

La mineralització de Fiñana (Almeria): caracterització i gènesi

Una breu aproximació a la gènesi dels filons d'or i coure
dispersos pels Filabres



Christian Montenegro Rodríguez
Tutora: Mercè Corbella i Cordoní
Juny de 2014

ÍNDEX

INTRODUCCIÓ.....	5
METODOLOGIA.....	9
RESULTATS.....	10
INTERPRETACIÓ I DISCUSSIÓ.....	12
CONCLUSIONS.....	16
AGRAÏMENTS.....	16
BIBLIOGRAFIA.....	16

ANNEXOS

Annex 1. Recull fotogràfic: descripció petrogràfica, mostres de mà i afloraments.....	18
Annex 2. Articles de premsa i converses telefòniques.....	34

CARACTERITZACIÓ DE LA MINERALITZACIÓ DE FIÑANA (Almeria)

Resum

Les serralades Bètiques estan caracteritzades per contenir dipòsits de mineralogies diverses d'interès econòmic. Un neguit d'uns geòlegs locals va portar a l'empresa Basti Resources a fer una exploració de la cerca de metalls preciosos com l'or i la plata amb coure associat. Arran de les investigacions que l'empresa va portar a terme durant 10 anys (1999-2009), va sorgir l'interès propi de caracteritzar una mineralització que fins el moment no ha estat reportada tant en detall. Els resultats de l'estudi de la paragénesi, així com els coneixements previs a escala més regional, han servit per acabar de definir una línia d'evolució metalogenètica. La mineralització principalment important són uns filons d'Au-Cu que es troben dispersos a una profunditat variable respecte la superfície de 40 metres, a la serralada dels Filabres, tocant a la vall de Fiñana. La mineralització filoniana porta associada una disseminació local de sulfurs i posteriorment registra una fase d'alteració supergènica de carbonats de coure i òxids i hidròxids de ferro. La gènesi del dipòsit és comparable amb la del jaciment del complex volcànic de Cabo de Gata. L'absència però, a Fiñana, de materials volcànics en contacte, porta a plantejar un sistema hidrotermal facilitat per falles a escala regional que comunicarien parts directament influenciades pel vulcanisme amb parts més pobres en metalls en dissolució. Així, la mineralització seria fruit de la precipitació de metalls portats com a complexos en solució en fluids hidrotermals provinents d'àrees més o menys properes i en contacte amb les unitats tectono-estratigràfiques del complex Nevado-Filábride.

Resumen

Las cordilleras Béticas están caracterizadas por contener depósitos de mineralogías varias de interés económico. Una corazonada de unos geólogos locales llevó a la empresa Basti Resources a hacer una exploración en busca de metales preciosos como el oro y la plata con cobre asociado. A raíz de las investigaciones que la empresa llevó a cabo durante 10 años (1999-2009), surgió el interés propio de caracterizar una mineralización que hasta el momento no ha sido reportada tan en detalle. Los resultados del estudio de la paragénesis, así como los conocimientos previos a escala más regional, han servido para acabar de definir una línea de evolución metalogenética. La mineralización principalmente importante son unos yacimientos de Au-Cu que se encuentran dispersos a una profundidad variable respecto a la superficie de 40 metros, en la cordillera de los Filabres, tocando con el valle de Fiñana. La mineralización filoniana lleva asociada una diseminación local de sulfuros y posteriormente registra una fase de alteración supergénica de carbonatos de cobre y óxidos e hidróxidos de hierro. La génesis del depósito es comparable con la del yacimiento del complejo volcánico de Cabo de Gata. No obstante, la ausencia en Fiñana de materiales volcánicos en contacto, lleva a plantear un sistema hidrotermal condicionado por fallas a escala regional que comunicarían partes directamente influenciadas por el vulcanismo con partes más pobres en metales en disolución. Así, la mineralización sería fruto de la precipitación de metales llevados como complejos en solución en fluidos hidrotermales provenientes de áreas más o menos próximas y en contacto con las unidades tectono-estratigráficas del complejo Nevado-Filábride.

Abstract

The Betic Ranges are characterized by containing several mineral deposits of economic interest. A hunch from local geologists led the company Basti Resources to explore for precious metals, like gold and silver, with associated copper. Following investigations conducted business in the region for 10 years (1999-2009); thus emerged my interest to characterize the mineralization that, so far, had not been reported in detail. The results of studying the mineral paragenesis and prior knowledge of the geology at a regional scale have served to define the metallogenic evolution. The most significant mineralization corresponds to Au-Cu deposits that are scattered at a variable depth, from the surface to 40 meters, in the mountains of the Filabres, touching Fiñana Valley. The mineralized veins are associated with a local spread of disseminated sulfides and record a later phase of supergene alteration with copper carbonates and iron oxides and hydroxides. The genesis of the deposit seems to be comparable to those of the volcanic complex of Cabo de Gata. However, the absence of volcanic materials in Fiñana leads to genetic model with a hydrothermal system conditioned by regional scale faults, some in direct connection with volcanism and some metal-poorer parts carrying other types of solutions. Thus, mineralization would result from the precipitation of metals from complexes carried in hydrothermal fluids from more or less nearby areas and the tectono-stratigraphic units of the Nevado-Filábride complex.

Històricament, la regió d'interès, que comprèn les comarques de Filabres-Tabernas i Guadix (Figs. 1 i 2), ha sigut objecte de l'exploració de ferro (Fig. 3) i roques industrials (marbres). Dintre de la zona, deixant de banda l'important complex miner d'Alquife (mines del Marquesado del Zenete), és rellevant tenir present les petites instal·lacions de rentat de mineral i petits poblats miners que al llarg de la serralada dels Filabres es poden trobar, a dia d'avui, abandonats. Aquests indrets denoten l'activitat minera en el passat i el potencial econòmic que dintre uns anys podria suposar la presència de mineralitzacions per revalorar i jaciments pendents d'estudi.

A més, s'ha afegit a l'estudi un jaciment de ferro molt proper a la zona estudiada equivalent al jaciment d'Alquife, tot i que no tenen relació genètica amb els dipòsits esmentats més amunt. Tanmateix, malgrat no ser d'interès pel present estudi, s'han mencionat per fer notar les diferències existents entre ambdós orígens i mineralogies.

La motivació que em va portar a realitzar aquesta investigació va ser, per una part, l'estima que li tinc al poble i la *sierra* que l'envolta, i per altra banda, les exploracions de metalls d'interès econòmic que sabia que s'estaven realitzant a la zona des de feia temps. Els metalls en qüestió són bàsicament or i coure, amb altres metalls estimats com són plata, cobalt i níquel².

La zona d'estudi se situa geogràficament entre les comarques de Los Filabres-Tabernas (Almeria), Guadix i Baza (Granada), més concretament, comprèn els termes municipal de Fiñana, Las Tres Villas, Abrucena i Baza (Fig. 3).

A gran escala, la zona se situa dins la Serralada Bètica. Donant un apropament geològic més concret, se situa a la part més interna de les Zones Internes Bètiques o coneguts també com a sistemes Penibètics (els sistemes Subbètics i Prebètics són les Zones Externes de l'orogen bètic, juntament amb el Complex del Campo de Gibraltar i el Complex Rondaide). Les Zones Internes formen la regió més intensament deformada de l'orogen i estan compostes per un apilament antiformal d'unitats tectòniques superposades. Aquestes unitats se subdivideixen en els Complexos Nevado-Filábride, Alpujárride i Maláguide (VERA i MARTÍN-ALGARRA, 2004). Aquests complexos són interpretats com a terrenys al·lòctons àmpliament desplaçats de la seva localització inicial per falles de desenganxament extensional (*extensional detachment faults*) (ALONSO-CHAVES, 1993) (Fig. 4).

- Unitats superiors del Manto del Mulhacén: està formada per una successió de micaesquists amb grafit i micaesquists feldspàtics-amfibòlics amb minerals de metamorfisme d'alt grau i alguna passada de quarsites. L'edat es considera permo-triàsica. La majoria de filons de què es parlen en aquest treball se situen dins d'aquestes unitats paleozoiques.

Cap a sastre de les unitats del Nevado-Filábride, hi ha registrada una etapa de metasomatisme que dóna lloc a l'aparició de marbres (coneguts localment com a *cipolinos*) i roques de substitució metasomàtica. Pertanyen al Trias.

² Diario Expansion.com, 01.03.2013. ALMERÍA. “Basti Resources buscará oro, plata y cobre en el norte de la provincia de Almería”:
<http://www.expansion.com/2013/03/01/andalucia/1362145980.html>.

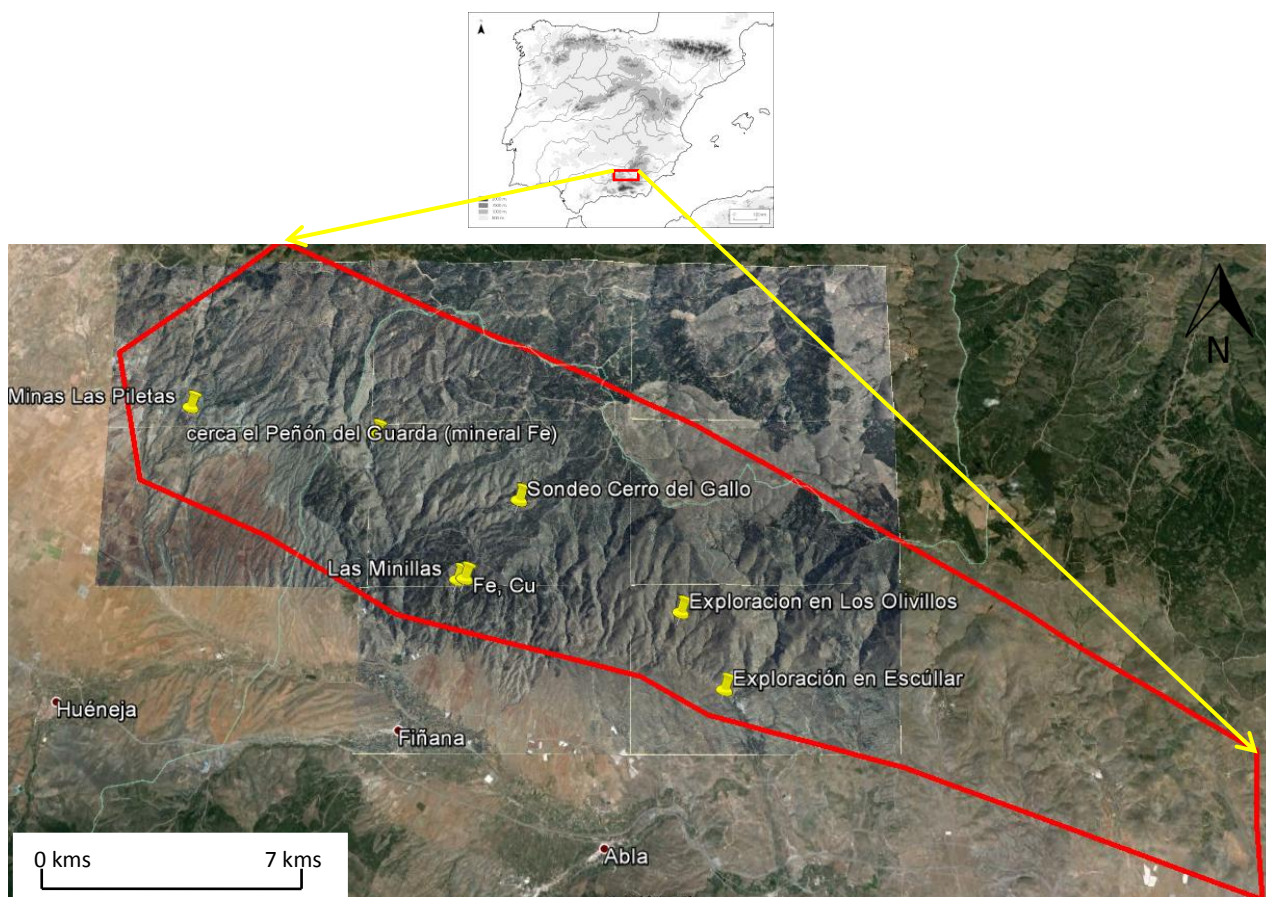


Fig. 1. Situació geogràfica de la zona d'estudi, situació dels punts de mostreig i delimitació hipotètica dels filons (en vermell). (Google Earth, ortofotomapes del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía).

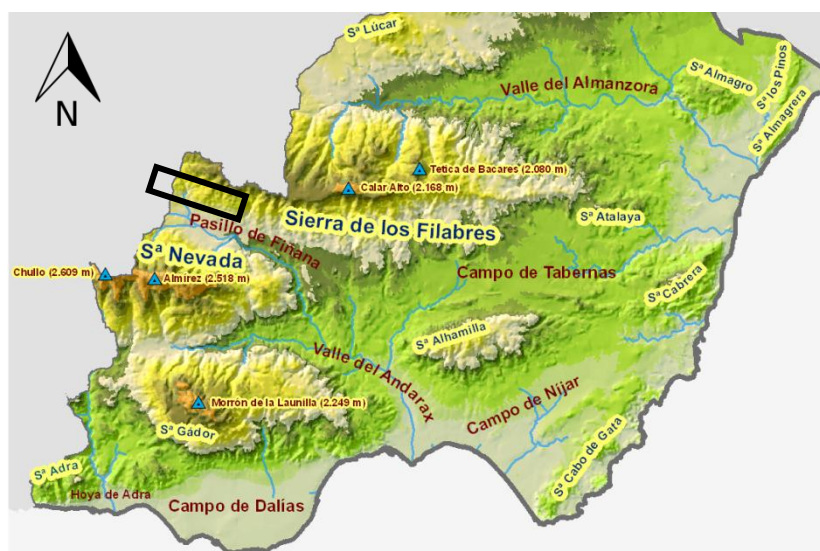


Fig. 2. Localització de la zona d'exploració dins les unitats geogràfiques (en negre). (Modificat de Google imatges).

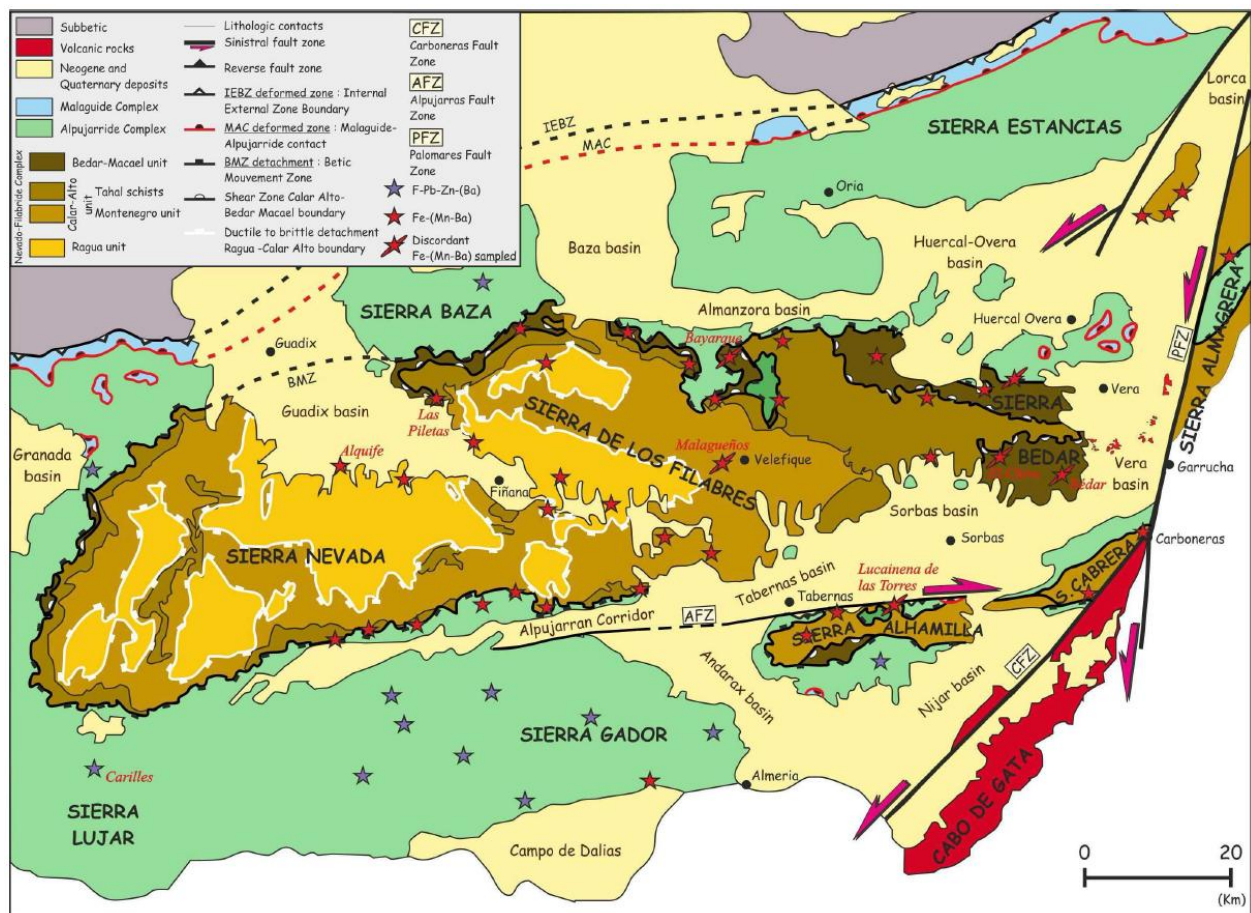


Fig. 3. Mapa geològic de la zona interna de les Serralades Bètiques. Amb estrelles vermelles, se situen els jaciments de ferro que es poden trobar al sòcol metamòrfic (DYJA (2014), modificat d'AUGIER (2004)).

