Mapa metalogenético de la Zona Surportuguesa / Memoria técnica

(ESCALA 1/400.000)

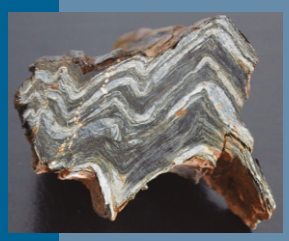
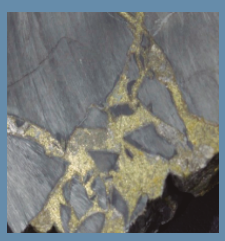
Observatorio transfronterizo para la valorización geo-económica de la Faja Pirítica Ibérica (Cod.: 0052_GEO_FPI_5_E)

Carta metalogenetica da Zona Sul Portuguesa / Memória técnica

(ESCALA 1/400.000)

Observatório transfronteiriço para a valorização geo-económica da Faixa Piritosa Ibérica (Cod.: 0052_ GEO_ FPI_5_ E)

Interreg España - Portugal
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
UNIÓN EUROPEA
UNIÃO EUROPEIA
GEO_FPI

Instituto Geológico y Minero de España

LNEG
Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.

Junta de Andalucía

município Aljustrel terra viva

Mapa metalogenético de la Zona Surportuguesa / Memoria técnica

(ESCALA 1/400.000)

Observatorio transfronterizo para la valorización geo-económica de la Faja Pirítica Ibérica (Cod.: 0052_GEO_FPI_5_E)

Carta metalogenetica da Zona Sul Portuguesa / Memória técnica

(ESCALA 1/400.000)

Observatório transfronteiriço para a valorização geo-económica da Faixa Piritosa Ibérica (Cod.: 0052_ GEO_FPI_5_E)

Mapa Metalogenético de la Zona Surportuguesa/Carta Metalogenetica da Zona Sul Portuguesa. Escala 1/400.000

Dirección y Coordinación

Manuel Vázquez Mora (SGIEM); María Teresa López López (IGME) y João Xavier Matos (LNEG).

Autores (IGME): Juan Locutura Rupérez, Ángel García-Cortés, Pedro Florido Laraña, Ester Boixereu i Vila.

Autores (LNEG): João Xavier Matos, Carlos Inverno, Augusto Filipe, Luís Albardeiro, Igor Morais, Daniel Oliveira.

Cartografía Geológica (IGME): Paleozoico: Alejandro Díez-Montes; Mesozoico y Cenozoico: Juan Julián Huerta Carmona.

SIG: Ana Sevillano Matilla (IGME) y Marta Criado Valdés (eGeoMapping),

Cartografía Geológica (LNEG): Paleozoico: João Xavier Matos, Luís Albardeiro, José T. Oliveira, Igor Morais, Paulo Fernandes, Carlos Inverno; Mesozoico: Susana Machado; Cenozoico: Ruben Dias, Ricardo Ressurreição.

SIG: Pedro Gonçalves, Sara Santos.

Coordinación del Proyecto: María Teresa López López (IGME).

Origen de la base cartográfica:

IGME: Mapa Geológico de España E. 1:50.000 Segunda Serie (MAGNA): 936, 937, 938, 939, 940, 958, 959, 960, 961, 962, 980, 981, 982, 983, 998, 999, 1000, 1001; Mapa Geológico de España E. 1:200.000: 74, 75, 80, 81; Matas, J., Martín Parra, L.M. y Díez Montes, A: Mapa Geológico Digital Continuo E. 1:50.000, Zona Surportuguesa (Zona 3100). in GEODE. Mapa Geológico Digital Continuo de España.

http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/geodezona.aspx?Id=Z3100

LNEG: Folha Sul 1/500 000; Folhas 7 e 8 1/200 000; Folhas Algarve Oriental e Ocidental 1/100 000; Folhas 1/50 000 nº 34C, 34D, 35C, 35D, 38B, 39A, 39C, 39D, 42A, 42B, 42C, 42D, 44C, 46D, 48D, 51B, 52A, 52B, 53A, 53B e cartografía 1/25 000 e 1/5 000 não publicada, em arquivo.

http://geoportal.lneg.pt/geoportal/mapas

Base Topográfica:

España: Instituto Geográfico Nacional. Portugal: Limites administrativos: CAOP - Cartografía Administrativa Oficial de Portugal, DGT 2018.

Redes hidrográfica e de estradas, caminhos de ferro e áreas urbanas: cartografia adaptada de ESRI Topographic basemap e Imagery basemap. EU-DEM.

EN PAPEL: ISBN: 978-989-675-069-5 NIPO: 836200096 Depósito legal: M-6648-2020

EN LÍNEA: ISBN: 978-989-675-064-0 NIPO: 836200109

Cita recomendada cartografía:

Locutura Rupérez, J.; García-Cortés, A.; Florido Laraña, P.; Boixereu i Vila, E.; Matos, J.X.; Inverno, C.; Filipe, A.; Albardeiro, L.; Morais, I.; Oliveira, D.; Díez Montes, A.; Huerta Carmona, J.J.; Oliveira, J.T.; Fernandes, P.; Machado, S.; Dias, R.; Ressurreição, R. 2020. Mapa Metalogenético de la Zona Surportuguesa/Carta Metalogenetica da Zona Sul Portuguesa. Escala 1/400.000. Programa Interreg V-A España-Portugal (POCTEP) 2014-2020: GEO_FPI: Observatorio transfronterizo para la valorización geo-económica de la Faja Pirítica Ibérica (Cod. 0052_GEO_FPI_5_E). Instituto Geológico y Minero de España (IGME) - Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) - Secretaría General de Industria, Energía y Minas de la Junta de Andalucía (SGIEM).

Cita recomendada memoria:

Locutura Rupérez, J.; López López, M.T.; Matos, J.X.; Santos, S.; Morais, I.; Albardeiro, L.; Gonçalves, P.; Filipe, A.; Oliveira, D.; Vázquez Mora, M., Martínez Girón, A. A. y Orche Amaré, P.; 2020. Mapa Metalogenético de la Zona Surportuguesa/Carta Metalogenetica da Zona Sul Portuguesa. Escala 1/400.000. Memoria técnica. Programa Interreg V-A España-Portugal (POCTEP) 2014-2020: GEO_FPI: Observatorio transfronterizo para la valorización geo-económica de la Faja Pirítica Ibérica (Cod. 0052_GEO_FPI_5_E). Instituto Geológico y Minero de España (IGME) - Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) - Secretaría General de Industria, Energía y Minas de la Junta de Andalucía (SGIEM).

Proyecto GEO_FPI - OBSERVATORIO TRANSFRONTERIZO PARA LA VALORIZACIÓN GEO-ECONÓMICA DE LA FAJA PIRÍTICA IBÉRICA (Cod.: 0052_GEO_FPI_5_E).

Projeto GEO_FPI - OBSERVATÓRIO TRANSFRONTEIRIÇO PARA A VALORIZAÇÃO GEO-ECONÓMICA DA FAIXA PIRITOSA IBÉRICA (Cod.: 0052_GEO_FPI_5_E).

Fotografías de portada / Fotografias da capa:

1. Filitas y cuarcitas. Fm. Pulo do Lobo. / *Filitos e quartzitos. Fm. Pulo do Lobo.*
2. Zona de mezcla de magmas, granitos-gabros. Huelva. / *Zona de mistura de magmas, granitos-gabros. Huelva.*
3. Stockwork. Mina San Miguel. Huelva. / *Stockwork. Mina de San Miguel. Huelva.*
4. Filitas y cuarcitas con pliegues en chevron. Fm. Pulo do Lobo. Mértola. / *Filitos e quartzitos com dobras em chevron. Fm. Pulo do Lobo. Mértola.*
5. Relleno de fracturas por calcopirita y pirita. Fm. Neves (CVS). Neves-Corvo. / *Preenchimento de fraturas por calcopirite e pirite. Fm. Neves (CVS). Neves-Corvo.*
6. Pliegue-falla en Fm. Mértola (Culm). Mina de Peña del Hierro. Huelva. / *Dobra falha na Fm. Mértola (Culm). Mina de Peña de Hierro. Huelva*.
7. Pizarras de la Fm. Horta da Torre. / *Xistos da Fm. Horta da Torre.*
8. Pizarras grises de la Fm. Represa. Corta de São Domingos. / *Xistos cinzentos da Fm. Represa. Corta de São Domingos.*

1. DESCRIPCIÓN DE LAS MINERALIZACIONES / *DESCRIÇÃO DAS MINERALIZAÇÕES* **7**

1.1. Mineralizaciones de sulfuros masivos vulcanogénicos en el sector español de la Faja Pirítica Ibérica / *Mineralizações de sulfuretos maciços vulcanogénicos no setor espanhol da Faixa Piritosa Ibérica* **9**
1.1.1. Minas activas / *Minas ativas* 10
1.1.2. Minas abandonadas o en rehabilitación ambiental / *Minas abandonadas ou em reabilitação ambiental* 18

1.2. Mineralizaciones de sulfuros masivos en el sector portugués de la FPI / *Mineralizações de sulfuretos maciços no setor português da FPI* **36**
1.2.1. Minas activas / *Minas ativas* 38
1.2.2. Minas abandonadas o en rehabilitación ambiental / *Minas abandonadas ou em recuperação ambiental* 44
1.2.3. Yacimientos en fase de prospección / *Jazigos em fase de prospeção* 55

1.3. Mineralizaciones vulcanosedimentarias de manganeso en el sector español de la FPI / *Mineralizações vulcano-sedimentares de manganês no setor espanhol da FPI* **61**

1.4. Mineralizaciones filonianas de hierro en el sector español de la FPI / *Mineralizações filonianas de ferro no setor espanhol da FPI* **65**

1.5. Mineralizaciones de óxido de hierro y manganeso en el sector portugués de la FPI / *Mineralizações de óxido de ferro e manganês no setor português da FPI* **65**

1.6. Mineralizaciones filonianas de pirita-cobre en el sector español de la FPI / *Mineralizações filonianas de pirite-cobre no setor espanhol da FPI* **71**

1.7. Mineralizaciones filonianas de cobre en el sector portugués de la FPI / *Mineralizações filonianas de cobre no setor português da FPI* **72**

1.8. Mineralizaciones filonianas de plomo-zinc en el sector español de la FPI / *Mineralizações filonianas de chumbo-zinco no setor espanhol da FPI* **77**

1.9. Mineralizaciones filonianas de cobre-plomo-zinc en el sector español de la FPI / *Mineralizações filonianas de cobre-chumbo-zinco no setor espanhol da FPI* **78**

1.10. Mineralizaciones filonianas de fluorita y fluorita-plomo en el sector español de la FPI / *Mineralizações filonianas de fluorite e fluorite-chumbo no setor espanhol da FPI* **79**

1.11. Mineralizaciones filonianas de barita en el sector español de la FPI /
Mineralizações filonianas de barite no setor espanhol da FPI **81**

1.12 Mineralizaciones filonianas de bario y plomo en el sector portugués de la FPI /
Mineralizações filonianas de bário e chumbo no setor português da FPI **82**

1.13 Mineralizaciones filonianas de arsénico en el sector español de la FPI /
Mineralizações filonianas de arsénio no setor espanhol da FPI **82**

1.14 Mineralizaciones filonianas de antimonio en el sector español de la FPI /
Mineralizações filonianas de antimónio no setor espanhol da FPI **84**

1.15 Mineralizaciones filonianas de antimonio en el sector portugués de la FPI /
Mineralizações filonianas de antimónio no setor português da FPI **86**

1.16 Mineralizaciones filonianas de wolframio en el sector español de la FPI /
Mineralizações filonianas de volfrâmio no setor espanhol da FPI **87**

1.17 Depósitos aluvionares (oro y titanio) en el sector portugués /
Depósitos aluvionares (ouro e titânio) no setor português **87**

2. POTENCIALIDAD MINERA / ***POTENCIALIDADE MINEIRA*** **89**

3. BIBLIOGRAFÍA / ***BIBLIOGRAFIA*** **92**

ANEXO I: Listado de mineralizaciones / ***ANEXO I: Lista de mineralização*** **106**

1. Descripción de las mineralizaciones
Descrição das mineralizações

En este apartado se realiza una descripción de las mineralizaciones presentes en el Domino Geológico de la Zona Surportuguesa (ZSP).

