòmics obtinguts d'aquests elements, en l'anàlisi d'EDS, s'han calculat els que corresponen només als cations (figura 11), sense tenir en compte les baixes proporcions de Ti i Mn.

Figura 11. Resultats de l'anàlisi d'EDS d'una mostra de ferropargasita de la zona estudiada. Taula: José Luis Garrido; font: Pedro Mingueza.

Atom %

	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Ti	Mn	Fe
F2(2)_pt1	22.17	47.74	0.69	3.24	5.41	11.12	0.68	2.65	0.21	0.10	5.98
F2(2)_pt2	26.17	40.62	1.28	2.43	5.54	11.72	0.95	4.26	0.36	0.10	6.57
F2(2)_pt3	30.26	39.99	0.50	3.11	5.01	10.26	0.70	2.74	0.31	0.12	7.00

Elements	Percentatges atòmics				Àtoms per fórmula unitària (apfu)	
	pt1	pt2	pt3	Mitjana	per a 6 de Si	per a 7 de Si
K	2,27	2,87	2,36	**2,50**	0,42	0,49
Na	2,30	3,87	1,69	**2,62**	0,44	0,51
Ca	8,84	12,87	9,25	**10,32**	1,74	2,03
Mg	10,81	7,34	10,50	**9,55**	1,60	1,87
Fe	19,95	19,84	23,62	**21,14**	3,56	4,15
Al	18,05	16,73	16,91	**17,23**	2,90	3,38
Si	37,79	36,48	35,67	**36,65**	**6,00**	**7,00**
Total	100	100	100	100	16,66	19,43

Primer vam fer recerca amb l'eina 'Search Mineral By Chemistry' de Mindat. Resulta que el mineral a determinar ha de ser algun dels molts que integren la gran família dels amfíbols (supergrup amfíbol).

Se sap, gràcies a J. I. Gil Ibarguchi i M. Julivert (1988), que a la zona d'estudi es poden trobar amfíbols de tipus pargasític a hastingsític, i potser també edenític, en funció del tipus de roca predominant. Totes les espècies possibles pertanyen al subgrup dels amfíbols càlcics.

Observant els percentatges atòmics de la taula analítica veiem que té Na i K i també Ca. La ràtio mitjana Ca/Na+K és 10,32/2,50+2,62 = 2,02. Per tant, té el doble de Ca que la suma Na+K. Així que, efectivament, es tracta d'un amfíbol que pertany al subgrup dels amfíbols càlcics.

Dintre d'aquest subgrup, els amfíbols s'agrupen en funció del nom-arrel. Espècies comunes, com les que tenen nom-arrel actinolita, hornblenda i tremolita, queden descartades perquè no tenen ni Na ni K. Les possibilitats queden reduïdes a les de nom-arrel edenita, hastingsita, pargasita i sadanagaïta.

Per a saber a quin d'aquests quatre pertany l'espècie que busquem caldrà calcular diverses ràtios significatives. Cal tenir en compte que amb una anàlisi d'EDS no podem saber si el Fe és Fe^{2+} o Fe^{3+}, i per tant cal considerar el Fe globalment. A més, amb EDS no tenim tanta precisió com amb microsonda electrònica, però per a comparar ràtios és més que suficient.

Amb l'anàlisis d'EDS no s'ha detectat ni F ni Cl. Això fa que quedin descartades totes les espècies amb predomini d'algun d'aquests elements, en lloc dels grups OH.

La fórmula general de las resta d'espècies possibles és $ACa_2(Z^{2+}_{4\text{-}5}Z^{3+}_{1\text{-}0})(Al_{2\text{-}1}Si_{6\text{-}7})O_{22}(OH)_2$; A és Na+K, Z^{2+} és Mg+Fe^{2+} i Z^{3+} és Al+Fe^{3+}. Els subíndexs representen els àtoms per fórmula unitària (apfu). En els casos amb 6 apfu de Si, a la posició Z^{2+} li corresponen 4 apfu de Mg+Fe^{2+}, i en els casos amb 7 apfu de Si, són 5 apfu de Mg+Fe^{2+}.