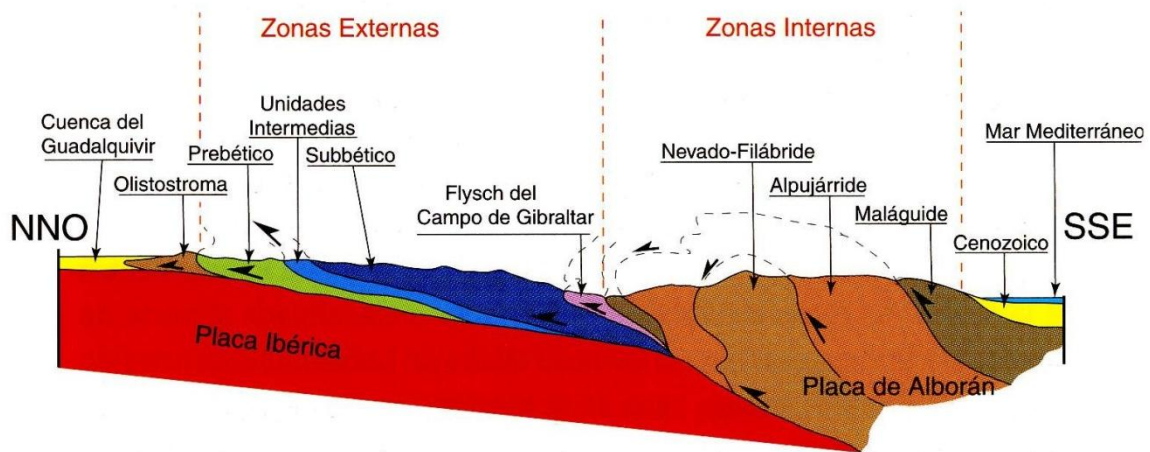


Fig. 4. Tall idealitzat de l'orogen Bètic que mostra l'encavalcament mutu de les unitats de les Zones Internes. Representats els Complexos Maláguide, Alpujarride y Nevado-Filábride. No es representa el Complex Rondaide (MELÉNDEZ, 2004).

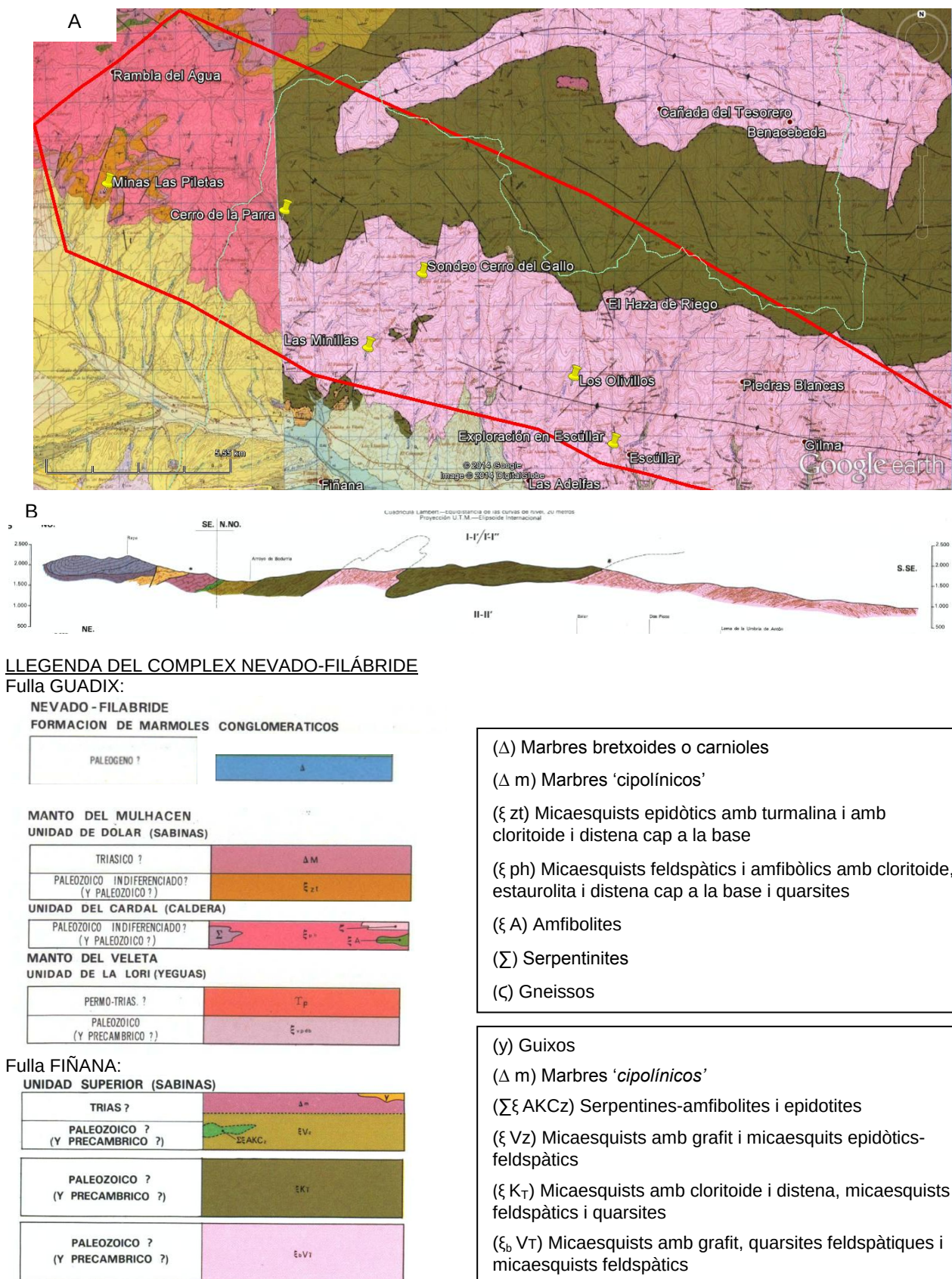


Fig. 5. (A) Superposició de dos mapes geològics 1:50.000 de l'IGME a la imatge de Google Earth. Apareixen bàsicament els materials del sòcol paleozoic-precàmbric. (Fulls de l'IGME, d'esquerra a dreta, Guadix (RUIZ et al., 1978) i Fiñana (NAVARRO i VELENDU, 1978), respectivament). (B) Tall subparal·lel a la disposició hipotètica a la zona filoniana d'Au-Cu.

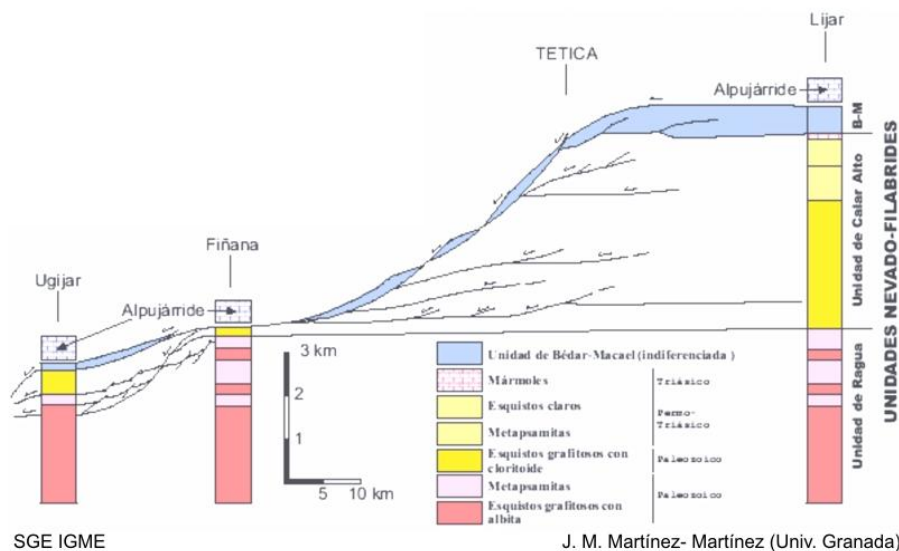


Fig. 6. Columnes tectono-estratigràfiques del Complex Nevado-Filábride en diferents localitats al llarg del desenganxament extensional dels Filabres (De GARCÍA-DUEÑAS i MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, 1988; MARTÍNEZ-Martínez i Azañón, 2002). Es veu com cap a l'oest hi ha un aprimament de les unitats d'acord amb el context tectònic regional³.

METODOLOGIA

La recerca d'informació va començar per la lectura de la premsa local i provincial. Als diaris destacaven dades sobre les empreses que havien fet exploracions des de començaments dels anys 90 del segle passat. A més, s'indicaven llocs concrets on s'havien extret mostres i el procediment de les exploracions.

La delimitació aproximada de les mineralitzacions principals (els filons d'Au-Cu) i la seva alteració supergènica, ha estat realitzada per Basti Resources⁴. Aproximadament, en aquest treball s'ha estimat l'extensió filoniana en un màxim de 30 quilòmetres de llargada i 8 d'amplada.

S'ha procedit a la consulta de la bibliografia geològica – geotectònica de les diferents cartografies existents sobre la zona. La cartografia geològica utilitzada són els plànols geològics 1:50.000 de Fiñana, nº1012, 22-41 i de Guadix, nº1011, 21-41 publicats pel “*Instituto Geológico y Minero de España*”. Per una millor anàlisi de la zona d'estudi, s'han observat ortofotografies de la Junta de Andalucía.

Al llarg de tres setmanes no consecutives s'han realitzat periòdiques campanyes de camp per tal de fer el reportatge fotogràfic, mostrejar i observar la geologia regional i la tectònica.

De tota l'àrea, s'han recollit unes 80 mostres de les quals 20 han estat d'utilitat per fer una identificació mineralògica a *visu*. Dues mostres van ser analitzades amb Difracció de Raigs X (Fig. 7), i 4 mostres

representatives van ser preparades per a fer làmines primes polides per ser estudiades amb microscòpia òptica tant de llum transmesa com reflectida.

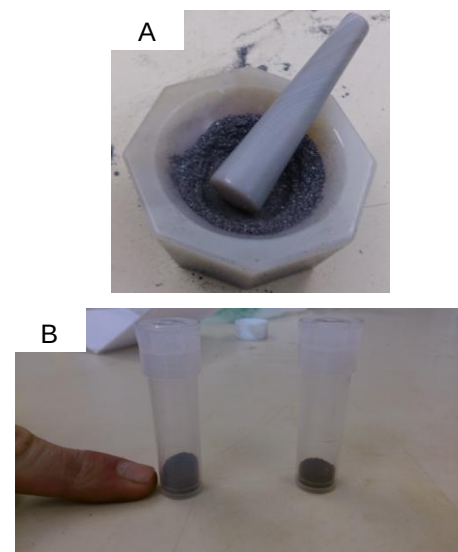


Fig. 7. (A) Procediment de trituració per a obtenir una mostra fina a analitzar amb DRX (morter amb la mostra Pi). (B) Mostres analitzades amb DRX.

La descripció textural i petrogràfica ha sigut de gran utilitat per acabar de determinar la gènesi de la mineralització. Igualment, les anàlisis de DRX han estat útils per assegurar la presència de minerals difícils d'identificar però que la seva existència era altament probable (vegeu a continuació).

³ Vegeu l'apartat *Interpretació i discussió*

⁴ Converses telefòniques amb Eduardo Contreras (veure Annex 2 per a més informació).

	Total mostres recollides	Identificació amb mostres de mà	Làmines primes polides	Anàlisi amb DRX
Nº/anàlisis totals	80		4	2
Las Minillas	23	20	3	-
Las Piletas	11		-	1
Los Olivillos	12		1	-
Las Tres Villas	5		-	-
Cerro la Parra	5		-	1
Cerro el Gallo	17		-	-

Taula 1. Inventari de laboratori de les localitzacions de mostreig.

A continuació, s'exposa una petita descripció de les localitzacions de mostreig. Per a més detall, consulteu l'Annex 2.

Las Minillas de Fiñana (coordenades cartogràfiques: N 37° 12,32'; O 2° 49,52'; –vegeu pàgina 19-)

Aquestes van ser unes antigues explotacions de ferro, les quals estan associades amb una mineralització filoniana (Junta de Andalucía, Basti Resources). Aquestes mineralitzacions es relacionen amb unes fractures de direcció N-S i també N-30°-E. Aquestes últimes són les més importants, i apareixen amb una inclinació d'uns 35°, cap a llevant.

Si observem mostres a ull nu, entre els minerals presents es pot trobar abundant siderita-ankerita, podríem arribar a notar la presència d'hematites i goethita (normalment limonititzades). D'opacs arribem a trobar calcopirita i pirita, a més de malaquita i atzurita. També apareixen altres minerals de precipitació secundària, com la pirolusita i la calcita.

Mina Las Piletas (coordenades cartogràfiques: N 37° 15' 2.24"; O 2° 54' 47.53"; –vegeu pàgina 26-)

Aquestes mines eren (i ho són encara avui) objecte de l'explotació de ferro. Els minerals que explota actualment l'empresa *Óxidos Férricos S.A.*⁴ són hematites especular (sobretot) que es troba en hàbit micaci o laminar (veure pàgina 27), i goethita. Tracten una capa de 3 metres de potència que és destinat a pintures, com additiu.

Aquest jaciment s'ha presentat en aquest treball per a contraposar-lo a l'estudi principal que és d'origen filonià (vegeu *Interpretació i discussió*).

Los Olivillos (coordenades cartogràfiques: N 37° 11' 49.02"; O 2° 45' 19.20"; –vegeu pàgina 28-)

Aquesta localització ha sigut objecte d'anàlisi per Basti Resources, concretament és un punt elevat on s'observa una patina d'òxids de ferro d'unes 8 ha (vegeu aspecte superfície a la pàgina 28).

Escúllar (Las Tres Villas) (coordenades cartogràfiques: N 37° 10' 40.80"; O 2° 44' 30.62"; –vegeu pàgina 29-)

Localització també analitzada per Basti Resources. És la localització de superfície d'alteració més reduïda i no presenta afloraments de grans quantitats de sulfurs.