La Faja Pirítica Ibérica (FPI) es considerada una de las principales provincias metalogenéticas de Europa (Barriga *et al.*, 1997; Carvalho *et al.*, 1999; Tornos, 2006, 2008; Relvas *et al.*, 2006; Matos *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2006, 2013a; Inverno *et al.*, 2015a) y ocupa una gran parte de la ZSP, formando un cinturón con orientación WNW-ESE que se extiende, a lo largo de 230 km y con una anchura media de 35 km, desde la costa atlántica en Portugal, en las proximidades de Setúbal, hasta el valle del Guadalquivir, en España, y es posiblemente, la más importante provincia metalogénica de sulfuros masivos polimetálicos del mundo, con más de 90 depósitos de sulfuros masivos bien conocidos, algunos de ellos de importancia mundial como Neves-Corvo, Aljustrel, Río Tinto, Tharsis y Aznalcóllar-Los Frailes. En ella se han concentrado algo más de 1.700 Mt de sulfuros masivos que representan una acumulación de 14,6 Mt de Cu, 13 Mt de Pb, 34,9 Mt de Zn, 5.590 t de Ag y 596 t de Au (Leistel *et al.*, 1998).

En FPI hay otras mineralizaciones representadas por óxidos de hierro y manganeso (estructuras estratiformes y filonias) y vetas Cu, Pb-Ba y Sb (distribución en Matos & Filipe, 2013; ver Fig. 9).

La actividad extractiva en la FPI se remonta a la Edad del Cobre (Pinedo Vara, 1963; Martins, 1996; Oliveira y Matos, 2002; Matos *et al.*, 2002). En el Imperio Romano, las minas principales en el sector portugués de la provincia fueron las de Vipasca (Aljustrel), São Domingos, Caveira y Chança, indicadas en orden decreciente de importancia (Matos *et al.*, 2011a). Mientras que en el sector español, las principales minas fueron Río Tinto y Tharsis (Domergue, 2011).

La minería moderna surge principalmente en la segunda mitad del siglo XIX (Matos *et al.*, 2008) y conllevó la apertura de cortas a cielo abierto en São Domingos, Aljustrel, Lousal y Caveira. Actualmente, la actividad extractiva en la FPI puede ser a cielo abierto como por ejemplo en Riotinto o bien es subterránea, a profundidades superiores a 1.000 m en la mina Neves-Corvo y 500 m en la mina Aljustrel. El potencial minero de la FPI ha provocado desde la década de los 60 del siglo XX, una fuerte inversión en campañas de

Neste capítulo é feita a descrição das mineralizações presentes no Domínio Geológico da Zona Sul Portuguesa (ZSP).

A Faixa Piritosa Ibérica (FPI) é considerada uma das principais províncias metalogenéticas da Europa (Barriga et al.*, 1997; Carvalho* et al.*, 1999; Tornos, 2006, 2008; Relvas* et al.*, 2006; Matos* et al.*, 2008; Oliveira* et al.*, 2006, 2013a; Inverno* et al.*, 2015a) e ocupa uma grande parte da ZSP, formando uma faixa com orientação WNW-ESE que se estende ao lango de 230 km, com uma largura média de 35 km, desde a costa atlântica em Portugal, próximo de Setúbal, até ao vale do rio Guadalquivir em Espanha. Provavelmente, trata-se da mais importante província metalogenética de sulfuretos maciços polimetálicos do mundo, contando com mais de 90 jazigos de sulfuretos maciços conhecidos, alguns deles de classe mundial como Neves-Corvo, Aljustrel, Rio Tinto, Tharsis e Aznalcóllar-Los Frailes. Concentram-se na FPI cerca de 1 700 Mt de sulfuretos maciços que representam uma acumulação de 14,6 Mt de Cu, 13 Mt de Pb, 34,9 Mt de Zn, 5 590 t de Ag e 596 t de Au (Leistel* et al.*, 1998).*

Na FPI ocorrem outras mineralizações representadas óxidos de ferro e manganês (estruturas de tipo filoniano e estratiforme) e filões de Cu, Pb-Ba e Sb (ver distribuição em Matos & Filipe Eds., LNEG 2013; ver Fig. 9).

A atividade extrativa na FPI remonta ao período Calcolítico (Pinedo Vara, 1963; Martins, 1996; Oliveira & Matos, 2002; Matos et al.*, 2002). No Império Romano as principais minas do setor português da província eram as de Vipasca (Aljustrel), São Domingos, Caveira e Chança, indicadas por ordem decrescente de importância (Matos* et al.*, 2011a). Já no setor espanhol, as principais minas foram Río Tinto e Tharsis (Domergue, 2011).*

A mineração moderna surge sobretudo a partir da segunda metade do século XIX (Matos et al.*, 2008) e conduziu à abertura de cortas em São Domingos, Aljustrel, Lousal e Caveira. Atualmente, a atividade extrativa no FPI pode ser a céu aberto, por exemplo em Riotinto, ou pode ser subterrânea, até profundidades superiores a 1 000 m na mina de Neves-Corvo e de 500 m na mina de Aljustrel. O potencial mineiro da FPI suscitou desde a década de 60 do século XX um forte investimento em campanhas de cartografia geológica, geoquímica e geofí-*

cartografía geológica, geoquímica y geofísica, que ha implicado la ejecución de más de 1.136 sondeos de prospección (405,02 km de perforación, entre 1953 y 2016, sin incluir los sondeos de evaluación, Matos & Filipe, 2013).

La actividad minera en la FPI ha contribuido significativamente a mejorar el conocimiento estratigráfico de la ZSP, a través de la información obtenida a través de sondeos y labores de minería subterránea.

En el estudio de las secuencias estratigráficas de la FPI, además de la cartografía geológica y la testificación de sondeos, se utilizan técnicas de datación de sedimentos mediante palinología y de rocas volcánicas mediante geocronología (Barrie *et al.*, 2002; Dunning *et al.*, 2002; Pereira *et al.*, 2007, 2008, 2012 , 2014, 2018; Rosa *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2006, 2013a, 2019b; Matos *et al.*, 2011b, 2014; Sola *et al.*, 2015, 2018, 2019a, b; Donaire *et al.*, 2020). Estas técnicas permiten soportar modelos de alta resolución estratigráfica, fundamentales para comprender la complejidad de las estructuras geológicas y definir horizontes susceptibles de portar mineralizaciones de sulfuros (vg. formaciones geológicas de pizarras negras de edad Estruniense, como las Fms. Xistos das Neves y Lousal-Caveira y rocas volcánicas félsicas asociadas, Oliveira *et al.*, 2004; Pereira *et al.*, 2008, 2018; Matos *et al.*, 2011b, 2014; Oliveira *et al.*, 2013a, 2013b; Solá *et al.*, 2015; Albardeiro *et al.*, 2017) y estructuras volcánicas félsicas del Tournaisiense (vg. Aljustrel, Barrie *et al.*, 2002; Barret *et al.*, 2008; Matos *et al.*, 2010, Chança-Vuelta Falsa, Rosa *et al.*, 2009; Solá *et al.*, 2019a,b; Donaire *et al.*, 2020).

Los indicios y yacimientos minerales se han agrupado en función de las mineralizaciones presentes según las sustancias y dentro de ellas, por morfologías o en base a las paragénesis y asociaciones mineralógicas establecidas, con criterios comunes tanto en el sector español, como en el sector portugués de la FPI.

Los datos relativos a las mineralizaciones de la ZSP en el sector español, proceden mayoritariamente de la investigación realizada 2011 por parte del Instituto Geológico y Minero de España y la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía para la elaboración de la publicación "Cartografía de Recursos Minerales de Andalucía", concretamente del capítulo de metalogenia dedicado a descripción de las mineralizaciones de la ZSP (Locutura, 2011) y de la cartografía asociada (Gumiel *et al.*, 2011).

El número total de yacimientos contemplados en el ámbito de la zona de estudio asciende a 645, correspondiendo 341 al sector español y 304 al portugués (Fig. 1).

sica, que conduziram à execução de mais de 1 136 sondagens de prospeção (405,02 km de perfuração entre 1953 e 2016, sem incluir sondagens de avaliação, ver distribuição dos furos por profundidade em Matos & Filipe, LNEG 2013).

A atividade mineira na FPI tem contribuído de modo significativo para um melhor conhecimento estratigráfico deste domínio da Zona Sul Portuguesa, através da informação obtida através de sondagens de prospeção e de trabalhos mineiros subterrâneos.

No estudo das sequências estratigráficas da FPI utilizam-se além da cartografia geológica e logging de sondagens, metodologias de datação de sedimentos por palinologia e de rochas vulcânicas por geocronologia (Barrie et al.*, 2002; Pereira* et al.*, 2007, 2008, 2012, 2014, 2018; Rosa* et al.*, 2009; Oliveira* et al.*, 2006, 2013a, 2019b; Matos* et al.*, 2011b, 2014; Sola* et al.*, 2015, 2018, 2019a,b; Donaire* et al.*, 2020). Estas técnicas permitem suportar modelos de alta resolução estratigráfica, fundamentais para a compreensão da complexidade das estruturas geológicas e definição de horizontes portadores de mineralizações de sulfuretos - ex. formações geológicas dominadas por xistos negros de idade de estruniana (ex. Fms. Xistos das Neves e Lousal-Caveira e rochas vulcânicas félsicas associadas, Oliveira* et al.*, 2004; Pereira* et al.*, 2008, 2018; Matos* et al.*, 2011b, 2014; Oliveira* et al.*, 2013a, 2013b; Solá* et al.*, 2015; Albardeiro* et al.*, 2017) e estruturas vulcânicas félsicas de idade Tournaisiano (ex. Aljustrel, Barrie* et al.*, 2002; Barret* et al.*, 2008; Matos* et al.*, 2010, Chança-Vuelta Falsa, Rosa* et al.*, 2009; Solá* et al.*, 2019a,b; Donaire* et al.*, 2020).*

Os indícios e jazigos minerais estão agrupados em função das mineralizações presentes e de acordo com as substâncias que, por sua vez, se agrupam por morfologia e/ou com base na paragénese e associações mineralógicas estabelecidas com critério comum tanto no setor espanhol como no setor português da FPI.

Os dados relativos às mineralizações espanholas da ZSP resultam maioritariamente da investigação realizada em 2011 por parte do Instituto Geológico e Mineiro de Espanha e pelo Ministério de Economia, Inovação e Ciência da Junta de Andaluzia para a publicação da "Cartografia de Recursos Minerais da Andaluzia". Estes dados constam do capítulo de metalogenia dedicado à descrição das mineralizações da ZSP (Locutura, 2011) e cartografia associada (Gumiel et al.*, 2011).*

O número total de jazigos contemplados no âmbito da zona de estudo ascende aos 645, correspondendo 341 ao setor espanhol e 304 ao setor português (Fig. 1).

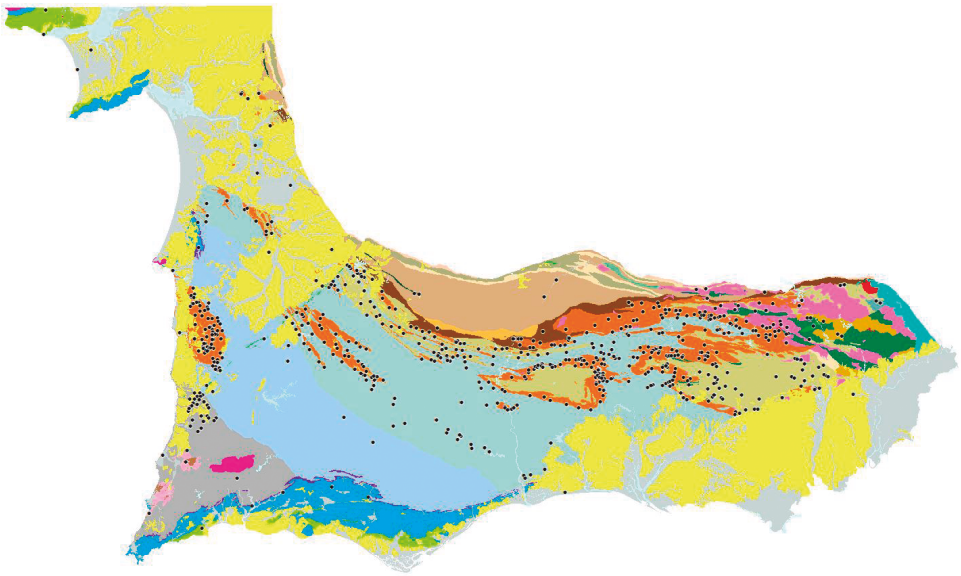


Figura 1: Distribución de yacimientos metalogenéticos en la Zona Surportuguesa. Mapa Geológico de la Zona Surportuguesa, esc. 1/400.000 IGME, LNEG, Junta de Andalucía, Proy. GEO_FPI, 2019.