Per poder descartar, o no, les espècies que tenen més Mg que Fe en la posició Z^{2+} cal veure els apfu del Mg:

	Ràtios				
	Mitjana	1	2	3	4
Ca/K+Na	2,02	2,00	2,00	2,00	2,00
Si/Ca	3,55	3,00	2,50	3,00	3,50
Si/K+Na+Ca	2,37	2,00	1,67	2,00	2,33
Si/Mg+Fe+Al	0,76	0,86	1,60	0,86	1,17
Fe/Al	1,23	2,50	0,60	1,33	5,00

1: hastingsita i potassichastingsita.
2: ferrosadanagaïta i potassicferrosadanagaïta.
3: ferropargasita i potassicferropargasita.
4: ferroedenita.

Figura 12. Ràtios significatives a partir de l'anàlisi d'EDS de la figura 11. Taula: José Luis Garrido; font: Pedro Mingueza.

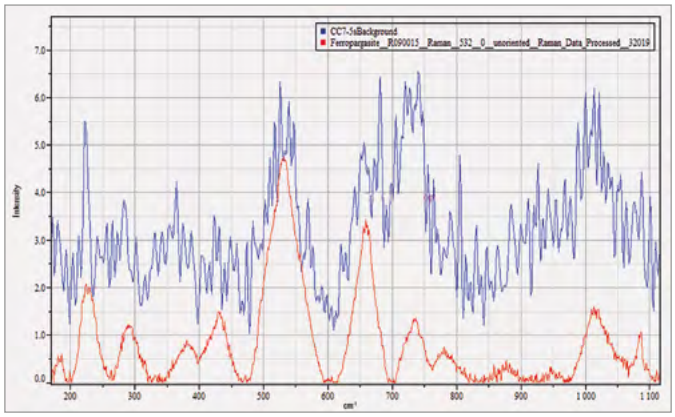


Figura 13. Comparativa de l'espectre Raman d'una mostra de ferropargasita de la zona estudiada (blau) amb el d'una de la vall de Basha, Baltistan, Pakistan (vermell). Fonts: Pedro Mingueza i projecte RRUFF.

- Si agafem com a base 6 àtoms de Si, el total teòric de la posició Z^{2+} és 4 apfu. D'aquests, en la mostra analitzada 1,60 corresponen al Mg. Per tant, els 2,40 restants corresponen al Fe^{2+}.
- Si agafem com a base 7 àtoms de Si, el total teòric de la posició Z^{2+} és 5 apfu. D'aquests, en la mostra analitzada 1,87 corresponen al Mg. Per tant, els 3,13 restants corresponen al Fe^{2+}.

En tots dos casos tenim més Fe que Mg en la posició Z^{2+}. La llista queda llavors reduïda a set possibles espècies: hastingsita, potassichastingsita, ferrosadanagaïta, potassicferrosadanagaïta, ferropargasita, potassicferropargasita i ferroedenita. Les sis primeres tenen 6 Si i la darrera en té 7.

La taula de la figura 12 recull la comparació de diverses ràtios significatives de la mostra en estudi amb les teòriques d'aquestes set possibles espècies.

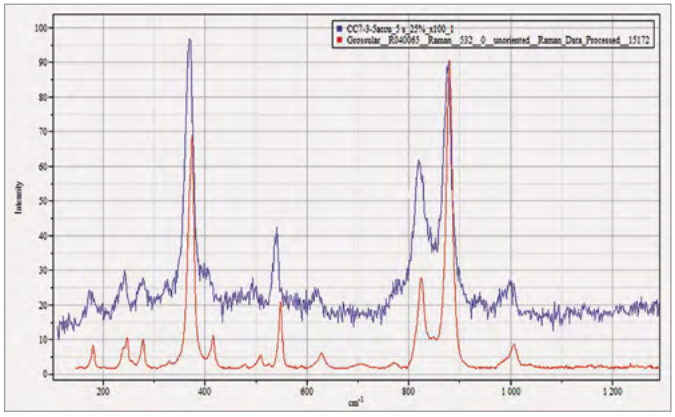
La ferroedenita seria la principal candidata sinó fos per la ràtio mitjana Fe/Al, que en teoria hauria de ser de 5 apfu però en la mostra només és d'1,23. De les altres sis, la ferrosadanagaïta i la potassicferrosadanagaïta són les que tenen les ràtios de la mostra més allunyades de les ràtios teòriques (quatre de cinc estan en vermell). Finalment, la ràtio Fe/Al fa que la ferropargasita i la potassicferropargasita siguin les millors candidates (i no tenen cap ràtio marcada en vermell).