Cerro de la Parra (coordenades cartogràfiques: N 37° 14' 34.08"; O 2° 51' 10.10"; –vegeu pàgina 30-)

Aquí trobem una antiga explotació de ferro on "rentaven" el mineral de ferro fent passar les roques per

un pendent amb aigua que facilitava la separació de la mena de la ganga. S'explotaven goethites i siderites.

Cerro del Gallo (coordenades cartogràfiques: N 37° 13' 30.96"; O 2° 48' 22.38"; –vegeu pàgina 31-)

El punt més característic juntament amb Las Minillas. Aquí es va fer una perforació de 300 metres en vertical (Basti Resources) en la cerca d'un filó d'or que van trobar a una profunditat de 40 metres respecte la superfície topogràfica. A mesura que s'avança en profunditat, es troben sulfurs d'ambients cada vegada més reductors, i per tant, més propensos a acompanyar el mineral d'or (Basti Resources, vegeu Annexos). Si en superfície hom observava minerals de calcopirita i pirita, en profunditat, associat a venes de quars, troba arsenopirita i pirita acompanyant or i coure natiu (Basti Resources). A les mostres recollides, però, no s'ha trobat ni or ni arsenopirita.

L'encaixant més comú i que descriuria millor la geologia local es correspondria amb la mostra Ve 1.6 (veure pàgina 20). És una roca fil·lítica-esquistosa més o menys foliada segons la localització. Composta bàsicament per moscovita, quars, amb més o menys abundància de grafit i feldspat potàssic. Així, coincidiria amb la descripció dels autors, i seria definida com un micaesquist feldspàtic amb (o no) grafit (NAVARRO i VELENDO, 1978). També pot donar-se que l'encaixant sigui una metaquarsita (veure mostra Ol. 2, pàgina 22).

Com a mineralització prèvia als sulfurs, s'observa un episodi de gènesi mineral, segurament d'edat mesozoica (RUIZ MONTES, 1991), que se superposa al substrat. Aquesta gènesi mesozoica és probablement la que es descriu a la zona del Marquesado, de tipus hidrotermal, on es produeixen reaccions metasomàtiques. Aquesta mineralogia és originada per una aportació de fluids circulants rics en òxids de ferro que, per una banda, produeixen reemplaçaments dels carbonats de calci (triàssics) que esdevenen marbres (*cipolinos*) amb minerals de siderita i ankerita, i per altra, produeix la precipitació de metalls en alguns punts: hematites i magnetita a Las Piletas i Cerro La Parra (vegeu resultats anàlisis a Figs. 8 i 9), amb morfologies i associacions minerals diverses.

Els sulfurs que precipiten més tard es troben en forma de filons (no trobat en campanyes de camp, però Basti Resources ho afirma) o en les discontinuïtats estructurals que apareixen per la superfície topogràfica (veure Annex 1). Es podria parlar d'una disseminació local de sulfurs (on hi hagi fractures i filons). Basti Resources afirma haver trobat or-coure associat a

⁴ Empresa que explota actualment la mineralització de Las Piletas: <http://www.oxidoferricos.com/>

petits filons de mida centimètrica a mil·limètrica que van ser precipitats juntament amb un fluid ric en quars. Al llarg d'aquests filons i fractures, els sulfurs que apareixen són els següents: calcopirita, pirita, arsenopirita (Basti Resources), entre d'altres no observats (vegeu Annexos). Aquesta mineralització reemplaça en part els carbonats preexistents i adopta en alguns casos la seva forma. S'aprecia una coexistència de pirita amb calcopirita degut a les substitucions mútues (veure Annex 1).

Com alteracions més recents, s'observen reaccions d'aigües meteòriques amb la mineralogia filoniana i

associada a falles. Es produeixen continus reemplaçaments totals o parcials de la mineralogia sulfurosa preexistent. D'aquesta manera trobem els productes dels minerals de coure rentats, malaquites i atzurites (vegeu pàgina 21), i del rentat d'òxids de ferro en trobem goethites. Seguit a aquesta alteració, se superposa un altre estadi de precipitació d'òxids i hidròxids de ferro, en formes de limonites.

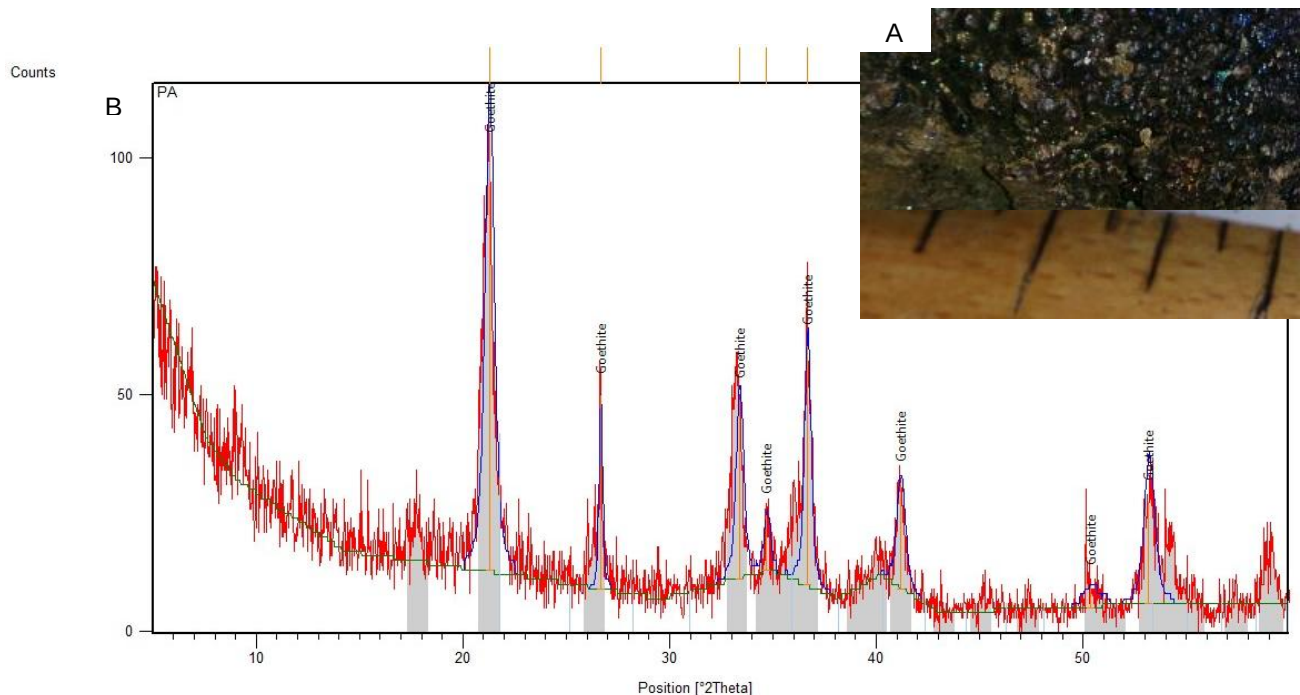


Fig. 8. (A) Aspecte del mineral analitzat al Cerro de la Parra (mostra Pa 3). (B) Resultat de l'anàlisi DRX (goethita).

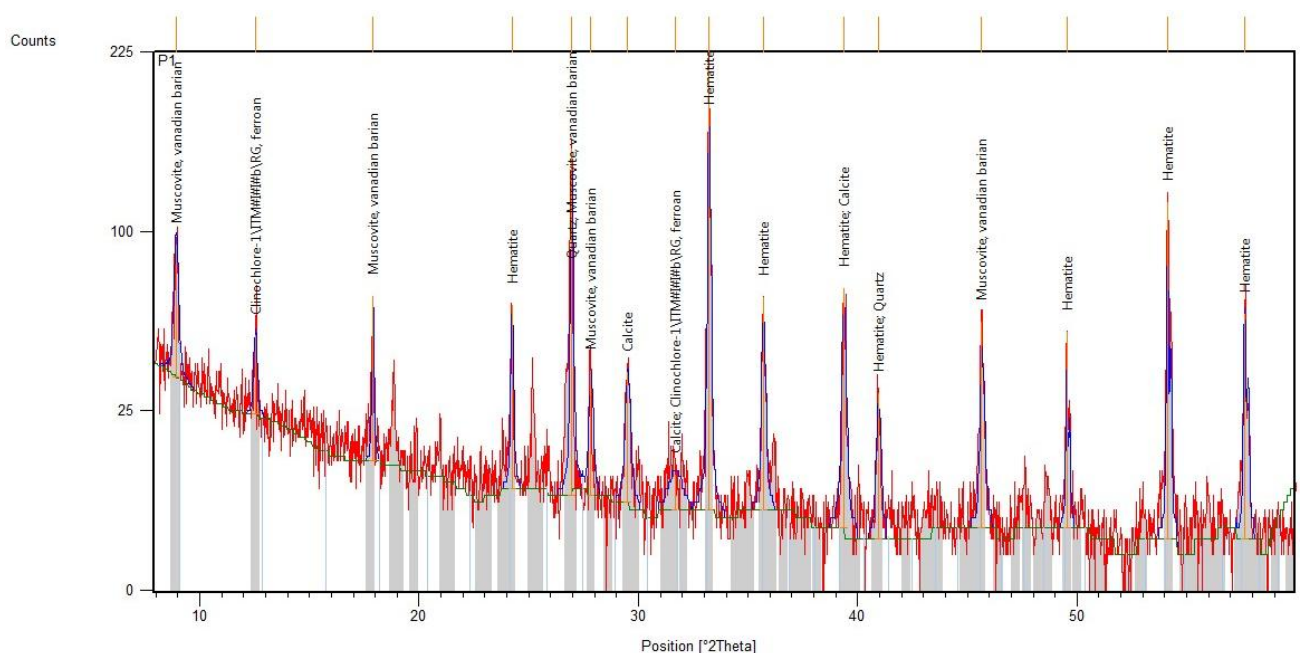


Fig. 9. Resultat de l'anàlisi DRX (mostra Pi 4). Dóna, molt probablement, una composició d'hematites amb moscovita amb alteracions de calcita i clinoclor.

Al llarg dels complexos Alpujárride i Nevado-Filábride, hi ha diverses mineralitzacions de tipus F-Pb-Zn-(Ba) i de Fe-(Mn-Ba) (DYJA, 2014), que s'han interpretat com a jaciments estratiformes de tipus sinsedimentari a la diagènesi d'edat triàsica (TORRES-RUIZ, 1983). Si hom té en compte les unitats tectono-estratigràfiques, s'observa una major concentració de jaciments de ferro dins les unitats Nevado-Filábrides i de fluorita dins les Alpujárrides (Fig. 2). Aquesta distribució pot ser explicada per dues raons: 1) els jaciments associats al Triàsic tenen com a origen de les concentracions minerals concentracions preexistents als paleoambients sedimentaris, i 2) els jaciments associats a la tectònica alpina i al metamorfisme associat són producte de la concentració de fluids mineralitzants que van circular més recentment, durant l'exhumació de l'orogen al Miocè (DYJA, 2014).

Els jaciments de ferro explotats a Las Piletas (i de manera molt similar a Alquife, Unitat de Dólar, mantell del Mulhacén) van ser formats per dos tipus de mineralització. Una de sinètica, amb hematites especular i magnetita, situada a la base dels carbonats superiors de la Unitat de Dólar. Una segona fase mineralitzant, epigenètica, és posterior al metamorfisme alpí, molt més important que l'anterior, i registra els següents processos: reemplaçament dels marbres per hematites, goethita i siderita, reompliment de cavitats kàrstiques amb hematites i goethita (alterada a limonita), i masses estratiformes, localitzades en discontinuïtats tectòniques, en el contacte entre la Unitat de Dólar i la Unitat del Cerro de Cardal, amb siderita, hematites i goethita (TORRES-RUIZ, 1983).

Aquesta mineralització, d'edat triàsica, està estretament lligada al metamorfisme d'un sediment que ja era ric en hematites i magnetita (TORRES-RUIZ, 1983), els quals van ser aportats anteriorment per fluids hidrotermals lligats a un vulcanisme i un plutonisme triàsic (TORRES-RUIZ, 1983, 2006). L'existència de siderita i ankerita, és incompatible amb un ambient marí obert.

És així que la gènesi s'adequa més aviat a unes condicions de *lagoon*, d'acord amb una transgressió marina triàsica tardana (KUKAL, 1971). Segons les anàlisis isotòpiques i geoquímiques realitzades per Torres-Ruiz (2006), els fluids hidrotermals que participaren en la precipitació estan associats a un metasomatisme dels encaixats carbonatats de siderita i una cristallització d'hematites dins les mineralitzacions de tipus SedEx (vegeu la reconstrucció de l'ambient de formació a la Fig. 10). Una transformació posterior dels carbonats de ferro en hematites i oxi-hidroxids de ferro va tenir lloc en una etapa post-alpina i s'atribueix a l'alteració supergènica.

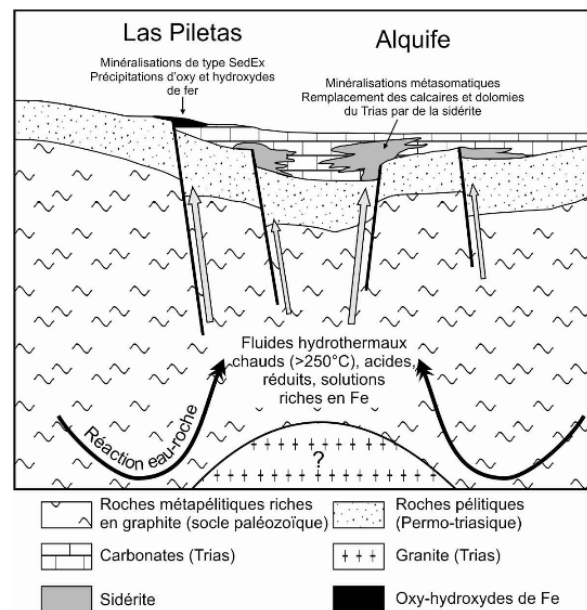


Fig. 10. Model genètic dels jaciments de ferro d'Alquife i Las Piletas. (TORRES-RUIZ, 2006).

COMPARACIÓ AMB UN JACIMENT SIMILAR: EL DIPÒSIT EPITERMAL DE RODALQUILAR

Les mineralitzacions filonianes d'Au i Cu que es troben al Nevado-Filábride són complicats de comparar amb altres dipòsits. Es coneix l'edat aproximada de la mineralització, (miocena), la morfologia dels filons (petits reixams de filonets –Basti Resources–), la mineralogia i context geològic local. Per proximitat, similituds i context geològic deduïble, s'assemblen a les del dipòsit epitermal del complex volcànic de Cabo de Gata, el conegut jaciment de Rodalquilar.

Calia fer una breu presentació dels jaciments d'Alquife i Las Piletas ja que he mostregiat la geologia de Las Piletas per fer la comparativa amb els dipòsits de tipus filonià. En contraposició a aquestes localitzacions d'edat triàsica, les mineralitzacions filonianes d'Au i Cu geogràficament properes tenen un origen posterior, relacionades amb sistemes hidrotermals associats a un vulcanisme calco-alcalí (Rodalquilar), controlats per sistemes de falles i fractures que faciliten una forta i llarga alteració. Aquesta alteració és de basalts (vulcanites) a la zona de Rodalquilar i els dipòsits

aurífers es concentren dins de roques calco-alcalines (ARRIBAS *et al.*, 1995). Aquestes basalts estan datats en 10 Ma (BELLON *et al.*, 1983).

El context geològic en què es produeix aquesta mineralització el resumeixo a continuació.