Figura 1: *Distribuição de jazigos Metalogénicos na zona sul Portuguesa. Mapa geológico da Zona Sul Portuguesa, esc. 1/400.000 IGME, LNEG, Junta de Andaluzia, Proj. GEO_FPI, 2019.*

1.1. MINERALIZACIONES DE SULFUROS MASIVOS VULCANOGÉNICOS EN EL SECTOR ESPAÑOL DE LA FAJA PIRÍTICA IBÉRICA

Este tipo de mineralizaciones son las más numerosas en la ZSP, junto con las de manganeso. Aparecen asociadas espacialmente a los afloramientos del CVS y, en mucha menor medida, a las secuencias superiores del Grupo PQ. Se distribuyen prácticamente en la totalidad de la FPI aunque su aparición es menos frecuente en el sector S y SE.

Existen más de 90 yacimientos de sulfuros masivos vulcanogénicos, en este apartado se describirán los principales yacimientos del sector español de la FPI (Fig. 2).

1.1. MINERALIZAÇÕES DE SULFURETOS MACIÇOS VULCANOGÉNICOS NO SETOR ESPANHOL DA FAIXA PIRITOSA IBÉRICA

Este tipo de mineralizações são as mais numerosas na ZSP, em conjunto com as de manganês. Estes jazigos surgem associados espacialmente aos afloramentos do CVS, e em menor percentagem, com as sequências superiores do Grupo PQ. Distribuem-se praticamente na sua totalidade pela FPI e aparecem com menos frequência no setor S e SE.

Existem mais de 90 jazigos de sulfuretos maciços vulcanogénicos. Nesta secção descrevem-se os principais jazigos do setor espanhol da FPI (Fig. 2).

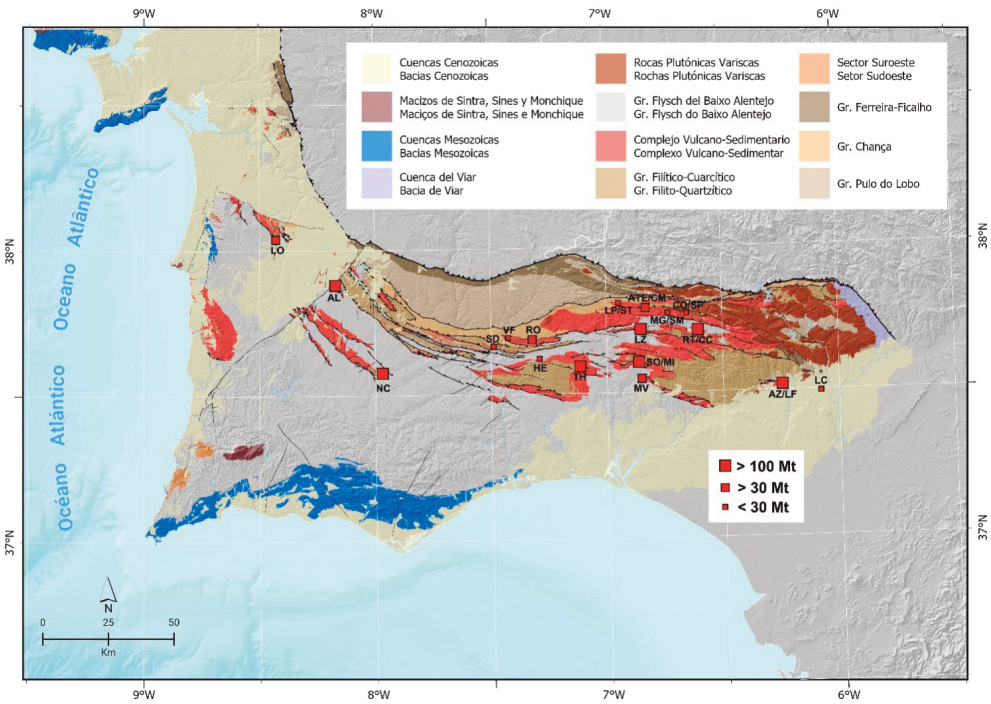


Figura 2: Encuadre geológico de la Faja Pirítica Ibérica (modificado de Tornos, 2008). Principales yacimientos de sulfuros masivos.

Figura 2: *Enquadramento geológico da Faixa Piritosa Ibérica (modificado de Tornos, 2008). Principais jazigos de sulfuretos maciços.*

Sector español / ***Setor espanhol:*** ATE: Aguas Teñidas Este; AZ: Aznalcóllar; CC: Cerro Colorado; CM: Cueva de la Mora; CO: Concepción; HE: Herrerías; LF: Los Frailes; LC: Las Cruces; LP: Lomero-Poyatos; LZ: La Zarza; MG: Magdalena; MI: Migollas; RT: Rio Tinto; RO: Romanera; SO: Sotiel; SM: San Miguel; SP: San Platón; ST: San Telmo; TH: Tharsis; VA: Valverde; VF: Vuelta Falsa.
Sector portugués / ***Setor português:*** AL: Aljustrel; NC: Neves Corvo; LO: Lousal; SD: Sao Domingos.

1.1.1. Minas activas

Las minas de **Aguas Teñidas y Aguas Teñidas Este (nº 410)** aparecen, en la presente cartografía, agrupadas y representadas en un único conjunto, que contiene una de las actuales explotaciones activas de sulfuros de la FPI, la mina de Aguas Teñidas Este.

Se localizan en el entorno de una falla de dirección N45°E que separa las escamas de San Telmo y de Concepción (Manto de Riotinto). La mina de Aguas Teñidas está situada a 2 km al W de Aguas Teñidas Este. Se encuentra en el flanco N del sinclinal carbonífero de Riotinto y en la parte central del tramo volcánico. La mineralización es concordante con las rocas de muro, consistentes en lavas dacíticas y, por encima, tobas ácidas a intermedias deformadas y cloritizadas, de color verdoso. La secuencia de techo de la mineralización engloba tobas finas más esquistosas, pizarras y tufitas grises. La mineralización forma un cuerpo estratiforme de orientación N110°E, con un buzamiento de 65°S. La potencia es variable, con ensanchamientos y estrechamientos, variando entre 2 y 15 m. Llega a una profundidad de 300 m.

La mineralización está constituida por pirita y esfalerita como componentes principales y galena, calcopirita, tetraedrita y magnetita como accesorios.

Explotada en sus inicios por tartesos y romanos, volvió a la actividad a mediados del siglo XIX. Se ha explotado por labores de interior. En 1980 se realizó una exploración geofísica que llevó a la identificación de una importante anomalía gravimétrica a 2 km al E del antiguo yacimiento. Posteriormente, se inició una campaña de sondeos cuyo resultado fue la intersección de una nueva masa de sulfuros polimetálicos. La fase siguiente contempló la evaluación de las reservas mediante la realización de nuevos sondeos. En 2005, MATSA prosiguió la investigación del yacimiento e identificó un *stockwork* en el extremo E de la masa. En 2009, se inició la explotación del yacimiento, denominado Aguas Teñidas Este, formado por una masa estratiforme en la que se distinguen tres sectores según su rumbo: Zona Oeste (formada por un lentejón aislado), Zona Media y Zona Este. En esta última parte se identificó además un *stockwork* asociado a dichos sulfuros masivos.

Este yacimiento es explotado en la actualidad por MATSA, propiedad de una empresa participada al 50% por Mubadala Investment Company, inversor global de Abu Dabi, y por Trafigura, uno de los principales comercializadores en el mercado mundial de materias primas.

1.1.1. Minas ativas

*As minas de **Aguas Teñidas e Aguas Teñidas Este (nº 410)** surgem na presente cartografia agrupadas e representadas num único conjunto, o qual engloba uma das atuais explorações ativas de sulfuretos da FPI, a mina de Aguas Teñidas Este.*

As mineralizações localizam-se na proximidade de uma falha de direção N45°E que separa as escamas de San Telmo e de Concepción (Manto de Riotinto). A mina de Agua Teñidas situa-se 2 km a W de Aguas Teñidas Este, encontrando-se no flanco N do sinclinal de idade Carbónico de Riotinto e na parte central da secção vulcânica. A mineralização é concordante com as rochas de muro representadas por lavas daciticas e, no topo, por rochas vulcânicas ácidas a intermédias deformadas e cloritizadas, de cor esverdeada. A sequência de teto da mineralização engloba sedimentos vulcanogénicos finos xistentos, xistos e rochas vulcânicas cinzentas. A mineralização forma um corpo estratiforme de orientação N110°E, com uma inclinação de 65°S. A sua espessura é variável, oscilando entre 2 e 15 m, atingindo a massa uma profundidade de 300 m.

A mineralização é constituída por pirite e esfalerite como componentes principais e galena, calcopirite, tetraedrite e magnetite como acessórios.

Explorada nos seus primórdios por tartéssios e romanos, a mina retomou a atividade em meados do século XIX, tendo sido explorada através de lavra subterrânea. Em 1980 realizou-se uma campanha de prospeção geofísica que permitiu a identificação de uma importante anomalia gravimétrica situada cerca de 2 km a este do antigo jazigo. Posteriormente, iniciou-se uma campanha de sondagens cujo resultado foi a intersecção de uma nova massa de sulfuretos polimetálicos. A fase seguinte contemplou a avaliação de reservas através da realização de mais sondagens. Em 2005, a empresa MATSA prossegiu a investigação desta jazida tendo identificado um stockwork *no seu extremo oriental. Em 2009, iniciou-se a exploração deste novo jazigo, denominado Aguas Teñidas Este, formado por uma massa estratiforme na qual se definem três setores de acordo com a sua orientação: Zona Oeste (formada por uma lentícula isolada); Zona Média Oeste e Zona Média Este. Neste último setor foi também identificado* stockwork *associado à mineralização maciça.*

Este jazigo é explorado atualmente pela companhia MATSA, propriedade de uma empresa participada em 50% por Mubadala Investment Company, um investidor global de Abu Dabi e por Trafigura, uma das principais empresas no mercado mundial de matérias-primas.

La mina cuenta con dos rampas de acceso a los trabajos subterráneos, conectadas entre sí. La rampa Santa Eulalia se utiliza para maquinaria pesada y personal de acceso a la mina, mientras que la rampa Santa Bárbara, cuya construcción se finalizó en el año 2008, se utiliza para la extracción de mineral mediante camiones. Estas rampas constituyen un factor de seguridad, al contar la mina con dos salidas de evacuación, y facilitar la entrada de aire limpio. Otras instalaciones importantes incluyen el depósito de mineral, la planta de procesamiento y la planta de gunita (producción de hormigón proyectado). La mina también tiene un área de taller y su propia subestación eléctrica de 66kV que alimenta la planta de procesamiento. En Aguas Teñidas existe una litoteca que alberga las muestras de mineral de las tres minas.

Para asegurar su sostenibilidad y hacer frente a la posible bajada de los precios de los metales, MATSA desarrolló en 2011 un proyecto de ampliación de la producción. La principal instalación contemplada en el proyecto de ampliación fue una nueva línea de tratamiento de mineral para duplicar la producción de 2,2Mt hasta 4,6 Mt/año y la introducción de nuevos equipos para una trituración más fina del mineral. El proyecto incluyó también otras instalaciones como la construcción de un nuevo almacén de mineral (*reclaimer*), un sistema de gestión integral de aguas y un edificio de oficinas generales con vestuarios, comedor, salas de cambio de relevo y salas de formación.

Se trata de una mina subterránea con producción de concentrados de cobre, cinc y plomo con cantidades significativas de plata.

Las reservas estimadas en principio por la empresa explotadora, y la recuperación y leyes de los concentrados se reflejan en la Tabla 1.

A mina conta com duas rampas de acesso aos trabalhos subterrâneos, ligadas entre si. A rampa de Santa Eulália é utilizada para maquinaria pesada e para o acesso do pessoal, enquanto que a rampa de Santa Barbara é utilizada para o escoamento do minério, sendo este transportado por camiões. A construção deste túnel foi concluída em 2008. As duas rampas constituem um fator de segurança, ao possibilitar um acesso duplo às galerias e uma melhor ventilação das mesmas. Outras instalações importantes incluem o depósito de minério, a unidade de processamento (lavaria) e a unidade de enchimento (produção de pasta de betão projetado). A mina conta ainda com uma área de oficinas e uma subestação elétrica própria de 66kV que alimenta a unidade de processamento de minério. Em Agua Teñidas encontra-se localizada uma litoteca que alberga as amostras de minério das três minas.