La diferència entre ambdues espècies depèn de l'element predominant a la posició *A* de la fórmula general anterior: Na>K en la ferropargasita i K>Na en la potassicferropargasita. Observant la taula de la figura 11 veiem que hi ha un punt amb clar predomini de Na (el pt2), un amb clar predomini de K (el pt3) i un altre amb un molt lleuger predomini de Na (el pt1). Per tant, sembla ser que es tracta d'un cristall de mescla d'ambdues espècies, amb un lleuger predomini de la ferropargasita.

Per confirmar aquesta determinació s'ha comparat l'espectre Raman obtingut d'una mostra de la zona d'estudi amb el que surt d'una ferropargasita a la base de dades del projecte RRUFF (figura 13) (de potassicferropargasita no en surt cap). La similitud reforça la idea de què efectivament es tracta de ferropargasita, si més no com a component majoritari de la mostra analitzada, sense descartar que també pugui haver-hi potassicferropargasita.

Figura 14. Mostra de ferropargasita (verd fosc) associada amb grossulària. C.V. 3 cm.

Figura 15. Comparativa de l'espectre Raman d'una mostra de grossulària de la zona estudiada (blau) amb el d'una de Fengtien, Hualien, Taiwan (vermell). Fonts: Pedro Mingueza i projecte RRUFF.



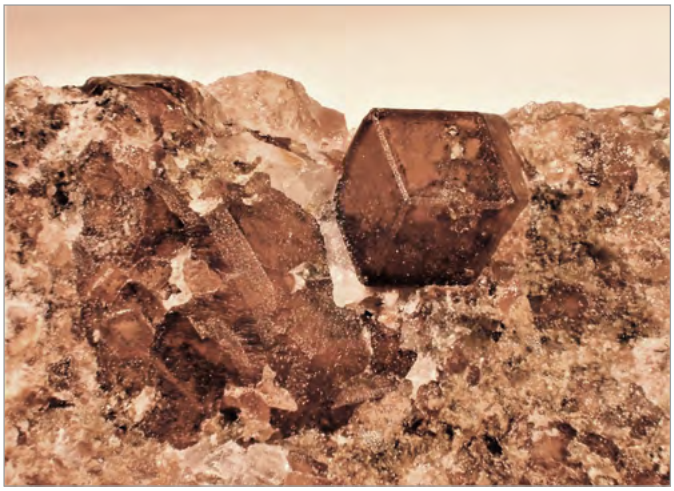


Figura 16. Cristall rombododecaèdric de grossulària. C.V. 1,3 cm.

Figura 17. Cristall trapezoèdric de grossulària. C.V. 2 cm.

Figura 18. Schorl en matriu de pegmatita. C.V. 3 cm.

Per a la confirmació definitiva caldria realitzar una anàlisi de DRX.

Aquesta zona del Tibidabo és la única de Catalunya on fins ara s'ha trobat aquesta espècie. Es presenta com a agregats cristal·lins més o menys radiats de color verd fosc a quasi negre (figura 14), associada a grossulària i epidota.

Grossulària (grup granat)

Uns dels minerals més destacables que podem trobar a la zona d'estudi són els granats. Aquests tenen coloracions variades que van des del marró fosc; fins al taronja, passant per tota la gamma de marrons, i també fins arribar al verd. La seva forma majoritària és el rombododecaedre, tot i que també s'ha trobat el trapezoedre i combinacions diverses.

Segons Gil Ibarguchi i Julivert (1988), aquests granats pertanyen a la sèrie grossulària-andradita, amb Ca i Al (grossulària) o Ca i Fe^{3+} (andradita). De sis mostres analitzades per aquests autors, totes estarien més a prop del terme grossulària (predomini de l'Al sobre el Fe^{3+}), amb una ràtio mitjana Al/Fe = 1,37/0,63 = 2,17; o sigui que hi ha el doble d'Al que de Fe^{3+}. Hi ha una setena mostra analitzada per ells que és també grossulària, però aquesta té força Mn^{2+} i també força Fe^{2+}, i per tant seria alhora propera a spessartina i a almandina.