El cinturó magmàtic es va formar durant un episodi d'aprimament cortical degut al col·lapse extensional post-col·lisional entre la placa Ibèrica i la d'Alboran, durant l'orogènia Alpina (vegeu Fig. 11), segons estudis recents (DOBLAS i OYARZUN, 1989). Aquest episodi va anar seguit d'un període de gran compressió, amb subducció inclosa, al Cretaci tardà-Paleogen. Abundava una activitat hidrotermal associada a l'etapa final del vulcanisme neogen (Fig. 12). És així que la litologia de la zona és una combinació de processos ignis, incursions d'un mantell heterogeni modificat per la subducció, cristallització fraccionada i contaminacions corticals (LÓPEZ-RUIZ and RODRÍGUEZ-BADIOLA, 1980; TOSCANI *et al.*, 1990).

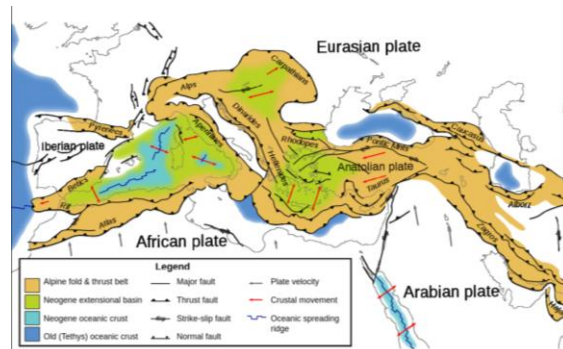


Fig. 11. Mapa geotectònic del Mediterrani. Estructures tectòniques i les cadenes relacionades amb l'orogènesi alpina (DYJA, 2014).

Les mineralitzacions a Rodalquilar estan lligades a les fissures radials que envolten la caldera creada per l'erupció d'una colada de cendres de composició riolítica cap als 11 Ma que va ser seguida per altres erupcions menors (ARRIBAS *et al.* 1995). D'acord amb el treball de Cunningham *et al.* (1990), les característiques que van propiciar la formació dels dipòsits epitermals d'or van poder ser, per una banda, l'abundància de magmatisme dacític a riolític i les erupcions volcàniques, per una altra banda,

l'abundància de zones permeables al llarg de fractures relacionades als episodis de col·lapses de caldera i la reaparició esporàdica de surgències, l'emplaçament d'intrusions andesítiques en l'últim estadi de la caldera. Posteriorment, es registra una alteració hipogènica d'alta sulfuració creada per un domini de fluids magmàtics tardans d'elevada acidesa. Als primers estadis de precipitació de metalls es van assolir temperatures superiors als 400°C (Holland, 1965).

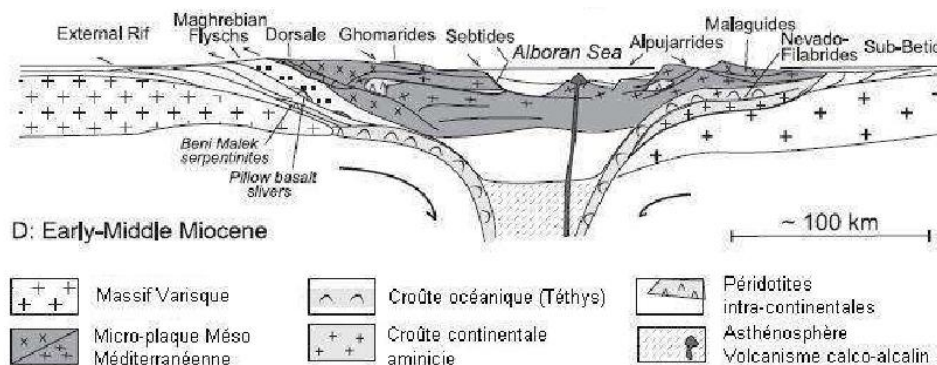
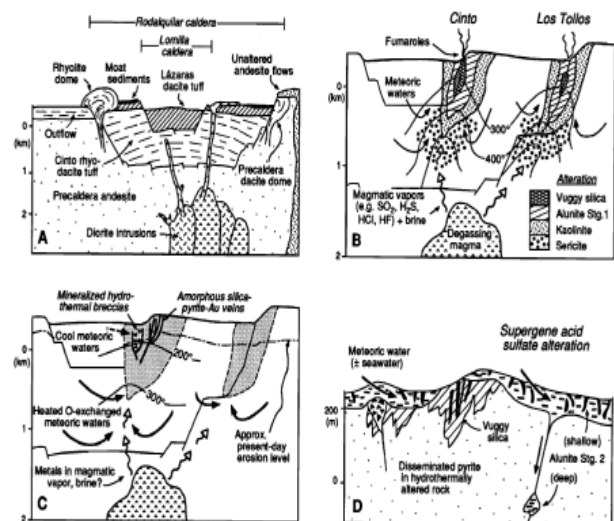


Fig. 12. Episodi de l'orogènesi bètica-rifenyà al Miocè mitjà (MICHARD et al 2002).

La formació del dipòsit de Rodalquilar comprèn una duració de 8 m.y., des de la formació del complex de la caldera (~11,2 Ma), fins un últim estadi d'alteració supergènica sulfat-àcida (4-3 Ma) (ARRIBAS *et al.*, 1995).

Fig. 13. Tall esquemàtic que mostra l'evolució del complex de caldera de Rodalquilar i el dipòsit generat. (A) Relació entre les unitats geològiques a la caldera de Rodalquilar. Alteració hidrotermal que afecta a totes les unitats excepte el volcanisme andesític que s'extreuix. (B) Estadi d'alteració principal del substrat (edat: ~10,4 Ma) del magmatisme hidrotermal responsable de l'alta sulfuració del dipòsit. (C) Estadi principal de mineralització de l'Au del sistema hidrotermal magmàtic. (D) Estadi d'alteració supergènica sulfat-àcida (4-3 Ma). (ARRIBAS *et al.*, 1995)



La morfologia del jaciment de Rodalquilar és bàsicament la d'un *stockwork*, amb filons d'or associats genèticament amb venes de quarsita. Segons les converses mantingudes amb Basti Resources, en aquest sentit l'aspecte dels filons de Fiñana serien idèntics, guardant les distàncies de mides, evidentment, doncs com ja s'ha dit, són filons més modestos. La mineralització o metalls de la zona de Rodalquilar és la següent: plata, or, galena, zinc, quars, caolinita, alumini, bàsicament. En quant al tonatge d'or, actualment es calculen unes 3 T d'or de reserva⁵ (Fig. 14).

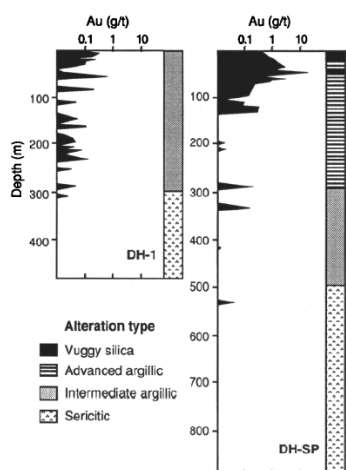


Fig. 14. Abundància actual d'or al llarg d'uns sondejos realitzats a la caldera de Rodalquilar (ARRIBAS et al., 1995)

En quant a alteracions a la zona de Fiñana, s'observen restes d'una possible alteració argílica poc desenvolupada, que queda representada en punts molt concrets del paisatge estudiat (campanyes de camp), com per exemple, a Las Minillas i Las Piletas (vegeu mostres a Annexos).

En quant a la similitud de l'emplaçament de la mineralització de Fiñana, troba paral·lisme amb un jaciment de la Sierra Almagrera, el de Mazarrón (d'edat ~ 11 Ma), els dipòsits del qual estan allotjats a micasquists paleozoics del Nevado-Filábride (MORALES-RUANO, 1994), emplaçaments equivalents als de Fiñana. No comparteix, però, la mineralogia de Mazarrón, amb abundància de sulfosals, Pb i Zn (Morales-Ruano, 1994). És important destacar, que d'acord amb l'autor, la metal·logènesi de la zona volcànica neògena, té, cito textualment, "relación

directa con el vulcanismo, pero a pesar de esta relación, el control de las mineralizaciones es esencialmente estructural (...) esta relación se pone de manifiesto al observar la correspondencia que existe entre la distribución geográfica del magmatismo y las mineralizaciones, que se extienden a lo largo de grandes fallas de desgarre" (MORALES-RUANO, 1994, p. 30). L'autor, d'aquesta manera vol destacar que la configuració tectònica a escala regional juga un paper molt important en la concentració i desplaçaments dels fluids hidrotermals.

Al comparar el jaciment de Rodalquilar amb el dipòsit de Fiñana, sorgia un problema: la geologia del territori. Al llarg de la serra dels Filabres, pel cantó de Fiñana, no afloren ni es detecta en profunditat registre d'activitat volcànica. És per aquest motiu que la comparació d'ambdós jaciments es torna complicada. L'edat, però, miocena, concorda amb el context regional geotectònic, al marge de la subducció de la placa d'Alboran. El magmatisme que tindria lloc en aquesta zona també seria un magmatisme back-arc associat a la zona de Benioff. D'aquest magmatisme en resultaria una etapa post col·lisional on predominarien les percolacions de fluids d'origen hidrotermal. El problema està en trobar l'origen dels fluids mineralitzants de la zona de Fiñana, en absència de registre volcànic fòssil en la columna estratigràfica.

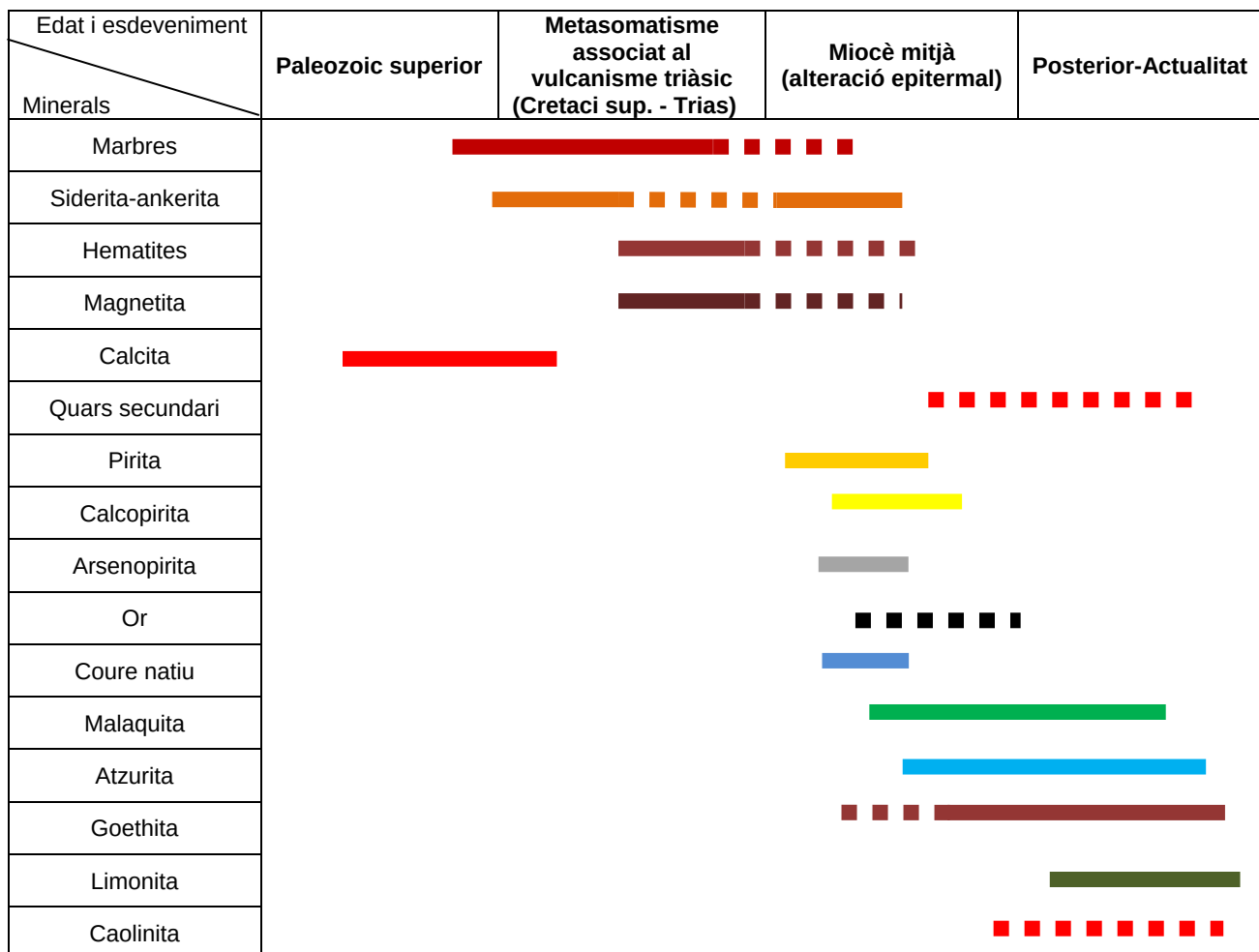
D'aquesta manera, la visió d'una influència magmàtica exclusiva per al límit físic del complex volcànic de Cabo de Gata pot veure's condicionada pel grau de llibertat que proporcionen les grans estructures tectòniques que conformen el complex Nevado-Filábride. És plausible pensar que el sistema de falles de desenganxament extensional que comprenen tota la regió, els nivells de base dels mantells de corriment que es posen en contacte, les falles menors associades i altres discontinuïtats tectòniques han pogut crear una xarxa interconnectada permeable que ha servit de conducte pel transport de fluids que han circulat durant un temps prolongat comunicant les zones més riques en materials volcànics i metalls amb altres zones on no hi havia grans concentracions.

També val a dir que és possible que hi hagués una concentració en metalls prèvia a un nivell més proper, sobretot si hom té en compte el metasomatisme que hi ha registrat i que, segons el present estudi, s'ha considerat com a anterior a la mineralització dels filons d'or-coure i sulfurs associats.

⁵ «La Cuenca de Almería - Níjar». Consultat el 13 de juny de 2014.

RECONSTRUCCIÓ DE LA PARAGÈNESI

Se'n dedueix, a partir de l'estudi petrogràfic i les dades bibliogràfiques la següent seqüència paragenètica (Taula 2).



Taula 2. Seqüència de precipitació dels minerals en relació amb el temps i esdeveniments regionals principals (escala de temps orientativa).

L'anterior seqüència paragenètica vol ser un resum de la mineralogia estudiada al llarg del territori de Fiñana. S'inclouen tant els fluids que feien precipitar siderites en un substrat triàsic carbonatat com són també els que precipiten sobre roques paleozoiques, per mitjà del sistema de fractures.

Destaquen dues èpoques metalogèniques principals. La primera, té inici al final del Paleozoic i es desenvolupa durant el Trias: ha generat mineralitzacions estratoligades sinsedimentàries emplaçades en sèries carbonatades (predominantment) i metapelítiques (Cerro de la Parra). La segona fase es desenvolupa a partir del Triàsic superior (més

incipientment) fins el Miocè mitjà i genera, en la zona, processos epigenètics i epitermals que proporcionen noves mineralitzacions filonianes, ja sigui en materials neògens-quaternaris i en relació amb el vulcanisme neogen (indirectament, si més no), o ja sigui en sèries més antigues per concentració d'elements dispersos o per remobilització de mineralitzacions prèvies de la primera fase metalogenètica (RUIZ-MONTES i MOLINA-MOLINA, 2002).

Basant-nos en la disposició tectònica i estratigràfica i els trets en comú amb Rodalquilar, només queda pensar que l'edat de la mineralització dels filons d'Au i Cu de Fiñana és miocena.