*Para assegurar a sua sustentabilidade e fazer frente à possível baixa de preços dos metais, a MATSA desenvolveu em 2011 um projeto de ampliação da produção. O investimento feito no projeto contemplou a construção de uma nova linha de tratamento de minério e a introdução de equipamentos para uma moagem mais fina, tendo sido possível ampliar a produção de 2,2 Mt até 4,6 Mt/ano. Estes investimentos incluíram também a construção de um armazém de minério (*reclaimer*), um sistema de gestão integral de águas e um edifício de escritórios com balneários, salas de refeição, balneários e salas de formação.*

Trata-se de uma mina subterrânea com produção e concentrados de cobre, zinco e chumbo com quantidades significativas de prata.

As reservas estimadas inicialmente pela empresa exploradora e a recuperação dos teores de concentrado estão refletidos na Tabela 1.

Tabla 1: Reservas y leyes de concentrado mineral de Aguas Teñidas Este (fuente: MATSA).
Tabela 1: *Reservas e teores de concentrado de minério de Aguas Teñidas Este (fonte: MATSA).*

Categoría del recurso / *Tipo de recurso*	Millones toneladas / *Milhões de tonelada*	Cu %	Zn %	Pb %	Mineralización / *Mineralização*	Concentrado / *Concentrado*	Recuperación de mineral / *Taxa de recuperação*	Ley de concentrado / *Teor do concentrado*
Polimetálico	10,66	1,03	6,62	1,90	Polimetálico	Zinc / *Zinco*	85,0 %	53,0 %
Cuprífero	8,35	2,19	1,24	0,23		Cobre	70,0 %	23,0 %
						Plomo / *Chumbo*	34,0 %	45,0 %
Total	19,01				Cobrizo / *Cúprico*	Cobre	85,0 %	25,0 %

Mina Magdalena (nº 445) se encuentra situada en el término municipal de Almonaster la Real, a unos 7 Kilómetros de las instalaciones mineras de Aguas Teñidas. La comunicación entre ambas explotaciones se realiza a través de un nuevo vial por el que se transporta el mineral extraído de mina Magdalena hasta la planta de tratamiento de Aguas Teñidas. Fue descubierta en mayo de 2013 por MATSA y en 2015 empezó la explotación. Su beneficio se realiza por interior, empleándose el mismo método de extracción que en Aguas Teñidas. Se trata de una explotación subterránea, con dos rampas de acceso, en la que se trabajan cámaras primarias y secundarias por *cut and fill* que finalmente se rellenan con pasta producida con los estériles mineros. La cota más profunda es de 716 metros y corresponde con el frente de la rampa de transporte lo que significa que la profundidad a la que se están realizando los trabajos es de 565 metros medidos desde la bocamina.

El yacimiento de la Magdalena es un depósito de sulfuros masivos vulcanogénicos (VMS) en el que se beneficia una mena cobriza muy rica en calcopirita y otra polimetálica con predominio de esfalerita y galena. Como subproductos asociados hay plata y ciertas concentraciones puntuales de oro. Se trata de un depósito con más de 20 Mt de recursos y leyes altas.

El yacimiento de Mina Magdalena está formado por dos masas principales, Masa 1 que es la de menor tamaño y que se localiza más superficial y, Masa 2 reconocida hasta la fecha entre 350 y 1.100 metros de profundidad. En términos geofísicos, ambos yacimientos de sulfuros polimetálicos pueden describirse como cuerpos tabulares de rumbo E-W y buzamiento de 75°N aproximadamente (Granda Sanz *et al.*, 2019).

En la mineralización de **Sotiel (nº 493)** se distinguen tres masas de sulfuros superpuestas que, de techo a muro, son las masas Norte, Centro y Sur. Están separadas por paquetes pizarrosos de un máximo de 20 m. Tienen corridas variables, siendo la más desarrollada la masa Centro, con cerca de 1.500 m de longitud. La más irregular en potencia es la Norte que muestra digitaciones e intercalaciones de pizarras. La potencia total del paquete de mineralización y de las pizarras intermedias es de unos 70 m. Los cuerpos mineralizados de Sotiel están formados predominantemente por pirita masiva de grano fino y contienen niveles bandeados ricos en esfalerita y galena. La calcopirita, más escasa, aparece en sectores y tramos diferenciados, generalmente en el muro del yacimiento. En la mineralización, se definen niveles de mineral complejo paralelos a los límites del techo y muro, con bandeados ricos en galena y esfalerita. Estos niveles muestran estructuras laminadas paralelas y de granulometría gradada, lo que sugiere un bandeado primario de deposición.

Mina Magdalena (nº 445) *localiza-se no município de Almonaster La Real, a cerca de 7 km das instalações mineiras de Aguas Teñidas. O minério extraído em Magdalena é transportado para Aguas Teñidas por uma nova via, sendo aqui processado. O jazigo de Magdalena foi descoberto em maio de 2013 pela MATSA. Em 2015 deu-se inicio a sua exploração, sendo esta feita com o mesmo método de extração que o usado em Aguas Teñidas. Trata-se de uma exploração subterrânea, com duas rampas de acesso, nas quais se efetuam trabalhos em galerias primárias e secundárias. Através de* cut and fill *e após a extração do minério, as galerias são preenchidas com pasta produzida com estéreis mineiros. A cota mais profunda é de 716 m, sendo correspondente à base da rampa de transporte. Estes trabalhos encontram-se assim situados cerca de 565 m abaixo da entrada superficial da mina.*

O jazigo da Magdalena é um depósito de sulfuretos maciços vulcanogénicos (VMS) rico em cobre, sendo explorada uma mineralização com calcopirite e outra com predominância de sulfuretos polimetálicos com predomínio de esfalerite e galena. Como subprodutos associados existem também prata e certas concentrações pontuais de ouro. Trata-se de um depósito com mais de 20 Mt de recursos com teores elevados.

O jazigo de Magdalena é formado por duas massas principais, nomeadamente a Massa 1 que é a de menor tamanho e a que se localiza mais próximo da superfície e a Massa 2 reconhecida até à data entre 350 e 1 100 m de profundidade. Os dois corpos de sulfuretos são refletidos por anomalias geofísicas, tendo uma forma tabular de orientação geral E-W e inclinação 75°N (Granda Sanz et al.*, 2019).*

Na mineralização de ***Sotiel (nº 493)*** *distinguem-se três massas de sulfuretos sobrepostas, as quais, de teto a muro, se denominam por massa Norte, Centro e Sul. Estas lentículas encontram-se separadas por níveis de xistos com espessura máxima de 20 m. O seu comprimento é variável, sendo a massa Central a mais extensa, com cerca de 1 500 m de longitude. O corpo mais irregular em espessura é a massa Norte que apresenta interdigitações e intercalações de xistos. O conjunto formado pela mineralização e intercalações de sedimentos apresenta cerca de 70 m de espessura. As massas de Sotiel são formadas predominantemente por pirite maciça de grão fino, contendo níveis bandados ricos em esfalerite e galena. A calcopirite é mais escassa e surge em setores diferenciados, geralmente a muro do jazigo. Na mineralização definem-se níveis de minério complexo paralelos aos limites de teto e de muro, com bandados ricos em galena e esfalerite. Estes níveis mostram estruturas laminadas paralelas e de gradação, as quais sugerem um bandado primário de deposição.*

En la zona E de Sotiel hay una extensión de la mineralización que consiste en 6 niveles de mineral que, de muro a techo, se denominan masas 1 a 6, y que también están separados por tramos pizarrosos negros a gris oscuros. Los cuerpos son morfológicamente estratiformes con extensión lateral mayor de 150 m y con un espesor inferior a 10 m. La corrida del conjunto alcanza los 340 m y la potencia acumulada de los cuerpos es de 50 m. La asociación mineral de Sotiel está formada por pirita, calcopirita, esfalerita y galena, como componentes principales, y pirrotina, marcasita, estannina, mackinawita, cubanita, bismutinita, kobellita, gudmuntita, bournonita, meneghinita, tetraedrita, arsenopirita, enargita, aloclasa bismuto, casiterita y magnetita, como accesorios (García de Miguel, 1990).

La mineralización de Sotiel era ya explotada en la época romana y lo ha sido, ya en época contemporánea, de un modo intermitente. Las labores de extracción más significativas fueron a cielo abierto (corta Tiberio, con 265 × 100 m) y por minería de interior, con acceso a las labores por el pozo San Luis, de 110 m, y el pozo Isidro, de 377 m y, posteriormente, mediante un plano inclinado en dirección N-S, con 1.800 m de longitud que alcanzaba 450 m de profundidad, que a día de hoy se utiliza para situaciones de emergencia. Desde 2015 es explotada por la empresa MATSA y la cercanía al yacimiento de Aguas Teñidas (38 km) favorece que el mineral extraído de la mina sea procesado en la planta de tratamiento de mineral que la empresa posee en sus instalaciones en Almonaster la Real.

El método de explotación utilizado en mina Sotiel se realiza mediante cámaras verticales que se rellenan con estéril y cámaras subhorizontales que se explotan y no se rellenan dejando los pilares a ambos lados sin explotar para favorecer el sostenimiento de la masa mineral.

De acuerdo con los datos disponibles, los recursos minerales actualmente definidos ascenderían a 10 Mt, cuyas leyes más altas serían 1,44 % Cu, 4,31 % Zn y 1,86 % Pb. Las reservas se estiman en 4,7 Mt. En la primera fase de explotación, Sotiel produce 550.000 t, para pasar al millón de toneladas una vez alcanzado el pleno rendimiento.

La producción conjunta de las tres minas de MATSA entre 2014 y 2018, queda reflejado en las Tablas 2 y 3.

Na zona E de Sotiel há uma extensão da mineralização que consiste em 6 níveis de sulfuretos maciços que, de muro para o teto se denominam por massas 1 a 6. Estes corpos encontram-se também separados por sedimentos, representados por xistos negros a cinzento-escuros. As lentículas são morfologicamente estratiformes surgindo com extensão lateral superior a 150 m e uma espessura inferior a 10 m. A dimensão do conjunto alcança os 340 m de comprimento e possança global de 50 m. A paragénese mineral de Sotiel é formada por pirite, calcopirite, esfalerite e galena, como componentes principais, e por pirrotite, marcassite, estanite, mackinawite cubanite, bismutinite cobelite, gudmuntite bournonite, meneghinite, tetraedrite, arsenopirite, enargite, aloclase, bismuto, cassiterite e magnetite, como minerais acessórios (García de Miguel, 1990).

A mineralização de Sotiel foi explorada na época romana e também na época contemporânea, de um modo intermitente. Os trabalhos de extração mineira mais significantes foram desenvolvidos a céu aberto (corta Tiberio com 265 m x 100 m) e por via subterrânea. O acesso às galerias era feito pelo poço São Luís (de 110 m), pelo poço Isidro (de 377 m) e, posteriormente, por um plano inclinado com direção N-S e 1 800 m de extensão, o qual alcançava 450 m de profundidade. Atualmente este plano é utilizado como via de acesso em situações de emergência. A mina tem vindo a ser explorada pela MATSA desde 2015. Pela sua proximidade ao jazigo de Agua Teñidas (cerca de 38 km), o minério extraído em Sotiel é processado na planta que a empresa possui em Almonaster la Real.

O método de exploração utilizado na mina de Sotiel baseia-se na abertura de câmaras verticais que são preenchidas com material estéril e em câmaras subhorizontais que, após a sua exploração, não são preenchidas, sendo a segurança geotécnica assegurada por pilares de sustentação.

De acordo com os dados disponíveis, os recursos atuais ascendem a 10 Mt de sulfuretos, cujos teores mais elevados são 1,44 % Cu, 4,31 % Zn e 1,86 % Pb. As reservas estão estimadas em 4,7 Mt. Na primeira fase de exploração, Sotiel produz 550 000 t/ano, estimando-se que, quando em pleno, o projeto permita assegurar a produção 1 Mt/ano de concentrado.

A produção conjunta das três minas da MATSA entre 2014 e 2018 está refletida nas Tabelas 2 e 3.

Tabla 2: Mineral extraído de la mina (toneladas métricas húmedas). Fuente de información: MATSA.
Tabela 2: *Minério extraído da mina (toneladas métricas húmidas). Fonte de informação: MATSA.*

Mineral / *Minério* (wmt)	2014	2015	2016	2017	2018
Cobrizo / *Cobre*	1.225.000	1.682.000	1.897.000	2.159.000	1.837.000
Polimetálico / *Polimetálico*	1.153.000	2.335.000	2.517.000	2.382.673	2.480.000
Total	2.378.000	4.017.000	4.414.000	4.542.303	4.317.000

Tabla 3: Mineral procesado en la planta (toneladas métricas secas). Fuente de información datos: MATSA.
Tabela 3: *Minério processado (toneladas métricas secas). Fonte de informação MATSA.*

Mineral / *Minério* (wmt*)	2014	2015	2016	2017	2018
Cobrizo / *Cobre*	1.107.705	1.691.263	1.908.646	2.076.088	1.776.910
Polimetálico / *Polimetálico*	1.100.479	2.281.507	2.396.739	2.176.577	2.559.818
Total	2.209.131	3.974.197	4.305.385	4.252.665	4.336.728

** Wet metric tonnes*

Los concentrados producidos en 2018 ascienden a 538.666 t, repartidas en 303.157 t concentrado de Cu, 201.042 t concentrado de Zn y 34.467 t concentrado de Pb.