Si bé no es pot descartar la presència d'altres espècies, a la zona d'estudi es pot afirmar que el granat present és sempre (o molt majoritàriament) grossulària.

A la figura 15 apareix l'espectre Raman d'una grossulària de la zona comparat amb el d'una de la base

Figura 19. Resultats de l'anàlisi d'EDS d'una mostra de schorl de la zona estudiada. Font: Pedro Mingueza.

Atom %

	C	O	Na	Mg	Al	Si	Ti	Mn	Fe
K2-1(1)_pt1	25.64	48.47	0.96	0.18	11.18	9.68	0.13	0.19	3.57
K2-1(1)_pt2	22.53	51.37	1.16	0.21	11.52	9.87	0.10		3.23

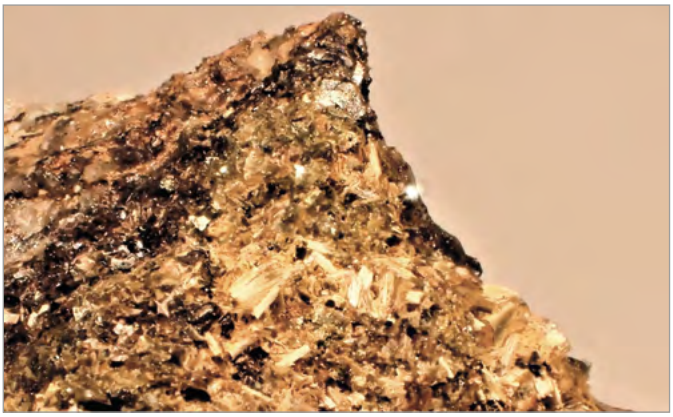


Figura 20. Mostra de possible piroxè (cristalls groguencs) d'aspecte fibrós, potser parcialment pseudomorfitzat a algun amfíbol. C.V. 1 cm.

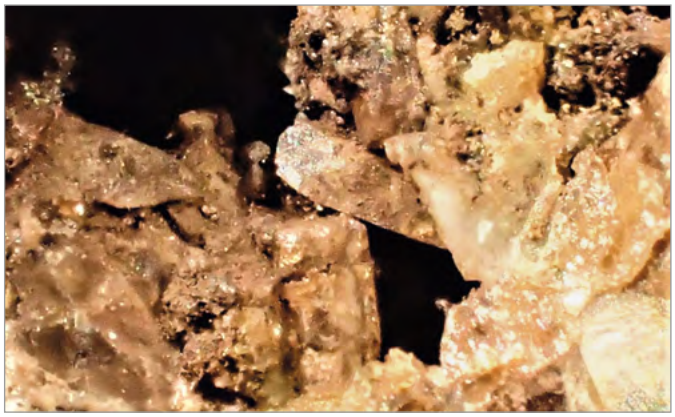


Figura 21. Cristall de titanita, al centre de la imatge. C.V. 1 cm.

de dades del projecte RRUFF i a les figures 16 i 17 apareixen dos cristalls representatius d'aquesta grossulària.

Schorl (grup turmalina)

Encara que siguin poc freqüents, són coneguts els cristalls prismàtics molt fins i allargats, agrupats en paral·lel, de turmalina (figura 18).

S'ha aprofitat el present estudi per a determinar de quina espècie del grup es tracta. La prova realitzada ha estat una anàlisi d'EDS, en la qual es pot comprovar que el resultat encaixa, com era d'esperar, amb la sèrie schorl-dravita, amb predomini clar del Fe sobre el Mg (figura 19). Per tant, es tracta realment de schorl.

Altres minerals

S'han trobat unes agrupacions fibroses de cristalls prismàtics molt prims i allargats de color groc sobre la granatita (figura 20). El material es troba bastant alterat i els resultats de les anàlisis, tant Raman com d'EDS, no permeten treure cap conclusió clara. Per un costat, els senyals de l'espectre Raman no són massa marcats; per un altre, els resultats de l'anàlisi d'EDS apunten a que en realitat es pot tractar d'una barreja de més d'un mineral, ja que no existeix cap espècie acceptada que encaixi amb aquests resultats.