- En el present estudi es descriuen dues mineralitzacions amb paragènesis totalment diferenciades. Per una banda, la primera mineralització observada és la d'un dipòsit de tipus SedEx, d'edat triàsica, associat a un metasomatisme que afectà un encaixant carbonatat. En segon lloc, unes mineralitzacions filonianes originades per un estadi epitermal del Miocè mitjà, on predomina la precipitació de sulfurs i paragenèticament associada una mineralització d'or.
- La mineralització dels filons de Fiñana i la seva alteració està caracteritzada pels següents minerals principals: calcopirita, pirita, arsenopirita, or, coure natiu, malaquita, atzurita, siderita-ankerita, calcita, goethita i limonita.
- Una mineralització primària carbonatada amb ferro (de composició siderítica) d'un ambient reductor serveix com a substrat de la precipitació de calcopirita i pirita que van acompanyats, en certs indrets, d'una concentració d'or-coure. Posteriorment, en un ambient més oxidant, es formen malaquita i atzurites com a alteració dels sulfurs, i més tard, les goethites i la limonita reemplacen les mineralogies prèvies.
- Les dimensions dels filons d'Au-Cu són conegudes de forma orientativa per Basti Resources. Els filons no afloren i no se'n té coneixement públic de mides en profunditat. Només coneixem per la informació obtinguda a les converses telefòniques amb Basti Resources que els filons són un reixat d'aspecte fracturat (a l'estil *stockwork*) d'amplada mil·limètrica a uns pocs de centímetres.
- L'ambient de formació deduït i comparat és hidrotermal, del mateix estil que el jaciment de Rodalquilar. La concentració de metalls s'ha aconseguit tant per la influència de fluids que prèviament existien *in situ* com pels fluids mineralitzants provinents de zones volcàniques.

AGRAÏMENTS

En primer lloc, agraeixo a la Dra. Mercè Corbella el temps que m'ha dedicat com a tutora d'aquest Treball de Fi de Grau, per la seva paciència i ajuda. També agraeixo la col·laboració puntual però important del Dr. Esteve Cardellach en la identificació d'alguns minerals

que en l'anàlisi petrogràfic passava per alt. Per últim, agrair la col·laboració a distància del Lalo (Eduardo Contreras), que a través de les converses telefòniques em va ajudar a clarificar la gènesi del dipòsit de Fiñana.

BIBLIOGRAFIA

ARRIBAS, A., Jr., CUNNINGHAM, C. G., RYTUBA, J. J., RYE, R. O., KELLY, W.C., PODWYSOCKI, M. H., McKEE, E. H. & TOSDAL, R. (1995): *Geology, Geochronology, Fluid Inclusions, and Isotope Geochemistry of the Rodalquilar Gold Alunite Deposit, Spain*. EN: *Economic Geology*, **90**, pp.795-822.

AUGIER, R. (2004). *Evolution tardi-orogénique des Cordillères bétiques (Espagne). Apports d'une étude intégrée*. PhD, Université de Pierre et Marie Curie.

ALONSO-CHAVES, F.M., GARCÍA-DUEÑAS, V. y OROZCO, M. (1993): Fallas de despegue extensional miocenas en el área de Sierra Tejada (Béticas centrales). EN: *Geogaceta*, **14**, 116-118.

BELLON, H., BORDET, P., et MONTENAT, C. (1983): *Chronologie du magmatisme néogène des Cordillères bétiques (Espagne méridionale)*. EN: *Bulletin de la Société Géologique de France*, **25**, 205-217.

CUNNINGHAM, C. G., ARIBAS Jr., A., RYTUBA, J. J. & ARIBAS, A. (1990): Mineralized and unmineralized calderas in Spain; Part I, evolution of the Los Frailes Caldera. EN: *Mineralium Deposita*, **25**, S21-S28.

DOBLAS, M & OYARZUN, R. (1989): Neogene extensional collapse in the western Mediterranean (Betic-Rif Alpine orogenic belt): Implications for the genesis of the Gibraltar Arc and magmatic activity. EN: *Geology*, **17**, 430-433.

DYJA, V. (2014). *Interaction entre fluides de différents réservoirs lors de l'évolution d'un prisme orogénique en contexte de déformation partitionnée: les Cordillères bétiques internes (Espagne). Implications sur le transfert de métaux dans la croûte*. Thèse doctoral. Université de Lorraine.

GARCÍA-DUEÑAS, V. y MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, J. M. (1988): Sobre el adelgazamiento mioceno del Dominio Cortical de Alborán, el Despegue Extensional de Filabres (Béticas orientales). EN: *Geogaceta*, **5**, 53-55.

HOLLAND, H.D. (1965): Some applications of thermochemical data to problems of ore deposits, II. Mineral assemblages and the composition of ore-forming fluids. EN: *Economic Geology*, **60**, p. 110-166

JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Medio Ambiente. *Contextualización geológica de Andalucía: una aproximación a la geodiversidad andaluza*.

KUKAL, Z. (1971). *Geology of Recent Sediments*. Academia Publishing House of Czechoslovak Academy of Sciences.

MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, J. M. (1986): Evolución tectono-metamórfica del Complejo Nevado-Filábride en el sector de unión entre Sierra Nevada y Sierra de los Filabres (Cordilleras Béticas, España). EN: *Cuadernos de Geología de la Universidad de Granada (edición especial)*, **13**, 194 pp.

MARTÍNEZ-MARTÍNEZ, J. M. & AZAÑÓN, J. M. (2002): Orthogonal extension in the hinterland of the Gibraltar Arc (Betics, SE Spain), in Reconstruction of the evolution of the Alpine-Himalayan Orogen. EN: *Journal of the Virtual Explorer*, **8**, 3-22.

MORALES RUANO, S. (1994). *Mineralogía, geoquímica y metalogenia de los yacimientos hidrotermales del sureste de España* (Águilas-Sierra Almagrera). Tesis doctoral. Universidad de Granada.

MELÉNDEZ, I. (2004). *Geología de España. Una historia de seiscientos millones de años*. Ed. Rueda, Madrid.

MICHARD, A., CHALOUAN, A., FEINBERG, H., GOFFÉ, B. & MONTIGNY, R. (2002). How does the Alpine belt end between Spain and Morocco? EN: *Bulletin de la Societe Geologique de France*, **173**, 3-15.

NAVARRO, D. y VELENDÓ, F. (1978). Memoria del mapa geológico 1:50.000 de Fiñana (Almería). Madrid: Servicio de Publicaciones - Ministerio de Industria y Energía.

RUIZ-MONTES, M. (1991). "Minas y minería en Andalucía Oriental".

RUIZ-MONTES, M. (1996): Los recursos minerales de Sierra Nevada y las Alpujarras. EN: *1ª Conferencia Internacional: Sierra Nevada. Conservación y desarrollo sostenible*. Vol. I, Madrid, pp. 337-351.

RUIZ-MONTES, M. y MOLINA-MOLINA, A. (2002). Mapa Metalogenético de España 1:200.000, hoja 84/85 (Almería-Garrucha) y memoria. *IGME*, p.141.

SIIVOLA, J. & SCHMID, R. (2007). *List of Mineral Abbreviations*. IUGS Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks.

SPRY, P. G. & GEDLINSKE, B.L. (1987). *Economic Geology. Tables for the Determination of Common Opaque Minerals*. The Economic Geology Publishing Company, Iowa.

LÓPEZ-RUIZ, J. y RODRÍGUEZ-BADIOLA, E. (1980): La región volcánica neógena del SE de España. EN: *Estudios Geol.*, **36**, 5-63.

TORRES-RUIZ, J. (1983): Genesis and evolution of the Marquesado and adjacent iron ore deposits, Granada. EN: *Economic Geology*, **78**, 1657-1673.

TORRES-RUIZ, J. (2006): Geochemical constraints on the genesis of the Marquesado iron ore deposits, Betic Cordillera, Spain: REE, C, O, and Sr isotope data. EN: *Economic Geology*, **101**, 667-677.

TOSCANI, L., VENTURELLI, G., BARBIERI, M., CAPEDE, S., FERNÁNDEZ SOLER, J. M. & ODDONE, M. (1990): Geochemistry and petrogenesis of two-pyroxene andesites from Sierra de Gata (SE Spain). EN: *Mineralogy and Petrology*, **41**, 199-213.

VERA, J.A. (editor) (2004): Cordillera Bética y Baleares. EN: *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.), *SGE-IGME*, Madrid, 345-464.

PÀGINES WEB:

http://tp.revistas.csic.es/public/journals/1/tp_mapa2010.jpg: mapa físic de la península ibèrica

<http://ws041.juntadeandalucia.es/medioambiente/dlidar/index.action>: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Ortofotografía regional 2010-2011.

Fulles geològiques del MAGNA IGME. 1:50.000 i imatges del Google Earth.

Empresa Óxidos Férricos S.A. :
<http://www.oxidosferricos.com/>

<http://www.lavozdealmeria.es/vernoticia.asp?IdNoticia=20240&IdSeccion=4>

<http://elmineraldigital.blogspot.com.es/2012/07/el-oro-de-los-filabres-tabernas-almeria.html>

<http://www.elalmeria.es/article/almeria/707535/febre/oro/almeria.html>

<http://www.eldiariomontanes.es/v/20110703/sociedad/otras-noticias/aguja-pajares-20110703.html>

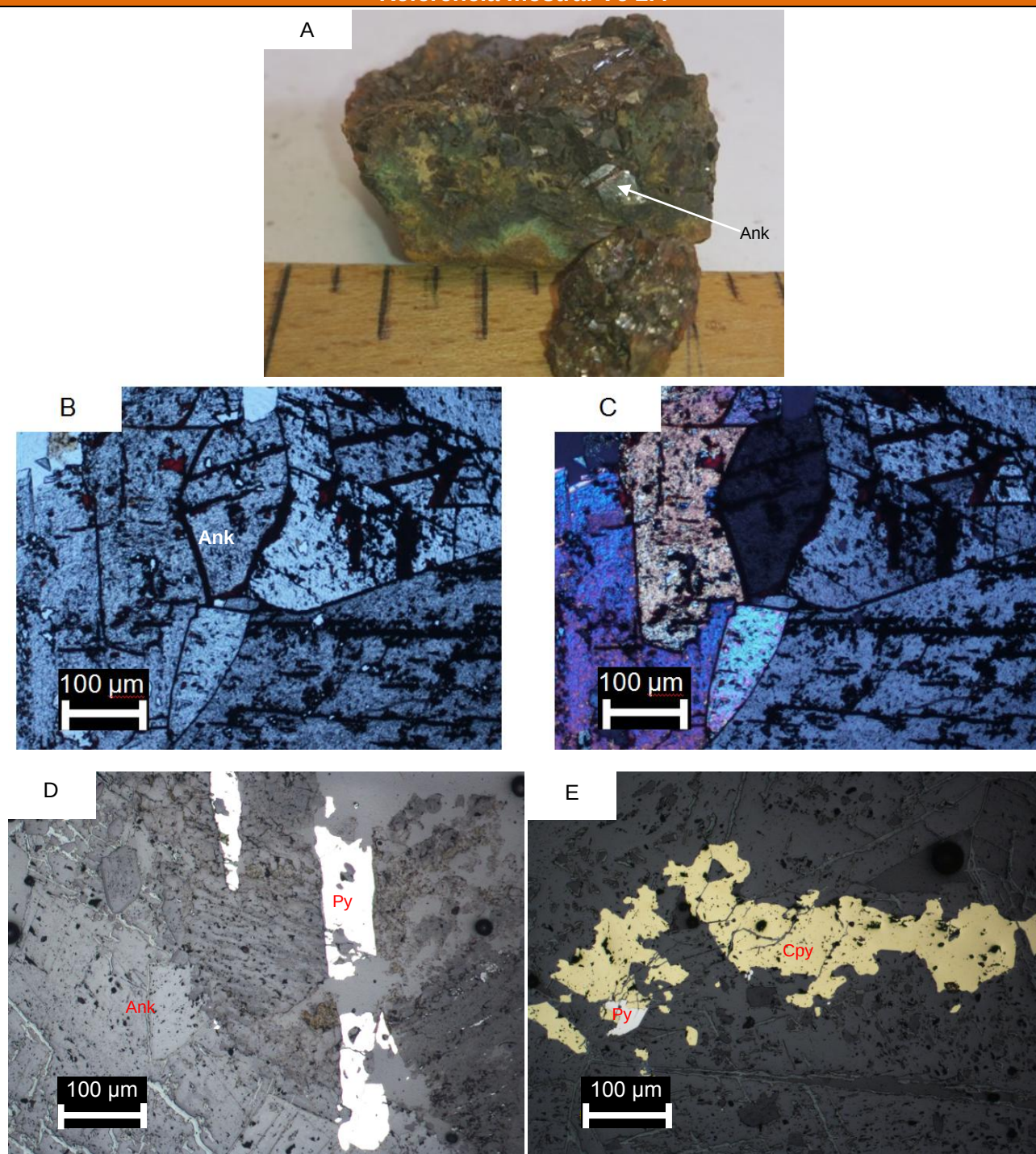
<http://www.europapress.es/andalucia/almeria-00350/noticia-junta-autoriza-empresa-busqueda-oro-plata-cobre-cobalto-niquel-abrucena-finana-20130301133746.html>

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/ContenidosOrdenacion/red_informacion_ambiental/PDF/Geodiversidad/Guia_geologica_sureste_almeriense/La_cuenca_de_Almeria_Nijar.pdf

ANNEX 1

Recull fotogràfic: descripció petrogràfica, mostres de mà i afloraments

LAS MINILLAS (descripció làmines primes polides)
Ubicació geogràfica de la mostra: N 37° 12,32'; O 2° 49,52
Referència mostra: Ve 2.4



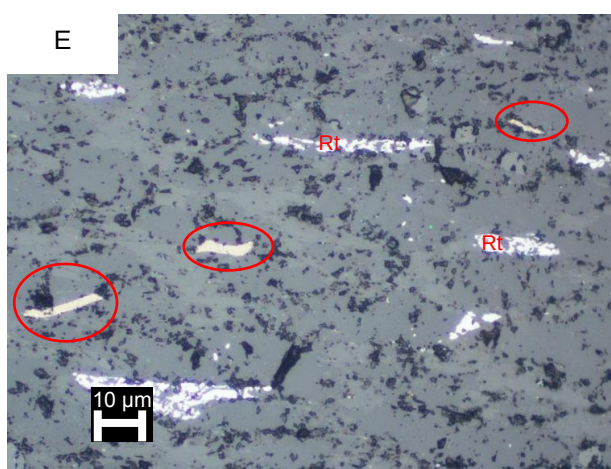
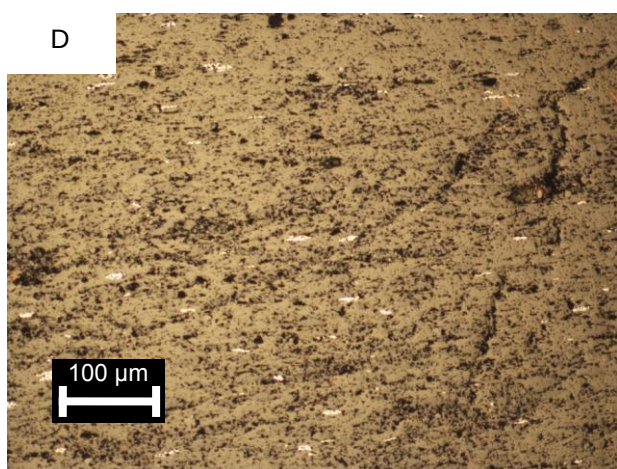
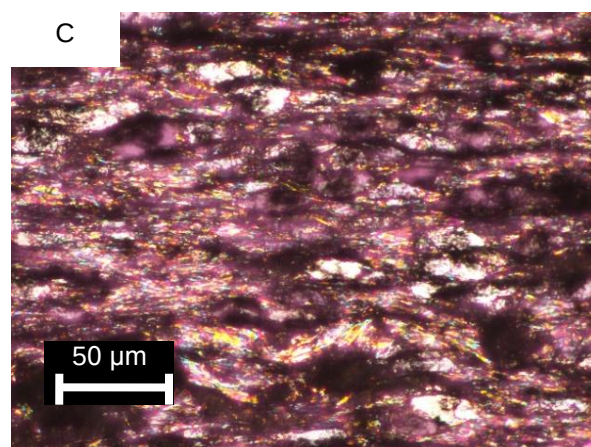
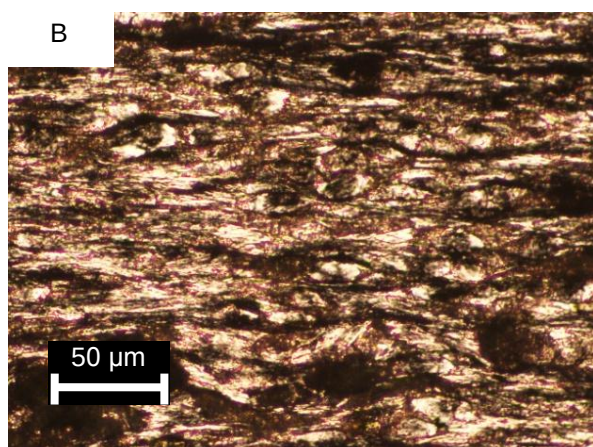
Mostra Ve 2.4. (A) S'observen minerals de siderita amb alteracions de carbonats de coure. (B) Fotografia de microscopi amb llum transmesa, nícols paral·lels. S'observen cristalls de carbonats de Fe-Ca (siderites-ankerites-calcites). (C) Ídem anterior, nícols encreuats. S'observen colors d'interferència de 3r-4t ordre típics de carbonats.