Dentro de un amplio sinclinorio con el nucleo representado por sedimentos del Culm, se encuentra la estructura anticlinal de Riotinto, considerada un *antiformal stack* (González Clavijo & Díez-Montes, 2010). En esta estructura el nucleo está formado por materiales volcánicos, que albergan el mayor yacimiento de sulfuros masivos de la FPI y uno de los mayores del mundo (Tornos, 2006). Este depósito mineral es complejo y contiene varios yacimientos de diferentes tipos y de diferentes recursos. En el presente trabajo, se ha organizado la información en dos mineralizaciones, la de Riotinto (nº 533) explotada en el pasado y actualmente en fase de prospección y la de Cerro Colorado (nº 540), caracterizada por un extenso *stockwork* y actualmente en explotación por Atalaya Mining.

Cerro Colorado (nº 540). En el centro de este conjunto de mineralizaciones masivas y diseminadas y formando el núcleo del anticlinal de Riotinto, se encuentra un gran domo de rocas volcánicas con núcleo de composición félsica y con basaltos hacia el muro de la serie volcánica (García Palomero, 1977; Díez-Montes *et al.*, 2017). Existen varios tipos de mineralización estrechamente asociadas. La mineralización está soportada por rocas volcánicas ácidas (riolitas) con estructura brechoide y muy cloritizadas, correspondientes al vulcanismo inicial. Consiste en un *stockwork* con morfología de chimenea o pipa con un sistema de venas entrecruzadas y diseminaciones de pirita y calcopirita, con esfalerita accesoria. La zona mineralizada en cobre tiene unas dimensiones de 2.200 m de longitud, según la orientación E-W, por 1.000 m de anchura y, al menos, 450 m de profundidad (Díez-Montes *et al.*, 2015; Martín-Izard *et al.*, 2015). Sobre este *stockwork*, se ha desarrollado, en el Mesozoico, un *gossan* retrabajado en el Cenozoico. La intensa alteración supergénica ha dado lugar, en su parte superior, a una montera de *gossan* groseramente tabular y subhorizontal de unos 25 m de potencia media, constituido por goethita, hematites, en una matriz arcillosa y limonítica, con sílice y baritina de origen secundario. En él se ha producido una concentración supergénica de oro y plata con contenidos medios de 2 mg kg-1 de Au y 50 mg kg-1 de Ag. Entre la montera de *gossan* y

Os concentrados produzidos em 2018 ascendem a 538 666 t, sendo repartidos entre 303 157 t concentrado de Cu, 201 042 t concentrado de Zn e 34 467 t concentrado de Pb.

Dentro de um amplo sinclinório com núcleo representado por sedimentos do Culm, encontra-se a estrutura anticlinal de Riotinto considerada um antiformal stack *(González Clavijo & Díez-Montes, 2010). Nesta estrutura o núcleo é formado por unidades vulcânicas, as quais albergam o maior jazigo de sulfuretos maciços da FPI (Tornos, 2006), considerado um dos maiores do mundo. Este depósito mineral é complexo e contêm vários jazigos de diferentes tipos e de diferentes recursos. No presente trabalho organizou-se a informação em duas mineralizações, a de Riotinto (nº 533) explorada no passado e atualmente em fase de prospeção e de Cerro de Colorado (nº 540), caracterizadas por um amplo* stockwork *e atualmente em exploração por Atalaya Mining.*

Cerro Colorado (nº 540). *Na área central de um conjunto de mineralizações maciças e disseminadas surge um grande doma vulcânico, com núcleo de composição félsica e basaltos a muro da sequência vulcânica, o qual forma o núcleo do anticlinal de Riotinto (García Palomero, 1977; Díez-Montes* et al.*, 2017). A mineralização é de vários tipos e está hospedada por rochas vulcânicas ácidas (riólitos) com estrutura bréchoide e muito cloritizadas, correspondentes ao vulcanismo inicial. Consiste num* stockwork *com morfologia de chaminé ou pipe sendo definida por um sistema de veios entrecruzados e disseminações de pirite e calcopirite, surgindo esfalerite como mineral acessório. A zona mineralizada em cobre tem dimensões de 2 200 m de longitude, segundo a orientação E-W, por 1 000 m de largura e profundidade de 450 m ou superior (Díez-Montes* et al.*, 2015; Martín-Izard* et al.*, 2015). Sobre este* stockwork *desenvolveu-se no Mesozoico um chapéu de ferro retrabalhado durante o Cenozoico, ocorrendo intensa alteração supergénica na sua parte superior. Este chapéu de ferro (ou* gossan*) apresenta uma forma grosseiramente tabular e subhorizontal, com uma espessura média de 25 m, sendo formado por goethite, hematite, numa matriz argilosa e limonítica, com sílica e barite de origem secundária. No chapéu de ferro ocorreu assim uma concentração supergénica de ouro e prata que se reflete em teores médios de 2mg kg-1 de Au e 50 mg kg-1 de Ag. Entre o chapéu de ferro e o* stockwork *cuprífe-*

el *stockwork* cuprífero primario, y también por vía supergénica, han tenido lugar procesos de lixiviación y reprecipitación, en el sentido vertical, que han llevado a la formación de una zona de cementación y de concentración de cobre en una banda de forma y profundidad algo irregular, pero del orden de 10-15 m. En ella, además de productos de alteración meteórica de la roca volcánica (caolinización), aparecen minerales secundarios de cobre, como calcosina, covellina, bornita, óxidos de hierro, además de calcopirita y pirita en proceso de alteración.

ro primário desenvolveram-se processos supergenicos de lixiviação e reprecipitação no sentido vertical, que conduziram à formação de uma zona de cementação e de concentração de cobre. Esta banda de enriquecimento apresenta uma forma e profundidade algo irregular, entre os 10 e 15 m de espessura, sendo caracterizada por produtos de alteração meteórica da rocha vulcânica (caulinização) e minerais secundários de cobre como calcocite, covelite, bornite, óxidos de ferro e calcopirite e pirite em processo de alteração.

Figura 3: Corta de Cerro Colorado, explotada actualmente por Atalaya Mining.

Figura 3: *Corta de Cerro Colorado explorada atualmente por Atalaya Mining.*

En el yacimiento de Cerro Colorado se explotó, a mediados de los años 60 del siglo pasado, como yacimiento de oro y plata a cielo abierto. Con el desmonte de la montera de *gossan*, se descubrió la zona de cementación rica en cobre, iniciándose la extracción de este recurso y, simultáneamente, la producción de oro, plata y cobre. Casi completamente explotada, la zona de cementación pasa en profundidad a la mineralización del *stockwork* primario. Actualmente es explotada por la empresa Atalaya Mining (Fig. 3), datos recientes estiman que las reservas minerales probadas y probables suman 197 millones de toneladas a 0,42% de cobre (0,82 Mt de cobre) y los recursos minerales medidos e indicados suman un total de 258 Mt con 0,40% de Cu (Tabla 4).

O jazigo de Cerro Colorado foi explorado em meados dos anos 60 do século passado, como jazigo de ouro e prata, com trabalhos efetuados a céu aberto. Com o desmonte do chapéu de ferro ficou a descoberto a zona de cementação rica em cobre. Iniciou-se então a extração deste recurso e, em simultâneo, a produção de ouro, prata e cobre. Quase totalmente explorada, a zona de cementação transita em profundidade à mineralização stockwork *primária. Atualmente esta é explorada pela empresa Atalaya Mining (Fig. 3). Dados recentes estimam que as reservas minerais provadas e prováveis somam 197 Mt com 0,42% Cu (0,82 Mt de cobre) e os recursos minerais calculados e indicados somam um total de 258 Mt com 0,4% Cu (Tabela 4).*

Tabla 4: Reservas y recursos de la explotación Cerro Colorado (Fuente: https://atalayamining.com/riotinto-copper-mine/).
Tabela 4: *Reservas e recursos da exploração Cerro Colorado (Fonte: https://atalayamining.com/riotinto-copper-mine/).*

Reservas / *Reservas*	Mt	%Cu	Recursos	Mt	%Cu
Probado / *Provado*	128	0,41	Medido	152	0,39
Probable / *Provavél*	69	0,44	Indicado	106	0,40
Reservas totales de mineral / *Reservas totais de minério*	197	0,42	Recursos totales medidos e indicados / *Recursos totais e indicados*	258	0,40
			Inferidos	18	0,50

En abril de 2015 concluyó la transmisión de derechos por parte de la Junta de Andalucía a favor de Emed Tartessus. La aprobación de los derechos mineros del Proyecto Riotinto ha supuesto la verdadera puesta en marcha de la actividad y de la modernización y adecuación de instalaciones.

Em abril de 2015 concluiu-se a transmissão de direitos por parte da Junta de Andaluzia a favor da empresa Emed Tartessus. A aprovação dos direitos mineiros do Projeto Riotinto significou o verdadeiro reinício da atividade e a modernização e adequação das infraestruturas mineiras.

Poco después, el 17 de abril de 2015 tuvo lugar la primera voladura del proyecto, empleando 6.500 kg de explosivo para volar 28.000 toneladas de mineral estéril, con la que se iniciaba esta nueva etapa. Desde entonces, casi a diario, las voladuras han comenzado a modificar el aspecto de la corta y a obtener los primeros lotes de mineral para ser procesados.

Pouco depois de 17 de abril de 2015, teve lugar o primeiro rebentamento da nova etapa de mineração na corta de Cerro Colorado, sendo utilizados 6 500 kg de explosivo para extrair 28 000 toneladas de estéril. Desde então, as explosões foram modificando o aspeto da corta, com rebentamentos quase diários, obtendo-se os primeiros lotes de minério para processamento.

El nuevo Proyecto Riotinto también contempla la puesta en funcionamiento de las instalaciones de beneficio de mineral existentes en el complejo. La planta de tratamiento e instalaciones asociadas han sido modernizadas y adaptadas a los estándares actuales en cuanto a eficiencia y seguridad. La capacidad de producción de mineral es actualmente de 9 Mt/año.

O novo Projeto Riotinto incluiu também o reinicio dos trabalhos nas plantas de processamento do complexo mineiro. A unidade de tratamento e as instalações associadas foram modernizadas e adaptadas aos padrões atuais em termos de eficiência e segurança. A capacidade de produção de minério é atualmente de 9 Mt/ano.

La producción de 2018, según el informe anual publicado por Atalaya Mining, queda reflejada en la Tabla 5.

A produção de 2018 segundo o relatório anual publicado por Atalaya Mining encontra-se refletido na Tabela 5.

Tabla 5: Producción de 2018 en Cerro Colorado.
Tabela 5: *Produção de 2018 en Cerro Colorado.*

Mineral extraído / *Minério extraido*	10.753.598 t
Mineral procesado / *Minério processado*	9.819.839 t
Ley del Mineral de cobre / *Teor do minério de cobre*	0,49 %
Ley del concentrado de cobre / *Teor do concentrado de cobre*	23,31 %
Porcentaje de recuperación de cobre / *Percentagem de recuperação de cobre*	88,30 %
Concentrado de cobre	180.661 t
Cobre contenido en el concentrado / *Cobre contido no concentado*	42.114 t

La mina **Las Cruces (nº 645)** es uno de los escasos yacimientos descubiertos recientemente, bajo un potente recubrimiento de sedimentos neógenos de la cuenca del Guadalquivir y su mineralización es singularmente rica en Cu. Se encuentra localizada próxima a Sevilla, en los municipios de Gerena y Salteras. Los sedimentos cenozoicos presentan un espesor variable de unos 150 m, representados por margas en la base, superpuestas al zoco paleozoico. El yacimiento está asociado a la parte superior de la secuencia del CVS, y es semejante a otros yacimientos vulcanosedimentarios presentes en la FPI, representados por mineralización masiva y un *stockwork* asociado. Las Cruces posee una montera ferruginosa de espesor métrico, que consta de tres niveles diferenciados (Tornos, 2008), encontrándose una zona de silicificación, un nivel de *gossan* negro y un *gossan* rojo, similar a los *gossans* clásicos pero con enriquecimientos en siderita y galena (Yesares *et al.*, 2015). Bajo el *gossan* se encuentra una pequeña banda de lixiviación correspondiente a la Zona de Enriquecimiento Supergénico (ZES), que afecta tanto a los sulfuros masivos como a la mineralización del *stockwork*. Por su elevado contenido en cobre, esta zona presenta el mayor interés minero. La mineralización primaria ocurre a muro de la ZES y está representada por sulfuros masivos (predominantemente pirita) no enriquecidos en Cu y con bajos niveles en otros metales.