Per l'aspecte es pot tractar d'un piroxè parcialment pseudomorfitzat a algun amfíbol, fet molt habitual als jaciments de tipus skarn. Per poder fer una determinació més concloent caldria realitzar una anàlisi de DRX.

La **titanita** no és freqüent al jaciment, on apareix com a petits cristalls aïllats de color marró groguenc, de fins a 3 mm de grandària, associats a epidota i grossulària (figura 21). S'ha identificat mitjançant espectroscòpia Raman (figura 22).

La **vesuvianita** és una altra espècie destacada. Aquesta té gairebé sempre color marró fosc, lluent i moltes vegades amb estries de creixement, i la forma més comuna és la prismàtica (figura 23).

Totes les fotos i tots els exemplars fotografiats són de Carles Castanera.

Figura 22. Comparativa de l'espectre Raman d'una mostra de titanita de la zona estudiada (blau) amb el d'una de Turner's Island, Lake Clear, Ontàrio, Canadà (vermell).
Fonts: Pedro Mingueza i projecte RRUFF.

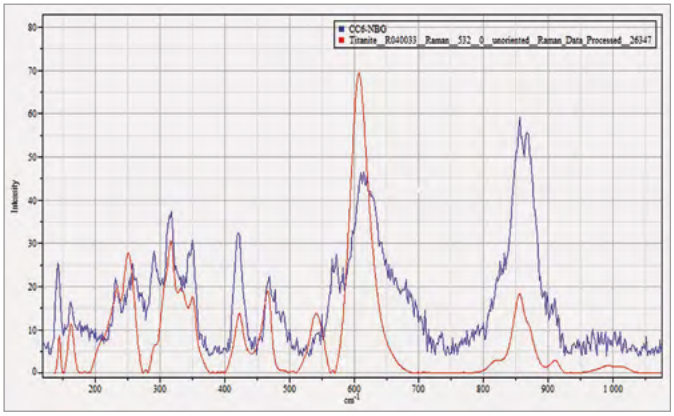


Figura 23. Cristall de vesuvianita, amb clinoclor. C.V. 1,3 cm.

Agraïments

Al servei d'anàlisi mineral del Grup Mineralògic Català.
Als membres dels serveis d'espectroscòpia Raman i de microscòpia electrònica de rastreig (SEM-EDS) dels Centres Científics i Tecnològics de la Universitat de Barcelona (CCiTUB), pel seu suport en les anàlisis realitzades, les quals han estat possibles gràcies al conveni que el Grup Mineralògic Català té amb la Universitat de Barcelona, amb la coordinació de la Dr. Núria Llorca.
A José Luis Garrido, per les aportacions en la interpretació de les anàlisis i per la revisió general de l'article.

Volem dedicar aquest article a la memòria de dos companys del GMC molt estimats i que van marxar massa d'hora. Un és el Carles Bel, amic amb qui vam recórrer en multitud d'ocasions aquest i altres indrets dels voltants de Barcelona en les nostres prospeccions mineralògiques. L'altre és l'Agustí Asensi, qui ens va deixar sobtadament durant una sortida del Grup. Dues bones persones que sempre mantindrem en el nostre record.

Referències bibliogràfiques

- Gil Ibarguchi, J. I., & Julivert, M. (1988). «Petrología de la aureola metamórfica de la granodiorita de Barcelona en la Sierra de Collcerola (Tibidabo)». *Estudios Geológicos*, vol. 44 (5-6), pp. 353–374.

Webs consultades

- Web de la base de dades Mindat. Consulta: juny i octubre de 2023. Disponible a <https://www.mindat.org/>.
- Web del projecte RRUFF. Consulta: juny i octubre de 2023. Disponible a <https://rruff.info/>.

DATA RECEPCIÓ: 03-07-2023. *DATA ACCEPTACIÓ:* 15-07-2023. *DATA INICI EDICIÓ:* 01-09-2023.

Grossulària amb epidota i prehnita. C.V. 4,5 cm.