(D) Cristalls de pirita amb llum reflectida i nícols paral·lels. El més gran, subeuهدral, substitueix parcialment el carbonat. (E) Cristalls de calcopirita i pirita amb llum reflectida i nícols paral·lels substituint el carbonat.

(Simbologia: Cpy = calcopirita; Py = pirita; Fsp = feldspat; Ank = ankerita; segons SIIVOLA, J. i SCHMID, R., 2007)

Descripció de la làmina: Roca fanerítica de mida de gra de gran a molt gran. Fracturada. Òxids de Fe reomplen fractures. Alguns pseudomorfes de siderita plens de moscovita microcristal·lina. Pirita: 1%, Calcopirita: 2%, carbonat (siderita): 80% i un 17% de quars. Ganga: carbonat amb pàtines d'òxids de Fe (limonites) que rodegen les cares dels cristalls. Grans de quars marquen kink bands, altres fragments estan aïllats, feldspat potàssic en poca quantitat. Ordre de precipitació: siderita ± moscovita > Py ≥ Cpy > limonita + quars 1ari + Fsp ± moscovita > quars 2ari (amb kink bands).

LAS MINILLAS (descripció làmines primes polides)
Ubicació geogràfica de la mostra: N 37° 12,32'; O 2° 49,52
Referència mostra: Ve 1.6



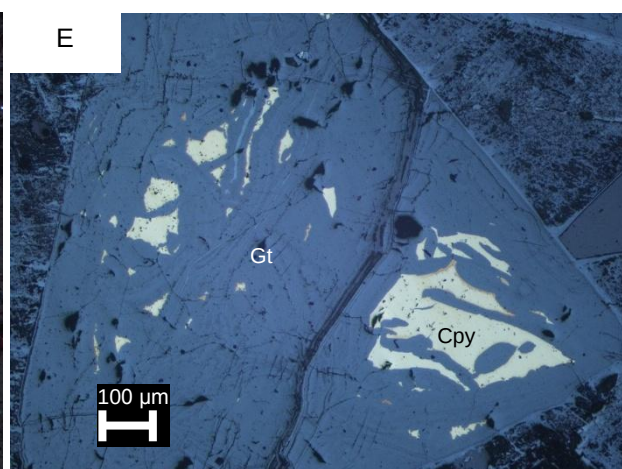
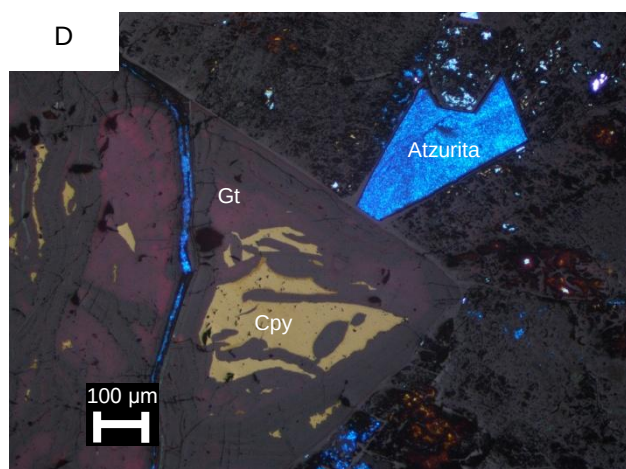
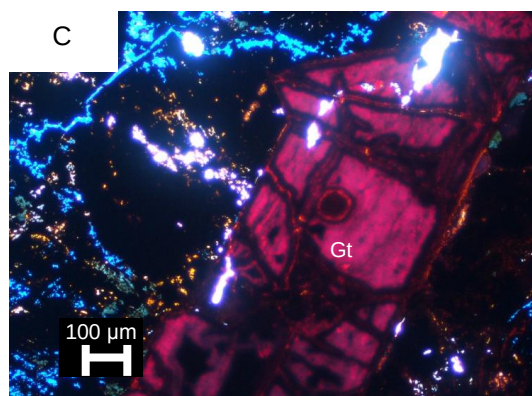
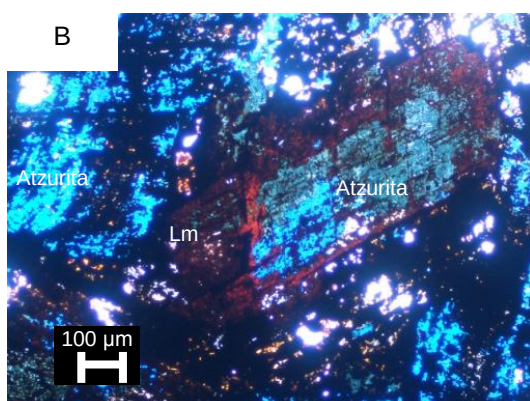
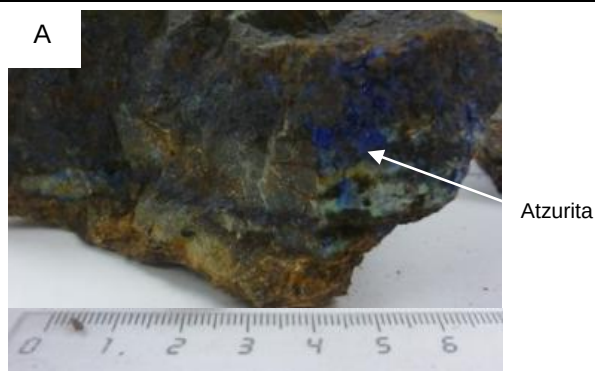
(A) Mostra Ve 1.6 de Las Minillas. S'observa una pàtina de malaquita sobre la superfície. (B) i (C) Fotografies de microscopi amb llum transmesa (nícols paral·lels i encreuats, respectivament). Es pot observar una foliació fil·lítica. (D) Vista amb llum reflectida (nícols paral·lels). (E) Ampliació de la secció anterior. Es poden observar ampliat minerals de rútil, de reflectivitat més alta que els encerclats (en vermell) de grafit.

(Simbologia: Rt = rútil; Gr = grafit; Ms = moscovita; Qtz = quars; segons SIIVOLA, J. i SCHMID, R., 2007)

Descripció de la làmina: Roca porfidoblàstica amb matriu afanítica amb *slaty cleavage*, foliació marcada per cristalls de quars. La mida de gra és de mig a petit. Presenta una matriu de moscovita de gra fi. Una alteració d'argila cobreix la superfície de la mostra. També hi ha una banda quarsítica, els grans de la qual tenen una extinció ondulant. Uns minerals opacs segueixen els plans d'esquistositat (contemporanis al quars). Es considera que és rútil per la transparència, mal·leabilitat, tenir IR (reflexions internes) mel i no ser pleocroic. Un altre mineral que apareix compatible genèticament amb el rútil és el grafit, d'una reflectivitat menor. El grafit podria ser d'origen detrític, doncs és anterior a la foliació. Com a minerals més tardans, estan les goethites i limonites.

Seqüència de precipitació: $Ms + Qtz \geq Rt + Gr > malaquita$

LAS MINILLAS (descripció làmines primes polides)
Ubicació geogràfica de la mostra: N 37° 12,32'; O 2° 49,52
Referència mostra: Ve 1.8

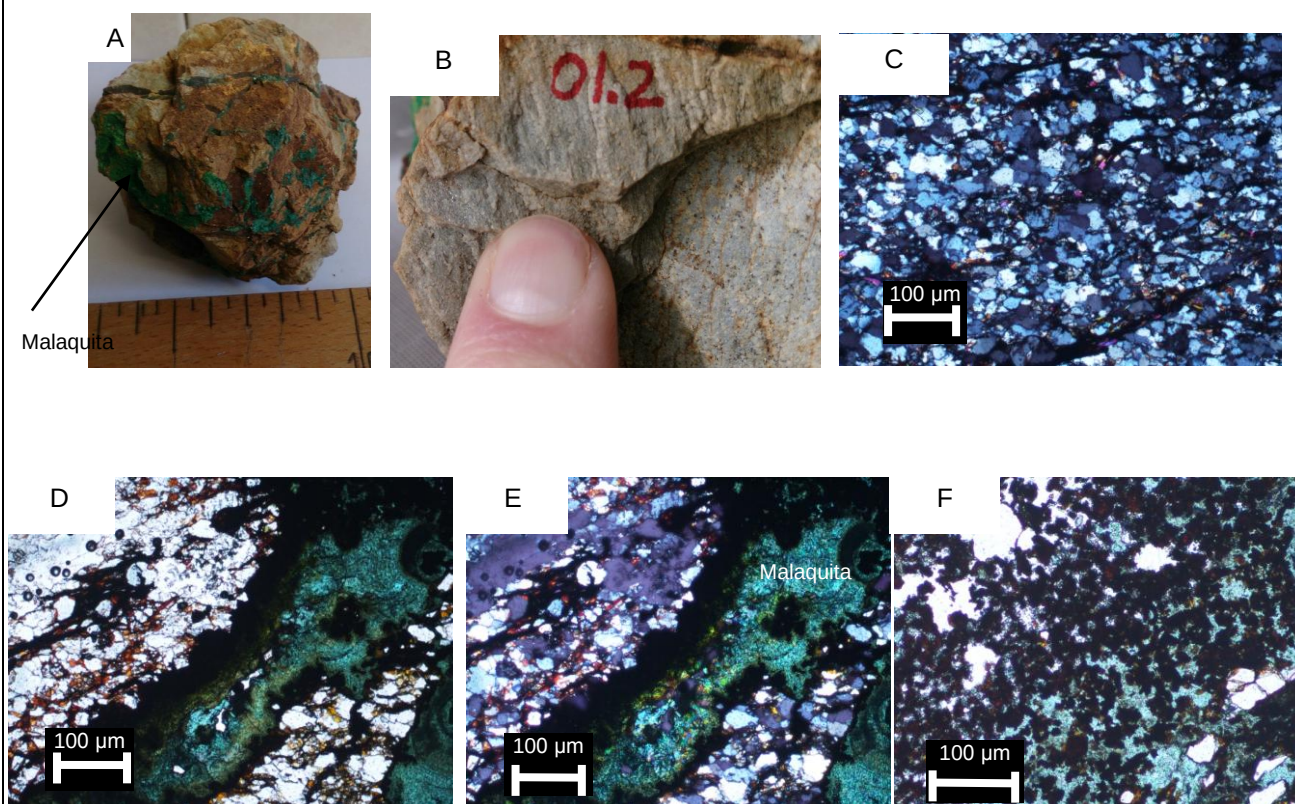


(A) Mostra Ve 1.8 de Las Minillas. S'observen disseminacions d'atzurita sobre la superfície. (B) Secció al microscopi, vista amb llum reflectida (nícols paral·lels) d'un suposat pseudomorf de Cpy, actualment ocupat per atzurites i alterat per goethita. (C) Secció al microscopi, vista amb llum reflectida (nícols paral·lels) d'un suposat pseudomorf de calcopirita, actualment ocupat per goethita (vegeu els creixements botrioides). (D) Mineral de calcopirita que està sent reemplaçat per goethita, vist amb llum transmesa i reflectida. (E) Vista amb llum reflectida (nícols paral·lels) amb carbonats de coure i de calci al voltant.

(Simbologia: Cpy = calcopirita; Gt = goethita; Lm = limonita; segons SIIVOLA, J. i SCHMID, R., 2007)

Descripció de la làmina: roca fanerítica amb matriu afanítica isòtropa. Molt fracturada i amb reemplaçaments abundants. Composició inicial: fil·lita amb un contingut estimat en calcopirita del 50% si tenim en compte els pseudomorfs de cpy (suposadament) actualment ocupats o substituïts en part per goethites. Mida de gra gra a molt gran. Composició actual: atzurites (70%) que reemplacen la cpy (5%) en pseudomorfs tetragonals, igual que ho fa la goethita (18%), i malaquita 2%, 5% Qtz. També hi ha una petita proporció de limonites. Ordre de precipitació: Cpy > Qtz 2^a > malaquita > atzurita + goethita > limonita.

LOS OLIVILLOS (descripció làmines primes polides)
Ubicació geogràfica de la mostra: N 37° 11' 49.02"; O 2° 45' 19.20"
Referència mostra: Ol 2



(A) Mostra Ol 2 de Los Olivillos. (B) Vista de detall de la composició quasi total de quars. (C) Aspecte al microscopi de la fil·lita (llum transmesa i nícols encreuats). (D) i (E) Altres vistes de la mostra (llum transmesa, nícols paral·lels i encreuats, respectivament). Noteu els bandejats verds de malaquita i els creixements botrioides. (F) Aspecte dels òxids de Fe emmascarant la mostra amb una pàtina pigallada (llum transmesa i nícols encreuats).