*A mina **Las Cruces (nº 645)** é um dos escassos jazigos descobertos recentemente, debaixo de uma espessura significativa de sedimentos neogénicos da Bacia de Guadalquivir, sendo a sua mineralização particularmente rica em Cu. Encontra-se situado perto de Sevilha nos municípios de Genera e Salteras. Os sedimentos cenozoicos apresentam uma espessura variável de cerca de 150 m, sendo representados por margas na base que se sobrepõem ao soco paleozoico. O jazigo está associado à parte superior da sequência do CVS, sendo semelhante a outros jazigos vulcano-sedimentares da FPI, sendo representado por mineralização maciça e um* stockwork *a ela associado. Las Cruces possui um chapéu de ferro com espessura métrica que consta três níveis diferenciados (Tornos, 2008) encontrando-se em uma zona de silicificação, um nível de chapéu de ferro negro e um chapéu de ferro vermelho. Este último é similar aos chapéus de ferros clássicos enriquecido em siderite e galena (Yesares* et al.*, 2015). Na sua parte inferior encontra-se uma pequena banda de lixiviação correspondente à Zona de Enriquecimento Supergénico (ZES), a qual afeta quer os sulfuretos maciços quer a mineralização* stockwork*. Pelo seu elevado teor em cobre esta zona apresenta o maior interesse mineiro. A mineralização primária ocorre a muro da ZES sendo representada por sulfuretos maciços (predominantemente pirite) não enriquecidos em Cu e com baixos teores em outros metais.*

La zona mineralizada tiene más de 1 km de longitud. En la fase inicial de la explotación, el *gossan* fue desmantelado y almacenado para permitir el acceso a la ZES. Los materiales del *gossan*, serán beneficados para la extracción de oro y plata. La ZES está enriquecida en metales supergénicos de Cu, con formación de minerales asociados por calcosina, digenita, bornita, y cobres grises (enargita-famatinita) (Yesares *et al.*, 2015, 2017).

El yacimiento de Las Cruces, es explotado en la actualidad por Cobre las Cruces, S.A., perteneciente a la compañía canadiense First Quantum inc. Según datos de la empresa, el yacimiento tenía inicialmente unas reservas (probadas y probables) de 17,6 Mt con 6,2% de Cu, considerando únicamente la ZES. Datos de diciembre de 2012, indicaban que las reservas eran de 14,1 millones de toneladas con 5,4% Cu (Cobre Las Cruces, S.A.). Esta mineralización fue descubierta en 1994, a partir de sondeos mecánicos realizados en una anomalía gravimétrica sobre formaciones del Mioceno. La mina comenzó su producción en 2009 mediante la apertura de una corta minera.

Una de las principales características de la mina es su elevada ley/porcentaje de cobre por tonelada de mineral, que oscila entre el 5-6%. La media en el sector de la minería de cobre a nivel internacional no supera el 1%.

La planta hidrometalúrgica es el corazón y elemento clave del complejo minero. Única en el continente europeo, esta unidad realiza el procesamiento de minerales y la producción de láminas de cobre. Las técnicas de extracción siguen las mejores prácticas a nivel técnico, económico y ambiental. Durante el proceso industrial, se producen los cátodos de cobre, clasificados como grado "A", con una pureza del 99,999%, según la Bolsa de Metales de Londres.

En 2018 la producción fue de 70.738 toneladas de cobre. Desde 2009 la producción acumulada supera las 550.000 toneladas.

Bajo el yacimiento de sulfuros secundarios actualmente en explotación, se han localizado recursos minerales adicionales de sulfuros primarios polimetálicos, que contienen cobre, zinc, plomo y plata, que permitiría dar continuidad al proyecto minero, al menos, en 10-12 años, presentando un nuevo horizonte próximo al 2032. CLC ha ampliado sus previsiones de extender su periodo de vida productiva, al poner en marcha el nuevo proyecto Poly Metallurgical Refinery (PMR). La capacidad tecnológica asociada a este proyecto permitirá la extracción de otros recursos además del cobre actual, como zinc, plomo y plata, en una única planta de procesamiento integrada. Las pruebas realizadas en una planta piloto durante 2016 y 2017, han permitido

A zona mineralizada tem mais de 1km de extensão. Na fase inicial da mineração procedeu-se ao desmonte e stock *do chapéu de ferro de forma a possibilitar o acesso à ZES. Os materiais de chapéu de ferro serão objeto de extração de Au e Ag num futuro próximo. A ZES está enriquecida em metais supergénicos de Cu, sendo a paragénese representada por calcocite, digenite, bornite e cobres cinzentos (enargite-famatinite) (Yesares* et al.*, 2015, 2017).*

O jazigo de Las Cruces é atualmente explorado por Cobre las Cruces, S.A., pertence à companhia canadiana First Quantum inc. Segundo a empresa mineira o jazigo tinha reservas iniciais (provadas e prováveis) de 17,6 Mt com 6,2 % de Cu, considerando únicamente a ZES. Dados de dezembro de 2012 indicavam que as reservas eram de 14,1 Mt com 5,4 % de Cu (Cobre Las Cruces S.A.) A mineralização foi descoberta em 1994 a partir de sondagens mecânicas realizadas numa anomalia gravimétrica situada sobre formações de idade Miocénico. A mina começou a sua produção em 2009 através da abertura de uma corta mineira.

Uma das principais características da mina é o seu elevado teor/percentagem de cobre por tonelada de minério que varia entre 5-6 %. A média no setor mineiro de cobre a nível internacional não supera 1 %.

A instalação hidrometalurgica é o coração e o elemento chave do complexo mineiro. Única no continente europeu, nesta unidade é feita o processamento mineral e a produção de laminas de cobre. As técnicas extrativas seguem as melhores práticas a nível técnico, económico e ambiental. No decorrer do processo industrial são produzidos cátodos de cobre, classificados como grau "A", com uma pureza de 99,999 %, de acordo com a Bolsa Metais de Londres.

Em 2018 a produção foi de 70 738 toneladas de cobre. Desde 2009 a produção acumulada superou as 550 000 toneladas.

Na parte inferior da mineralização secundária atualmente em exploração, localizaram-se recursos adicionais de sulfuretos primários polimetálicos que contém cobre, zinco, chumbo e prata. A exploração destes recursos permitirá dar continuidade ao projeto mineiro em cerca de 10 a 12 anos, estimando-se um novo horizonte de atividade extrativa até 2032. A empresa CLC pressupõe assim uma ampliação do período de vida produtiva da mina, encontrando-se a desenvolver o novo projeto Poly Metallurgical Refinery (PMR). A capacidade tecnológica associada a este projeto permitirá extrair outros recursos além do cobre atual, nomeadamente outros metais como zinco, chumbo e prata. A unidade de processamento será integrada, tendo sido testada numa instalação piloto desenvolvida entre 2016 e 2017. Nesta fase foi essencial

realizar análisis e investigación de datos experimentales para obtener la información técnica y de procesamiento necesaria para poder diseñar el proyecto de ingeniería asociado a la nueva planta polimetalúrgica.

1.1.2. Minas abandonadas o en rehabilitación ambiental

En la mina de **Vuelta Falsa, Fronteriza o de San Julián (nº 279)**, los lentejones de sulfuros encajan en rocas piroclásticas ácidas de edad Tournasiense (Barrie *et al.*, 2002; Rosa *et al.*, 2009; Donaire *et al.*, 2020) del CVS. A muro de las tobas y aflorando más al sur, se encuentran materiales más groseros y lavas riodacíticas. Se observa una alteración hidrotermal de las tobas, consistente en silicificación y cloritización. Los lentejones de sulfuros poseen orientaciones N100-110°E con buzamientos de unos 50°N. Tienen corridas de 80 m y potencias de 6 a 10 m.

Su asociación mineral está formada por pirita, calcopirita, esfalerita y galena como minerales principales y arsenopirita, tetraedrita, boulangerita como minerales accesorios. El tipo de mena principal es de pirita cobriza, aunque alguno de los lentejones está constituido por sulfuros complejos.

Estos lentejones de sulfuros han sido explotados desde el siglo XIX, mediante pozos y galerías, realizándose los últimos estudios de reconocimiento en los años 1907-1908 que condujeron a la identificación de dos nuevas masas lentejonares de unos 85 m de corrida y potencias de entre 6 y 10 m. Los cuerpos se encuentran hasta los 86 m de profundidad y presentan unas elevadas leyes en Cu.

Las estimaciones realizadas por el IGME en 1982 indicaron unos recursos de 1 Mt, con 1,27% Cu, 8,8% Pb, 20,7% Zn, 307 mg kg-1 Ag y 8-10 mg kg-1 Au.

A cierta distancia hacia el E de la Mina de Vuelta Falsa, pero en una posición geológica parecida, se localiza la mineralización de **La Romanera (nº 304)**. Esta mineralización está contenida en tobas ácidas finas, a su vez encajadas en lavas riolíticas y dacíticas. La morfología de la mineralización es estratiforme, existiendo dos masas estratoides con rumbo N100°E y buzamiento 75°N.

Los niveles de sulfuros masivos se unen en profundidad. Tienen una corrida de 300 m, un espesor que varía entre 6 y 40 m, y están reconocidos hasta una profundidad de 250 m. Las rocas encajantes manifiestan localmente fuertes deformaciones y muestran rasgos de alteración hidrotermal, silicificación y cloritización.

realizar análises e investigação de dados de experimentação para obter a informação técnica e de processamento, necessária para poder desenhar o projeto de engenharia associado à nova planta polimetalúrgica.

1.1.2. Minas abandonadas ou em reabilitação ambiental

*Na mina de **Vuelta Falsa, Froteriza ou de San Julián (nº279)**, as lentículas de sulfuretos ocorrem intercaladas em rochas vulcânicas ácidas e piroclásticas de idade Tournaisiano (Barrie* et al.*, 2002; Rosa* et al.*, 2009; Donaire* et al.*, 2020) do CVS. A muro das rochas vulcânicas e aflorando mais a sul, encontram-se fácies mais grosseiras e lavas riodacíticas. As rochas vulcânicas apresentam uma alteração hidrotermal representada por silicificação e cloritização. As lentículas de sulfuretos mostram orientações N100-110°E, inclinação de 50°N, comprimento de cerca de 80 m e espessuras entre 6 a 10 m.*

A paragénese mineral é formada por pirite, calcopirite, esfalerite e galena, como minerais principais, e arsenopirite, tetraedrite, boulangerite como minerais acessórios. O tipo de minério principal é a pirite enriquecida em cobre, embora algumas das lentículas sejam constituídas por sulfuretos complexos.

As lentículas de sulfuretos foram exploradas desde o século XIX através de poços e galerias. Os últimos estudos de reconhecimento foram efetuados entre 1907 e 1908, tendo conduzido à identificação de novas massas lenticulares com cerca de 85 m de extensão e espessuras entre 6 e 10 m. Os corpos desenvolvem-se até cerca de 86 m de profundidade apresentando teores elevados em Cu.

As estimativas realizadas em 1982 pelo IGME indicam a existência de 1 Mt de sulfuretos com 1,27% Cu, 8,8% Pb, 20,7% Zn, 307 mg kg-1 Ag e 8-10 mg kg-1 Au.

*A certa distancia para E da Mina de Vuelta Falsa, mas em posição geológica semelhante, localiza-se a mineralização **La Romanera (nº 304)**. Esta mineralização está hospedada em rochas vulcânicas ácidas finas que, por sua vez, se encontram intercaladas entre lavas riolíticas e dacíticas. A morfologia da mineralização é estratiforme, existindo duas massas estratoides com orientação N100°E e inclinação de 75°N.*

Os níveis de sulfuretos maciços unem-se em profundidade apresentando um comprimento de 300 m e espessura variável entre 6 e 40 m, encontrando-se reconhecidos até uma profundidade de 250 m. As rochas encaixantes manifestam localmente forte deformação e faixas de alteração hidrotermal representada por silicificação e cloritização.

La asociación mineral está formada por pirita, esfalerita, galena, calcopirita como componentes principales y arsenopirita, tetraedrita, magnetita y cobres grises, o enargita como minerales accesorios. La arsenopirita es bastante abundante.

Aunque la mineralización de La Romanera fue ya aprovechada en época romana (Pinedo Vara, 1963), su historia minera no ha sido intensa, existiendo labores de poca entidad. La época de minería moderna tuvo inicio a mediados del siglo XIX y discurrió de modo intermitente hasta principios del XX. Posteriormente se han realizado labores de investigación, fruto de los cuales se estimaron unos recursos de 2,2 Mt de pirita masiva, 3 Mt de pirita rica en Cu y 2,2 Mt de sulfuros complejos (Dirección General de Minas, 1968). Campañas de prospección más recientes, asociadas a la investigación de los Bloques de Reserva del Estado de Huelva (Dirección General de Minas, MINER, 1990) han permitido la identificación de unos recursos totales de 34 Mt (con 0,42% Cu, 1,10% Pb, 2,30% Zn, 44 mg kg-1 Ag y 0,8 mg kg-1 Au), de los cuales 11,21 Mt corresponden a una mena de sulfuros complejos con 0,40% Cu, 2,47% Pb, 5,50% Zn, 64 mg kg-1 Ag y 1 mg kg-1 Au.

La **mina de Herrerías (nº 340)** se encuentra en una pequeña estructura sinclinal en el flanco N del anticlinal de Puebla de Guzmán, de orden superior. El sinclinal presenta un nucleo de CVS dispuesto entre sedimentos del Culm (Formación Mértola) situados al N y S.

La mineralización tiene una morfología estratiforme, y las masas representan dos ramas de un cuerpo plegado según una estructura sinclinal apretada, cuyo eje buza 60°W. El cuerpo principal está cortado por una falla de orientación N40°E, presenta una extensión aproximada de 150 m y un espesor del orden de 10 a 15 m, con engrosamientos locales de hasta 45 m. La mineralización se reconoce hasta una profundidad de 300 m.

Su asociación mineral se compone de pirita, calcopirita, esfalerita y galena como minerales principales y pirrotina, marcasita, enargita, tetraedrita, arsenopirita como minerales accesorios, además de covellina de origen supergénico.

La actividad en esta mina se inició a finales del siglo XIX con extracciones de mineral en la corta Guadiana. El material era transportado mediante el ferrocarril minero hasta el Puerto de la Laja, situado en la margen izquierda del río Guadiana, para ser evacuados por vía fluvial o marítima. A mediados del siglo XX, los trabajos mineros se desarrollan mediante una corta y mediante minería subterránea. La explotación de interior se realizaba en cuatro plantas (130,

A paragénese é formada por pirite, esfalerite, galena, calcopirite como componentes principais e arsenopirite, tetraedrite, magnetite e cobres cinzentos ou enargite como minerais acessórios. A arsenopirite é bastante abundante.

Embora a mina de La Romanera tenha sido explorada na época romana (Pinedo Vara, 1963), a sua história mineira mostra que a lavra extrativa foi aqui desenvolvida apenas em certos períodos. A época de mineração moderna teve inicio em meados do século XIX, ocorrendo de forma intermitente até ao século XX. Posteriormente, realizaram-se trabalhos de prospeção os quais possibilitaram o reconhecimento de 2,2 Mt de pirite maciça, 3 Mt de pirite rica em Cu e 2,2 Mt de sulfuretos complexos (Dirección General de Minas, 1968). Campanhas de prospeção mais recentes, associadas à investigação dos Blocos de Reserva do Estado da região de Huelva (Dirección General de Minas, MINER, 1990) permitiram a identificação de recursos totais de 34 Mt com 0,42% Cu, 1,10% Pb, 2,30% Zn, 44 mg kg-1 Ag e 0,8 mg kg-1 Au), dos quais 11,21 Mt correspondem a uma estrutura de sulfuretos complexos com 0,40% Cu, 2,47 % Pb, 5,50% Zn, 64 mg kg-1 Ag e 1 mg kg-1 Au.

*A **mina de Herrerias (nº 340)** encontra-se numa pequena estrutura sinclinal localizada no flanco N do anticlinal de Puebla de Guzmán, de ordem superior. O sinclinal evidencia um núcleo de CVS disposto entre sedimentos do Culm (Formação de Mértola) situados a N e S.*

A mineralização tem uma morfologia estratiforme, sendo que as massas representam dois ramos de um corpo dobrado segundo uma estrutura sinclinal apertada, cujo eixo inclina 60°W. O corpo principal encontra-se secionado por uma falha de orientação N40E, apresentando uma extensão de aproximadamente 150 m e uma espessura da ordem de 10 a 15m, com espessamentos locais até 45m. A mineralização está reconhecida até à profundidade de 300 m.

A paragénese mineral é constituída por pirite, calcopirite, esfalerite e galena como minerais principais e por pirrotite, marcassite, enargite, tetraedrite e arsenopirite como minerais acessórios, além de covelite de origem supergénica.

A sua atividade mineira iniciou-se em final de século XIX com extração de minério na corta Guadiana. Os produtos da mina eram transportados por caminho de ferro até ao porto de La Laja, situado na margem esquerda do rio Guadiana, sendo posteriormente escoados por via fluvial e marítima. Em meados do século XX os trabalhos mineiros desenvolveram-se em corta, mas também através de lavra subterrânea. Os pisos principais eram quatro (130, 150, 175 e 200 m) sendo o

150, 175 y 200 m) por el método de corte y relleno de galerías ascendentes con ancho de 2 m. En la primera década del siglo XX se calcula una extracción de unas 853.000 t. Desde 1960 hasta el cierre de la mina, hacia el año 1980, se produjeron 1,82 Mt, con unos valores medios de 1% de Cu y 47% de S. La pirita producida ha sido considerada como de muy buena calidad (47-48% S, 1,10% Cu, 0,55% Pb, 1,3-1,4% Zn, 0,4-0,5% As). Las últimas estimaciones indican para este yacimiento un tonelaje de 5 Mt, con 0,9% Cu, 0,54% Pb y 0,43% Zn (IGME, 1982a).

Una mineralización singular es la de la mina de **Lomero-Poyatos (nº 373)**, debido al elevado contenido en oro que presenta, el más elevado de los yacimientos vulcanogénicos de la FPI. El yacimiento se encuentra probablemente en el flanco S de una pequeña estructura sinclinal volcada y vergente al S.

Esta mineralización, de origen vulcanogénico, tiene una morfología estratiforme y arrosariada, con rumbo E-W y con buzamiento 35°N, y con corrida de unos 900 m. Su carácter arrosariado es reflejo de una potencia métrica, reducida entre ensanchamientos de hasta 15 m que constituyen las tres masas principales: la masa de Lomero (situada al este), la masa Central y la masa Poyatos (situada al oeste).

El muro de la mineralización está constituido por rocas volcánicas masivas y de color verdoso, de carácter dacítico, tufitas y pizarras. A techo aparecen tufitas y tobas abigarradas, que pasan lateralmente a términos más básicos. Las rocas del muro y, en menor medida, las de techo, muestran una alteración hidrotermal apreciable, consistente en sericitización y más localmente, una intensa cloritización y silicificación (Strauss & Beck, 1990; Tornos, 2006; Conde & Tornos, 2020). La mineralización y las rocas encajantes están muy deformadas y los contactos entre las mineralización de los sulfuros y rocas volcánicas encajantes están marcados por superficies de cabalgamiento.

La asociación mineral está formada por pirita, esfalerita, galena, calcopirita, tetraedrita como minerales principales y pirrotina y oro como minerales accesorios. Las relaciones cuantitativas entre minerales son variables ya que en este yacimiento existen diversos tipos de estructuras mineralizadas.

Existen labores subterráneas y a cielo abierto. La explotación a cielo abierto se hizo en dos cortas, la de Lomero, donde se explotó superficialmente la masa del mismo nombre y la de Poyatos, situada más al oeste, en la que se explotó la de Poyatos. La mina subterránea, benefició mineral de la masa Central y, posteriormente, de las otras dos masas, en niveles más profundos de las mismas.

minério extraído pelo método de corte e enchimento de galerias ascendentes com largura de 2 m. Na primeira década do século XX calcula-se que tenha ocorrido uma extração de cerca de 853 000 t. Desde 1960 até ao fecho da mina, no ano de 1980, produziram-se 1,82 Mt, com teores médios de 1% Cu e 47 % S. A pirite produzida foi considerada de muito boa qualidade (47-48% S, 1,10% Cu, 0,55% Pb, 1,3-1,4% Zn, 0,4-0,5% As). As últimas estimativas indicam que neste jazigo se tenham extraído 5 Mt com 0,9% Cu, 0,54% Pb e 0,43% Zn (IGME, 1982a).

*A mina de **Lomero Poyatos (nº373)** apresenta uma mineralização singular com um alto teor em ouro, sendo o mais elevado observado nos jazigos vulcanogénicos da FPI. O jazigo encontra-se situado provavelmente no flanco S de uma pequena estrutura sinclinal tombada e vergente para S.*

A mineralização é de origem vulcanogénica e tem uma morfologia estratiforme e bandada, mostrando uma orientação E-W, inclinação 35°N e um comprimento de cerca de 900 m. O seu carcácter bandado é o reflexo da presença de níveis métricos de sulfuretos, apresentando-se por vezes estes empilhados, com espessura até 15 m. As três massas principais são representadas por Lomero (situada a este), Central e Poyatos (localizada a oeste).

O muro da mineralização é constituído por rochas vulcânicas maciças e de cor esverdeada, de natureza dacítica, sedimentos vulcanogénicos e xistos. A teto surgem rochas vulcânicas finas e heterogéneas que passam lateralmente a termos mais básicos. As rochas de muro, e em menor grau as de teto, mostram uma alteração hidrotermal importante definida por sericitização e mais localmente por uma intensa cloritização e silicificação (Strauss & Beck, 1990; Tornos, 2006; Conde & Tornos, 2020). A mineralização e as rochas encaixantes estão muito deformadas e os contactos entre as mineralizações de sulfuretos e as rochas encaixantes são marcados por superfícies de cavalgamento.

A paragénese mineral é constituída por pirite, esfalerite, galena, calcopirite, tetraedrite como minerais principais e por pirrotite e ouro como minerais acessórios. As relações quantitativas entre minerais são variáveis, uma vez que neste jazigo existem diversos tipos de estruturas mineralizadas.

Existem trabalhos mineiros subterrâneos e a céu aberto, tendo neste caso a extração sido efetuada em duas cortas, a de Lomero, de onde se explorou superficialmente a massa do mesmo nome, e a de Poyatos, situada mais a oeste. Na mineração subterrânea foi extraído minério da massa Central e, posteriormente, das outras duas lentículas, em níveis mais profundos das mesmas.

Los primeros trabajos extractivos en este yacimiento tuvieron lugar a mediados del siglo XIX, cerrando definitivamente en 1991. Entre 1905 y 1991 se extrajeron 2,6 Mt de mineral que era destinado a la fabricación de ácido sulfúrico.

El contenido medio de esta producción acumulada se estima en unos 5 mg kg-1 de Au. El IGME (1982) estimaba los recursos del yacimiento de la siguiente forma:

- Mineral complejo de Lomero: 1,71 Mt con 0,5% Cu, 4,5% Pb, 7,5% Zn, 120 mg kg-1 Ag y 4 mg kg-1 Au.
- Mineral complejo de Poyatos: 0,15 Mt.
- Mineral pirítico de la masa Central: 1 Mt con 1,5% Cu.

La mina de **San Telmo (nº 362)** se encuentra en el flanco S de una pequeña estructura sinclinal, en el interior del anticlinal San Telmo-Campofrío. El yacimiento está asociado a rocas volcánicas ácidas de la base del CSV, representadas a muro por tobas gruesas ácidas a intermedias blanquecinas y muy silíceas. A techo de la masa de sulfuros aparecen tobas abigarradas, así como pizarras y tobas finas grises. Por encima de estos materiales se encuentran pizarras y grauvacas que forman el núcleo de la estructura sinclinal.

En San Telmo fueron explotadas tres masas de sulfuros con rumbos diferentes y con distintas disposiciones:

- Masa Cruzadillo, con orientación N40°E y buzamiento 40°-50°N, que se explotó inicialmente a cielo abierto y cuya corta está actualmente cubierta por escombreras. Esta masa se presenta en varios pequeños lentejones desmembrados y con morfología algo irregular.