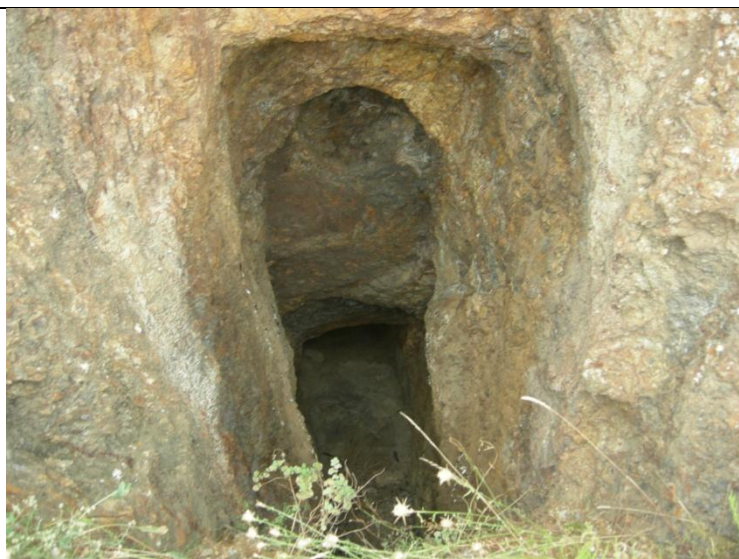
(Simbologia: Py = pirita; Ms = moscovita; Lm = limonita; segons SIIVOLA, J. i SCHMID, R., 2007)

Descripció de la làmina: Metaquarsita. Textura fanerítica amb matriu afanítica, foliada i fracturada. Gra mig a fi. Foliació marcada pels plans de moscovita (algunes alineades). Composició: 85% quars, 6% malaquita, 1% pàtina de limonita, matriu: Ms (8%). Alguna pirita disseminada. Edat: Quars, filosilcats > pirita > malaquita > limonita

LAS MINILLAS (vista aflorament)



Vista general de les bocamines



Vista de prop d'una de les bocamines



Vista del sostre de les mines, amb presència de malaquites i atzurites



Apuntalaments d'una galeria exterior de les mines

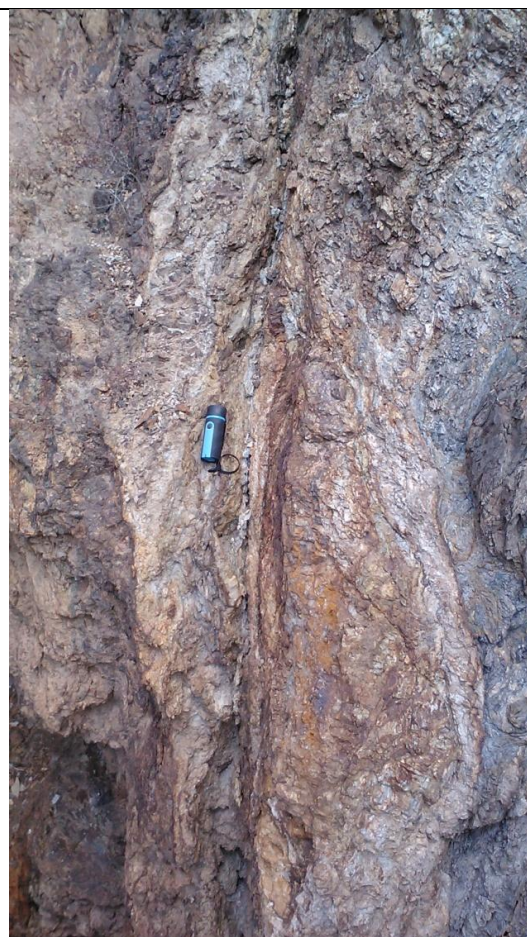
LAS MINILLAS (vista aflorament)



Aspecte del sòl de l'entorn de les mines

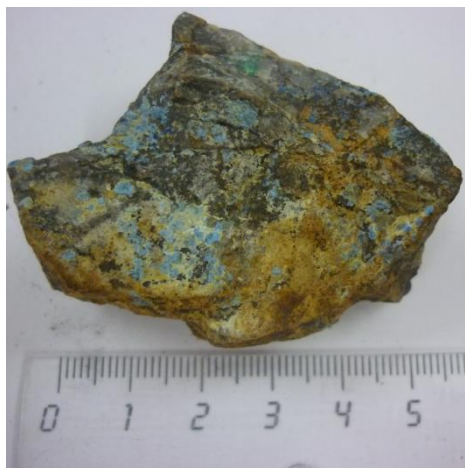


Vistes exteriors i a l'interior de les galeries de la fracturació de l'encaixant



Fractures amb component de cisalla presents a tot l'aflorament. S'observen pàtines d'òxids de Fe i Cu

LAS MINILLAS (mostres representatives)



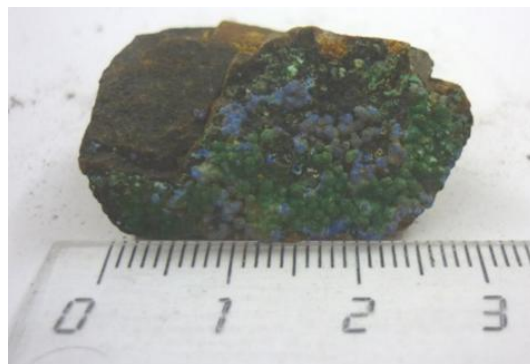
*Roca alterada amb pàtines blaves d'òxids de Cu
(Referència: Ve 1.16)*



Mostra amb hematites i siderites (Referència: Ve 1.15)



*Mostra amb abundants minerals de siderita (Referència:
Ve 2.1)*



*Carbonats de coure amb la típica morfologia botrioide
(Referència: Ve 1.5)*



*Mostra que conté regions de calcopirita (Referència: Ve
2.6)*



Mostra alterada amb sílice i caolinita (Referència: Ve 1.11)

Mina las Piletas (vista aflorament)



Vista general d'un sector de la mina avui dia no operatiu



Aspecte de l'alteració que envolta la zona. Presència de caolinita



Vista d'una paret del sector operatiu on es pot observar la roca encaixant (fil·lites, a grans trets)



Entrada al sector de la mina no operatiu



Vista d'un sector abandonat de la mina

LAS PILETAS (mostres representatives)



Kink bands a un bandejat de hematites micaci



Aspecte del conegut localment marbre cipolino (Referència: Pi 7)



Roca amb hematites micaci i alteracions de goethita



Mostra constituïda bàsicament per hematites micaci. S'observa una vena de composició orgànica deformada. (Referència: Pi 4)



Bandejat de hematites micaci amb limonites en relació amb l'encaixant (Referència: Pi 5)

LOS OLIVILLOS (vista aflorament i mostres representatives)



Vista del turonet explorat al mig de la foto. Al fons, Sierra Nevada



Vista del sot creat durant l'exploració de Basti Resources



Mostra amb òxids de Fe (Referència: Ol 3)



Mostra amb pàtina de malaquita (Referència: Ol 7)

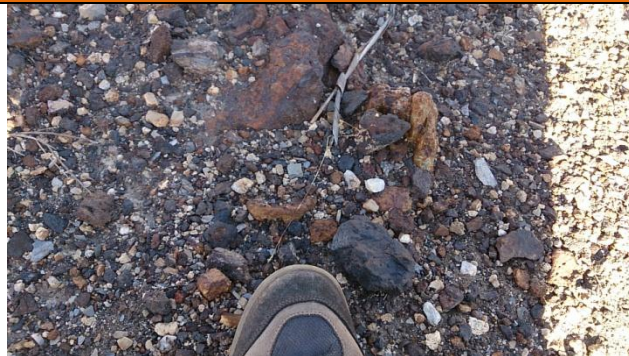


Mostra amb motlles de cristalls no presents de siderites i/o pirites (Referència: Ol 5)

LAS TRES VILLAS (vista aflorament i mostres representatives)



Vista de l'aflorament explorat



Aspecte del sòl. Limonites i goethites predominen



Mostra amb signes d'alteració (Referència: TV 2)



Mostra amb carbonats i altres minerals (Referència: TV 4)

Cerro de la Parra (vista aflorament i mostres representatives)



Rampa per on antigament feien caure la roca amb mineral de ferro



Canalització de sortida del rebuig de la tracció mecànica, al final de la rampa anterior



Restes de fusió de mineral amb alteració posterior a goethita (Referència: Pa 3)

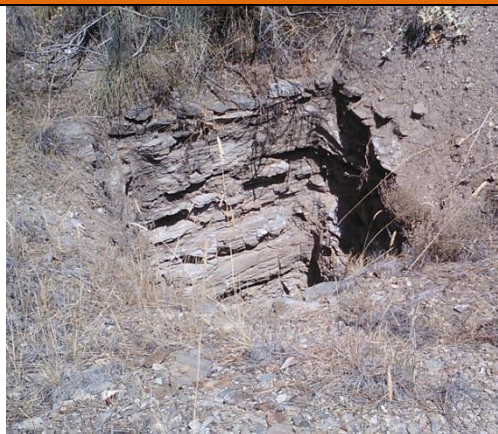


Mostra amb siderita-ankerita i en menor proporció calcopirita (Referència: Pa 2)

CERRO DEL GALLO (vista aflorament)



Vista de l'escombrera del sondeig realitzat per l'empresa Basti Resources



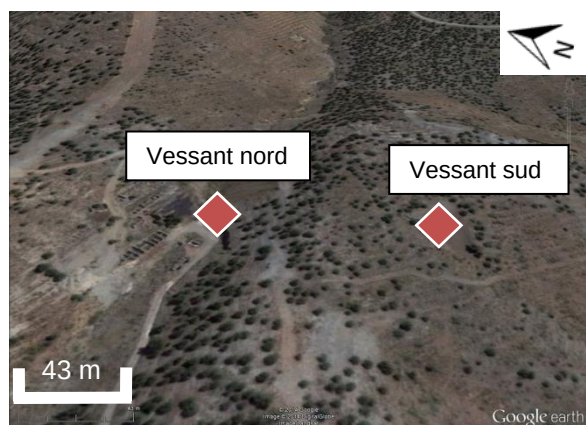
Obertura del sondeig de 300 metres realitzat per Basti Resources



Explotació d'un filó que aflora al vessant nord del Cerro del Gallo (explotació romana)



Sondeig de profunditat desconeguda al vessant nord del Cerro del Gallo, al poblat romà



Localització de les dues parts explorades. (imatge Google Earth)



Poblat miner al vessant nord del Cerro del Gallo. Antigament, centre d'extracció de ferro

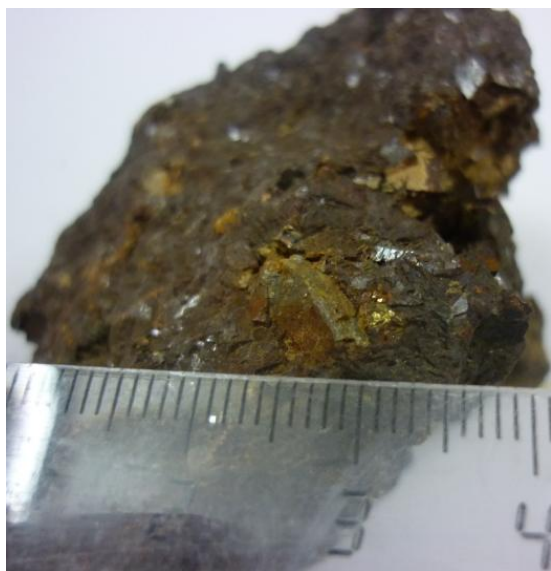
CERRO DEL GALLO (mostres representatives)



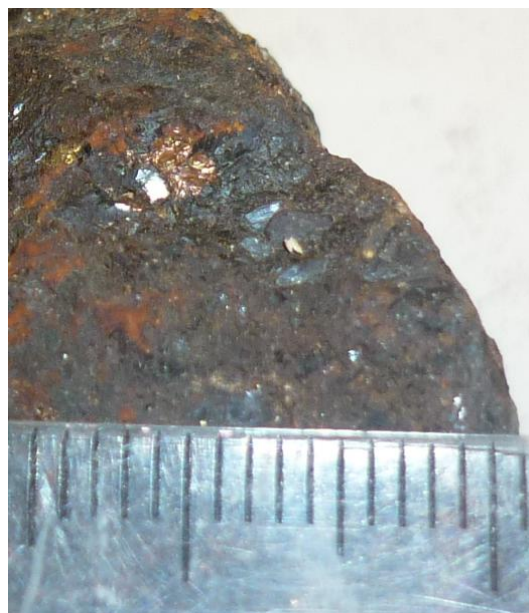
Mostra amb abundant pirita (Referència: Ga 12)



Mostra on s'observen restes de siderita amb calcopirita (Referència: Ga 3)



Mostra on s'observen alguns grans de calcopirita en una matriu carbonatada (Referència: Ga 5)



Mostra amb presència de coure natiu (Referència: Ga 1)

Fragments de lags (restes d'escòries)



ANNEX 2

Articles de premsa i converses telefòniques

NOTÍCIA 1. Font: La Voz de Almería
Manuel León [12/12/2011]

La búsqueda de oro, hierro y cobre en Almería desata una nueva fiebre minera

El patrón universal cotiza a niveles históricos de 1.300 euros la onza y se multiplica la compraventa.

(...) La delegación provincial de Economía, Innovación y Ciencia ha otorgado en los últimos años hasta 30 nuevos permisos de investigación para la búsqueda de minerales, principalmente de hierro, oro y cobre.

Abla, Fiñana y Abrucena

La última concesión ha sido a Antonio Reyes Magaña por un periodo de tres años para localizar hierro en la Cañada Oscura, en los términos municipales de Abla y Las Tres Villas. En la cuenca suroeste de la Sierra de

los Filabres se encuentran vigentes otros dos permisos de investigación que se desarrollan en los municipios de Abrucena, Nacimiento y Gérgal.

Estas autorizaciones están más centradas en la búsqueda de oro y afectan a casi 300 cuadrículas mineras. La provincia, en la actualidad con 300 concesiones y arrendamientos para explotaciones autorizadas, la mayoría de ellas para piedra natural. Con las cifras de los mercados en la mano, encontrar oro, en la actualidad, sería un negocio redondo, aunque son fuertes las inversiones en los trabajos de campo.

Uno de los sondeos de oro y cobre se viene realizando por parte de De la Fuente Consultores en el Cerro del Gallo junto a un antiguo poblado minero cerca de Fiñana y Abrucena, a una profundidad de 300 metros.

NOTÍCIA 2. Font: Europa Press, imatges: Telepremsa.es. JULIO DE 2012. **El oro de Los Filabres-Tabernas. Almería**

La Junta de Andalucía ha concedido un permiso de investigación a la empresa Basti Resources por el que podrá buscar recursos de la sección C) de la Ley de Minas. En concreto se encuentran interesados en la posible localización de oro en 84 cuadrículas mineras,



que se encuentran situadas en los términos municipales de Abla y Las Tres Villas, en la comarca Filabres- Tabernas, Almería.

La delegada de Economía, Innovación y Ciencia, Adriana Valverde, ha entregado al representante de la sociedad, Fernando de la Fuente, la autorización del permiso que cuenta con el nombre de 'Marcia IV' y al que se suma la aprobación del plan de restauración de la zona así como un plan de gestión de residuos.

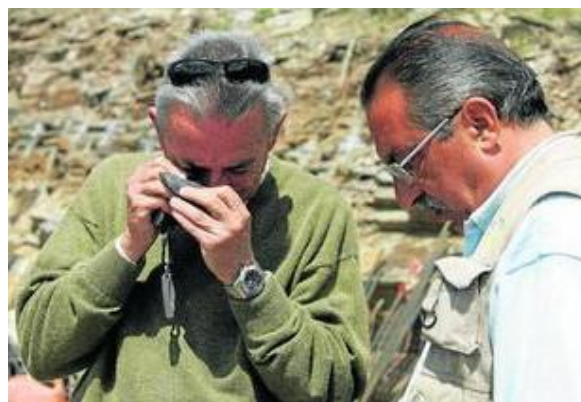
En ese sentido, según informa la Junta en una nota, la compañía debe constituir, según la normativa del Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, la garantía de restauración contemplada en el permiso para la restauración del terreno afectado por las labores mineras.

La Delegación Provincial es competente para otorgar o denegar un permiso de investigación por razones de territorialidad sobre la base de lo dispuesto en la Ley de Minas 22/1973, de 21 de julio, y del Reglamento General para el Régimen de la Minería aprobado por Real Decreto 2857/1987 de 25 de agosto.

El permiso de investigación es una autorización que debe ser otorgada por la administración cuando se cumplan determinados requisitos sin que ello exima al interesado de obtener los demás permisos, licencias y autorizaciones que exijan otras normas sectoriales, como puedan ser la urbanística o la medioambiental. La provincia almeriense cuenta, en estos momentos, con 30 permisos de investigaciones para diferentes secciones de la ley concedidos.

"Esperamos retomar la plena actividad y el ritmo de trabajo después del verano". Con gran satisfacción se explicaba el director gerente de la empresa granadina encargada de llevar a cabo las investigaciones de búsqueda de oro y cobre en la provincia de Almería, una tarea que llevan realizando desde 1996, por haber obtenido un nuevo permiso para continuar su trabajo.

Con paso lento pero seguro, la firma granadina Basti Resources, para la que trabajan los expertos geólogos Fernando de la Fuente y Eduardo Contreras, a su vez, a través de la también compañía granadina denominada Fernando de la Fuente Consultores SL, acaba de obtener un nuevo permiso para continuar con la investigación de la búsqueda de oro y cobre.



Basti Resources está contratada por la multinacional estadounidense Auex Ventures, la cual ha sido adquirida por la canadiense Fronteer Gold, y esta a su vez ha sido absorbida por la estadounidense Newmont Mining Corporation, la cual es la propietaria de minas

en Yanacocha (Perú), Australia, Ghana en Africa, Nevada y California (USA), para la que comenzaron a explorar, en julio de 2007 en terrenos de Fiñana y Abrucena; desde abril de 2008, en Abla y Las Tres Villas más nuevas zonas de Fiñana y Abrucena; y desde marzo de 2010, en Gérgal y Nacimiento, más terreno de Las Tres Villas.

De la Fuente lamenta la excesiva burocracia para la resolución de estos permisos, que ha llevado a que el primero de ellos haya caducado, para una zona de 45

cuadrículas mineras (unas 1.350 hectáreas), aunque espera recibir la renovación en los próximos días, para lo que ha contado con el apoyo de la nueva delegada, Adriana Valverde, y el impulso del alcalde de Fiñana, Alfredo Valdivia, a los que aplaude su comportamiento para lograrlo.

Desde el comienzo de las operaciones, la compañía americana lleva invertidos "más de dos millones de euros", asegura De la Fuente.

NOTÍCIA 3. Font: elalmeria.es.
ELIO SANCHO / ALMERÍA / 23.05.2010
Fiebre del oro en Almería

Una empresa granadina explora en busca de él y de cobre en Fiñana y Abrucena. Lleva invertidos más de un millón de euros



Fernando de la Fuente observa una de las muestras recién extraídas del primer sondeo que están realizando.

El esplendor de la minería almeriense quiere volver por sus fueros y mira de reojo a un sector que floreció en el siglo XIX y continuó en el XX, hasta que la falta de medios para su extracción y transporte lo hizo inviable.

Con paso lento, pero seguro, una empresa granadina lleva ya varios años estudiando el terreno en varios municipios de la provincia para conocer hasta qué punto sería o no rentable el inicio de la extracción de dos minerales: oro y cobre.

El primero cotiza a más de 1000 euros la onza (31,1 gramos), mientras que el segundo lo hace a cerca de 5.500 euros la tonelada, es decir, unos 5,5 euros el kilo.

Con estas cifras en la mano se puede pensar que se trata de un negocio redondo. Nada más lejos de la realidad, teniendo en cuenta las importantes inversiones iniciales que han de realizarse en las fases previas, las correspondientes a los estudios de campo, así como las necesarias para poner en marcha la infraestructura y los procedimientos técnicos para extraer y obtener lo que se está buscando.

En este caso, Fernando de la Fuente y Eduardo Contreras son los dos expertos geólogos que lideran este proyecto y aunque su empresa, Fernando de la Fuente Consultores, se ubica en Ogíjares (Granada), trabajan desde Fiñana. En la actualidad se encuentran realizando un sondeo en el paraje conocido como El Cerro de El

Gallo, junto a un antiguo poblado minero, para alcanzar una profundidad de 300 metros (de momento ya han pasado los 260). Con él, pretenden encontrar muestras que confirmen sus pesquisas y aparezcan, entre los minerales extraídos, los ansiados oro y cobre.

Para llegar a este punto hay que remontarse a 1996, cuando Fernando y Eduardo recogieron las primeras muestras minerales en la zona y comprobaron que contenían oro y cobre. A partir de entonces comenzaron a desarrollar el proyecto, que adquirió más fuerza en 1999 cuando, a través de un experto geólogo inglés, amigo de ambos, les puso en contacto con una empresa norteamericana para que le mostrasen la iniciativa, con el propósito de obtener financiación.

La compañía norteamericana es Auex Ventures, con sede social en Nevada (EEUU), empresa importante en el mundo de la minería, con proyectos de exploración en Nevada y Argentina.

Posteriormente, la multinacional estadounidense AuEx Ventures firmó un acuerdo con otra empresa norteamericana, también de Nevada (EEUU), Western Uranium Corporation, una de las más importantes del mundo en el sector de la minería, con otros proyectos de exploración en Nevada o Nuevo México, apostando por este proyecto para impulsar su exploración y, posteriormente, llegado el caso, su explotación.

Desde entonces, las inversiones realizadas en la zona, que abarca una superficie de alrededor de 130 kilómetros cuadrados, según las estimaciones de los geólogos del proyecto, superan ya el millón de euros.

Para realizar las solicitudes correspondientes a la Junta de Andalucía y poder estudiar la zona, se constituyó la empresa Basti Resources, con sede en Granada, de la que depende Fernando de la Fuente Consultores. La entonces Delegación Provincial de Innovación, Ciencia y Empresa concedió a Basti Resources el primer permiso de investigación en julio de 2007, para terrenos ubicados en Fiñana y Abrucena, donde se encuentran ahora realizando el sondeo de 300 metros de profundidad. En abril de 2008, recibió un nuevo permiso, ampliando su

campo a los municipios colindantes de Abla y Las Tres Villas (y más áreas de Fiñana y Abucena). Y el pasado 23 de marzo, de nuevo, se le concedió otro más para una zona un poco más alejada, abarcando territorios de Gérgal y Nacimiento, así como otros más de Las Tres Villas.

NOTICIA 4. Font: El Diario Montañés. **ARTURO CHECA | 03.07.11. Una aguja en 12.000 pajares**

Fiebre del oro». Un diminuto módulo prefabricado a los pies de una chopera es el cuartel general de la empresa Basti Resources en Fiñana, un pueblo del interior almeriense, muy cerca de la provincia de Granada. En una de las dos oficinas, en un tablón de corcho, hay un folio con tres palabras en mayúsculas. En realidad son cuatro. «Peña Fiebre del Oro». Los nombres de los cinco miembros figuran debajo. El geólogo David Gómez (34 años, de Ceutí, Murcia) y otros cuatro compañeros. No es un grupo de fanáticos de los tesoros enterrados. «Es nuestra lista de la Primitiva. Con esto de buscar oro, rico no te haces...», confiesa David.

Los buscadores de oro de siglos pasados se lanzaban de cabeza al monte en cuanto aparecía una 'pepitilla' dorada. Pico, pala, cantimplora, pantalones con las perneras por las rodillas, bateas para el río y al rastreo de una fortuna. Poco más hacía falta. Bueno, sí. Suerte. Eso no ha cambiado. Los buscadores de oro del siglo XXI aún sueñan con encontrarlo, pero no para hacerse ricos. Si aparece, 20 años de curro seguro para una firma minera. Trabajo. El gran tesoro contemporáneo.

La tecnología y las empresas capaces de enterrar toneladas de dinero han reducido la influencia del azar. Las modernas firmas mineras emplean helicópteros con sensores para medir el magnetismo y la presencia mineral de la tierra. Uno de ellos sobrevoló Fiñana... por 400.000 euros. Realizan prospecciones a 400 euros el metro de pozo realizado. Emplean GPS y fotografías por satélite para conocer cada metro del terreno con la misma fiabilidad con que uno anda a oscuras por casa. Cientos de millones de euros dilapidados a cambio, eso sí, de un premio astronómico si se acierta. Con el oro disparado en la Bolsa de Metales de Londres (1.030 euros la onza), dar con una mina supone unas ganancias del 20% sobre lo invertido. Aún así, de cada 1.000 intentos, solo uno da resultado...

Lo dice 'Lalo'. Eduardo Contreras, 53 años, granadino y uno de los geólogos fundadores de Basti Resources, la empresa para la que trabaja David Gómez. Su curtido rostro moreno prueba que su oficina está entre espartos, jaras, pinos carrascos, tomillo y bajo el angustioso sol de la sierra almeriense de los Filabres, a los pies de Sierra Nevada. «Aquí cuando cae bien hay que darles paipays y cantimploras a los lagartos». Muy por encima de 40 grados en verano. Y frío y nieve en invierno. Fernando de la Fuente, 59 años, también geólogo, madrileño de cuna y «de aquí y de allá» de adopción, es el otro 'alma mater' de Basti. Ellos ponen el trabajo sobre el terreno. Ellos fueron los que en los 90 vieron una publicación científica que hablaba de «posibles anomalías de oro» en la sierra. Y ellos convencieron a los americanos de Rengold y Basti Resources (cotizan en bolsa y buscan oro en medio mundo) para financiarles. Ya llevan dos millones de euros 'sepultados'. Su 'pajar' en realidad son 12.000: 12.000 hectáreas de tierra, divididas en 450 cuadrículas, en las que hallar la dorada 'aguja'.

De la Fuente, director-gerente de la empresa explica que ya han solicitado un nuevo permiso de investigación, que unirá el territorio intermedio, comprendido entre las áreas donde ya han obtenido los permisos, para rastrear todas las posibilidades.

Enterrar 600 millones

A la gente del oro no le gusta hablar de 'fiebre'. Pero lo cierto es que en Andalucía ha resurgido el afán por dar con el cotizado metal. «De dos años a esta parte hay más empresas dedicadas a la búsqueda», reconoce Fernando. Solo Basti maneja cuatro permisos administrativos para peinar el páramo de Almería. «Ha crecido el interés por indagar la existencia de 'bolsas' de metales desconocidas», confirman desde la Junta. Y Andalucía es ya el nuevo El Dorado. En Sevilla, lo que desde el aire parece un fantasmagórico y abismal cráter es en realidad la explotación de Cobre Las Cruces. La mayor mina a cielo abierto de Europa. La empresa asegura haber encontrado ya una veta de oro valorada en 100 millones de euros. La cifra extraoficial asegura que ellos ya han dilapidado al menos 600 millones en busca del tesoro. Y a la dificultad de horadar la tierra se suman sus supuestas infracciones medioambientales, que hasta hoy les han costado cuatro expedientes de la Junta. En Córdoba, la empresa Minera del Río Guadiato también ha recibido luz verde del Gobierno para sondear Villanueva del Rey en busca de plomo, cobre, wolframio... y oro. Otra firma volcada en colocar el calificativo de preciosa a un puñado de tierra.

Entre los buscadores de oro del siglo XXI no faltan las botas camperas ni el martillo de geólogo. Como los de antaño. Ni tampoco la gorra o el sombrero de esparto para esquivar la insolación. Pero los buscadores de hoy lucen pantalón Dustin color crema y camisa Pierre Cardin. Es la indumentaria de Fernando de la Fuente. La necesaria unión de aventura y dinero. «Desde que solté el chupete estoy en esto de las minas...». Ha trabajado en los subsuelos de medio mundo. Él sabe lo que es estar a 5.000 metros de profundidad y 45 grados en una mina de Sudáfrica. Ahora viaja de acá para allá para lograr financiación. «Sin millones de euros detrás no mueves ni un guijarro...».

Basti está en la sierra de Almería desde 2009. Solo la 'fase de descubrimiento' del oro se prolonga hasta 13 años. Y en ello están. El primer paso siempre es la cartografía. Trazar el mapa del tesoro. Combinar fotos por satélite con las muestras tomadas sobre el terreno. Los chicos de Basti (12 integrantes, que ganan entre 1.300 y 3.000 euros) llevan recogidas ya más de un millar de muestras y han realizado cinco perforaciones a cientos de metros de profundidad. Ni rastro de momento del ansiado filón...

El oro es rojo

Hasta el todoterreno Toyota parece quejarse mientras trepa por antiguos y polvorientos caminos de borricos con inclinaciones de hasta el 25% en los Filabres. El vehículo no para quieto. Solo en gasóleo, Basti gasta 20.000 euros al mes. La vista se achicharra mirando por la ventanilla. Un níspero y un cerezo aparecen de repente a lado de la vereda, entre bloques de pizarra despeñados y nubes de polvo. Casi dan ganas de bajarse, abrazarse a los frutales y desearles suerte...

Paco Carmona (Fiñana, 36 años) y Daisy Paico (Perú, 24 años) aguardan en un oasis: la sombra bajo el puente de la línea férrea Almería-Granada. De los pocos sitios 'frescos' en 120 kilómetros cuadrados. A las 7 de la mañana ya andan picando piedra. Llevan GPS, brújula y lupa. Y una segunda piel en la cara en forma de crema protectora.

Cada 50 metros recogen una muestra de roca. «Te puede tocar al lado de un camino, en un barranco o en una cima a 2.000 metros», destaca David, el de la 'Peña Fiebre del Oro'. Paco y Daisy observan con veneración un pedrusco del tamaño de una manzana. Lo sopesan con la mano. Y señalan varias vetas rojizas que la surcan. Está como oxidada. Es hierro. La piedra está hablando. Debajo de mí puede haber oro... Paco lo apunta en una foto aérea tamaño folio. El mapa del tesoro del tercer milenio. Está plagado de puntos de colores. Verde, ni rastro de oro. Amarillo, ligera posibilidad. Naranja: caliente, caliente... Rojo, presencia de pizarra (hierro) a ras de tierra. Un punto a tener en cuenta. El análisis químico (todo se manda a Als Chemex, en Canadá, un laboratorio independiente que analiza cientos de miles de muestras del mundo, una especie de 'agencia de calificación' del oro) determinará después si hay «anomalías de oro», es decir, microgramos de oro por billón de tonelada de tierra. Y a seguir buscando...

El volcado de los puntos en un ordenador define luego una trama con sitios calientes. Como la X de los mapas piratas. Las manchas rojas indican que procede

perforar en busca del áureo maná. La empresa andaluza realiza estos días otro sondeo en su inmenso 'pajar'. Cada pozo no baja de 200.000 euros. Una nube de polvo y un zumbido insufrible coronan una cima de la Solana de la Virgen. Obreros provistos de gafas, auriculares protectores y mascarillas hormigean junto a un mastodóntico martillo neumático de perforación. Cada metro de arena se guarda concienzudamente en una bolsa. Cualquier pista vale su peso en oro. El objetivo, llegar a 500 metros. «Primero, que logremos alcanzarlos. Luego que hayamos acertado con el sitio. Y después, que el análisis de los 'chorizos' de roca extraídos confirme que allí abajo hay oro», apunta Eduardo. Casi le falta añadir: y rezar.

Por la tarde toca despacho. Fuera ya no aguantan ni los lagartos con paipays... Junto a la oficina de Basti, una nave alberga decenas de bolsas y cajas con polvo, rocas y una báscula de precisión que cambia de peso con tan solo poner un cabello encima. David Gómez rellena gráficas en un ordenador con dos pantallas y observa el mapa multicolor como un vidente que echa las cartas. A su espalda, el cuadro de los apostantes de la 'Peña Fiebre del oro' está en blanco. Ni una apuesta. «Empezamos muy fuertes con lo de la lotería, pero lo hemos ido dejando...», musita David. Y sigue en su búsqueda de El Dorado.

NOTÍCIA 5. Font: EUROPA PRESS.

ALMERÍA, 01/03/ 2013. Junta autoriza a una empresa la búsqueda de oro, plata, cobre, cobalto y níquel en Abrucena y Fiñana

La Junta de Andalucía ha autorizado un permiso de investigación a la empresa Basti Resources en virtud del cual podrá buscar recursos de la sección C) de la Ley de Minas, concretamente oro, plata, cobre, cobalto, níquel y recursos afines, en una superficie de 45 cuadrículas mineras, que se encuentran situadas en los términos municipales de Abrucena y Fiñana.

La delegada territorial de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo, Adriana Valverde, ha entregado al representante de la sociedad, Fernando de la Fuente, la autorización del permiso que cuenta con el nombre de 'Toril' y al que se suma la aprobación del plan de restauración de la zona así como un plan de gestión de residuos.

En ese sentido, según especifica la Junta en una nota, la compañía debe constituir la garantía de restauración contemplada en el permiso para la restauración del terreno afectado por las labores mineras. La Delegación Territorial es competente para otorgar o denegar un permiso de investigación por razones de territorialidad sobre la base de lo dispuesto en la Ley de Minas 22/1973, de 21 de julio, y del Reglamento General para el Régimen de la Minería aprobado por Real Decreto 2857/1987 de 25 de agosto.

El permiso de investigación es una autorización que debe ser otorgada por la administración cuando se cumplan determinados requisitos sin que ello exima al interesado de obtener los demás permisos, licencias y autorizaciones que exijan otras normas sectoriales, como puedan ser la urbanística o la medioambiental.

Converses telefòniques

S'ha aconseguit una informació sobre característiques dels filons d'Au-Cu citada al llarg del treball a través de

les converses mantingudes amb un dels caps de l'exploració de Basti Resources, l'Eduardo Contreras.