- Masa Santa Bárbara, con orientación E-W y buzamiento 60°N, es la más importante y permaneció en explotación hasta el cierre de la mina. La masa tiene morfología lenticular, con 280 a 300 m de longitud y 15 m de potencia media. Esta masa se encuentra reconocida hasta los 220 m de profundidad, manifestando pequeñas digitaciones o bandas paralelas con las rocas encajantes e, internamente, bandeados con distintos tipos de mineral.

- Masa San Germán, con orientación N40°E y buzamiento de 40°W, actualmente agotada.

La asociación mineral está constituida por pirita, esfalerita, calcopirita, galena como componentes principales y, como minerales accesorios, por pirrotina, magnetita, tetraedrita, tenantita, arsenopirita, hematites y barita. Las alteraciones de origen supergénico han dado lugar a la formación de bornita, calcosina y covellina.

Os primeiros trabalhos extrativos neste jazigo tiveram lugar em meados do século XIX, encerrando definitivamente em 1991. Entre 1905 e 1991 extraíram-se 2,6 Mt de minério que era destinado à obtenção de ácido sulfúrico.

O conteúdo médio da produção acumulada estima-se em cerca de 5 mg kg-1 de Au. Segundo IGME (1982), estima-se os seguintes recursos:

- *Minério complexo de Lomero: 1,7 Mt com 0,5% Cu, 4,5% Pb, 7,5% Zn, 120 mg kg-1 Ag e 4 mg kg-1 Au.*
- *Minério complexo de Poyatos: 0,15Mt*
- *Minério piritoso da massa Central: 1Mt com 1,5 % Cu.*

*A mina de **San Telmo (nº362)** encontra-se situada no flanco sul de uma pequena estrutura sinclinal, no interior do anticlinal San Telmo-Campofrío. O jazigo está associado a rochas vulcânicas ácidas da base do CVS representadas a muro por rochas grosseiras a intermédias, muito siliciosas e de cor esbranquiçada. A teto da massa de sulfuretos surgem rochas vulcânicas esverdeadas, assim como xistos e rochas vulcânicas finas de cor cinzenta. Na parte superior destas rochas encontram-se xistos e grauvaques que formam o núcleo da estrutura sinclinal.*

Em San Telmo foram exploradas três massas de sulfuretos com orientações diferentes e várias disposições:

- *Massa Cruzadillo, com orientação N40°E e inclinação 40°-50°N, explorada inicialmente a céu aberto e cuja corta está atualmente coberta por escombreiras. Esta massa é repartida por várias lentículas pequenas desmembradas e com morfologia algo irregular.*

- *Massa de Santa Bárbara, com orientação E-W e inclinação 60° N, é a mais importante e a que permaneceu em exploração até ao fecho da mina. A sua morfologia é lenticular sendo o comprimento entre 280 e 300 m e a espessura média de 15 m. Encontra-se reconhecida até 220 m de profundidade, evidenciando pequenas digitações ou bandas paralelas entre as rochas encaixantes e, internamente, bandas com diferentes tipos de minerais.*

- *Massa San German, com orientação N40°E e inclinação de 40°W encontra-se atualmente esgotada.*

A paragénese é constituída por pirite, esfalerite, calcopirite, galena como componentes principais e como minerais acessórios por pirrotite, magnetite, tetratraedrite, tenantite, arsenopirite, hematite e barite. As alterações de origem supergénica terão dado lugar à formação de bornite, calcocite e covelite.

Estas mineralizaciones se han explotado desde la época romana, aunque el mayor aprovechamiento se produjo entre mediados del siglo XIX y finales del XX. Su explotación se ha realizado con labores de interior, por corte y relleno ascendente de galerías de 5 m, dispuestas en 7 plantas desde el piso 8 al 14. La explotación también tuvo lugar a cielo abierto, en la gran corta de Santa Bárbara (Fig. 4) en la que se extrajo el mineral de los pisos 1 a 7.

Estas mineralizações foram exploradas desde a época romana. Entre meados do século XIX e finais do século XX ocorreu a principal fase extrativa, tendo os trabalhos decorrido em subterrâneo, através de corte e enchimento ascendente de galerias de 5 m, dispostas em 7 níveis, desde o piso 8 até ao 14. A atividade decorreu também a céu aberto, na grande Corta de Santa Barbara (Fig. 4) na qual o minério foi extraido entre os pisos 1 a 7.

Figura 4: Corta de Santa Bárbara de la explotación San Telmo.

Figura 4: *Corta de Santa Bárbara da mina San Telmo.*

Hasta la época de su cierre se habían extraído unos 2 Mt de mineral. Las reservas de mineral del yacimiento de San Telmo, clasificadas por tipos de minerales, ascendían, según el estudio de la D.G. de Minas, MINER (1968) a 1 Mt de mineral pirítico con 47% de S y 45-46% de Fe, 150.000 t de mineral complejo de los niveles más profundos, con 0,65% Cu, 0,3% Pb, 9,28% Zn y 25 mg kg-1 Ag, 3 Mt de mineral complejo de los niveles más superficiales, con 1,2% Cu, 0,4% Pb, 12% Zn y 60 mg kg-1 Ag y, finalmente, 1 Mt de mineral complejo en reserva en la masa de Cruzadillo.

Até ao seu encerramento tinham-se extraído cerca de 2 Mt de minério. As reservas de minério do jazigo de San Telmo, classificadas por diferentes tipos minério ascendiam, de acordo com os estudos da D.G. de Minas, MINER (1968) a: 1 Mt de minério piritoso com 47% S e 45-46% Fe; 150 000 t de minério complexo dos níveis mais profundos com 65% Cu, 0,3% Pb, 9,28% Zn e 25 mg kg-1 de Ag; 3 Mt de minério complexo dos níveis mais superficiais com 1,2% Cu, 0,4% Pb, 12% Zn e 60 mg kg-1 Ag e finalmente 1Mt de minério complexo em reserva da Massa de Cruzadillo.

La mina de **Cueva de la Mora (nº 417)** se localiza a muy escasa distancia al oeste de las minas de Aguas Teñidas y en un contexto geológico similar. Entre ambas explotaciones discurre una importante falla de dirección N45°E, que pasa por Aguas Teñidas Este. Desde el punto de vista geológico, es un área constituida predominantemente por rocas volcánicas ácidas de la base de la secuencia del CVS. La mineralización de sulfuros está situada a techo de un tramo de tobas ácidas deformadas de grano grueso, medio y fino, que presentan alteración hidrotermal, y con un estrecho nivel de pizarras negras bajo la mineralización. A techo de los sulfuros, se disponen tobas porfídicas ácidas que muestran una neta alteración hidrotermal, marcada por silicificación y sericitización, apareciendo niveles de pirita y diseminaciones generalizadas de este mineral. La mineralización de sulfuros tiene morfología estratiforme, con orientación N100°E y buzamiento de 65°N, con una longitud de 350 m, 60 m de anchura y 200 m de profundidad reconocida. En la zona superficial del yacimiento, existió una montera ferruginosa de 400 m de longitud y 30 m de espesor, prácticamente desaparecida por las labores de la corta. La estructura de la masa de mineral es masiva, compuesta esencialmente por pirita cobriza de grano fino

*A mina de **Cueva de la Mora (nº417)** localiza-se a uma distância muito curta a oeste das minas de Aguas Teñidas e num contexto geológico muito similar a estas. Entre as duas explorações ocorre uma falha importante de direção N45°E, que passa por Aguas Teñidas Este. Do ponto de vista geológico, a área mineira é marcada por rochas vulcânicas da base da sequência do CVS. A mineralização de sulfuretos está situada a teto de uma estrutura de rochas vulcânicas ácidas deformadas, de grão grosso, médio e fino, que apresentam alteração hidrotermal, observando-se também um nível estreito de xistos negros na parte base da mineralização. A teto dos sulfuretos dispõem-se rochas vulcânicas porfiriticas ácidas que mostram uma alteração hidrotermal marcada por silicificação e sericitização, ocorrendo níveis de pirite e disseminações deste mineral. A mineralização de sulfuretos tem uma morfologia estratiforme com orientação N100°E e inclinação de 65°N, comprimento de 350 m e largura de 60 m, encontrando-se reconhecida até à profundidade de 200 m. Na parte superficial do jazigo existia um chapéu de ferro com de 400 m de extensão e 30 m de espessura, o qual foi praticamente todo explorado através dos trabalhos desenvolvidos na corta. A mineralização maciça é constituída por*

(0,01 a 0,5 mm). Existen también niveles de sulfuros complejos asociados a zonas de fractura o diseminado en filoncillos dispuestos en las tobas volcánicas ácidas.

La asociación mineral está compuesta por pirita, calcopirita como minerales principales y pirrotina, arsenopirita, esfalerita, galena, freibergita, magnetita y hematites, como accesorios.

La explotación se efectuó en parte por minería subterránea y en parte a cielo abierto. Actualmente, la corta de 300 m de longitud y 100 m de anchura, está inundada. El acceso, la ventilación y la extracción del mineral se realizaba mediante tres pozos: San Alberto, localizado al E de la corta y con 75 m de profundidad, el pozo Santa Bárbara en el extremo W de la corta y con 87 m de profundidad, y el pozo Enrique, ubicado al N de la corta y con una profundidad de 190 m. En el interior hay 1.500 m de galerías organizadas en 6 niveles de explotación por debajo de la corta. El piso 180 corresponde al fondo de la mina.

La actividad minera en Cueva de la Mora se remonta a la época romana. La mina fue también explotada en el siglo XVI y, ya en la época contemporánea, a partir de mediados del siglo XIX, por compañías inglesas, portuguesas y francesas. El último concesionario fue Copisa, formada por un conjunto de empresas de la región, hasta los años 1960 en que se produjo el cese de la actividad. A lo largo de su historia se han extraído aproximadamente 1,5 Mt de mineral, fundamentalmente, cobrizo. El IGME (1982) hizo una evaluación del tonelaje del yacimiento de Cueva de la Mora que cifró en 4,2 Mt, con 1,45% Cu, 0,26% Pb y 0,73% Zn.

El yacimiento de **San Miguel (nº 456)** es uno de los más conocidos por su llamativo *stockwork* y por la montera de *gossan* (Fig. 5). Está situado a techo de tobas ácidas de grano medio que presentan una intensa alteración hidrotermal (silicificación, cloritización, piritización, sericitización o caolinización) y, sobre él, aparecen tobas verdes muy cloritizadas y silicificadas. Todos estos materiales corresponden al vulcanismo de la base del CSV. Los sulfuros masivos constituyen varias masas lentejonares de orientación N107°E y con 700 m de corrida. La masa principal, San Miguel, tiene 200 m de longitud, 10 a 40 m de anchura y alcanza 180 m de profundidad. La masa Norte estaba situada al E de la corta y alcanzaba, localmente, los 100 m de potencia. Más al este, se encontraban las masas de Esperanza, Rivera y San Juan. Todos los lentejones tienen un buzamiento en torno a 65°S. Existe una importante montera de *gossan* al N y E de la corta, que alcanza los 6-8 m de potencia. Este *gossan* presenta características de transporte. En el sector N de la corta se encuentra un llamativo *stockwork*, muy deformado, formado por venas entrecruzadas de cuarzo con clorita y pirita, con valores pobre en Cu.

pirite enriquecia em cobre e de grão fino (0,01 a 0,5 mm). Surgem também níveis de sulfuretos complexos associados a zonas de fratura ou em filonetes dispostos nas rochas vulcânicas ácidas.

A paragénese mineral é formada por pirite e calcopirite como minerais principais e por pirrotite, arsenopirite, esfalerite, galena, freibergite, magnetite e hematite como acessórios.

A exploração mineira efetuou-se através de trabalhos desenvolvidos em galerias e em corta. Atualmente esta encontra-se inundada apresentando dimensões de 300 m de comprimento e 100 m de largura. O acesso, a ventilação e a extração do minério realizavam-se através de três poços: San Alberto, situado a E da corta e com 75 m de profundidade; Santa Bárbara, localizado no extremo W da corta e com uma profundidade de 87 m e Enrique, instalado a N da corta e com de 190 m de profundidade. No interior há 1 500 m de galerias organizadas em 6 níveis de exploração, localizados por debaixo da corta. O piso 180 corresponde ao fundo da mina.

A atividade mineira remonta em Cueva de La Mora à época romana. A mina foi também explorada no século XVI e mais recentemente, em meados do século XIX, por companhias inglesas, portuguesas e francesas. O último concessionário foi a Copisa, formada por um conjunto de empresas da região, que cessou a atividade em 1960. Ao largo da sua história extraiu-se aproximadamente 1,5 Mt de minério com teor em cobre. Segundo o IGME (1982) o jazigo tem uma tonelagem de 4,2 Mt, com 1,45% Cu, 0,26% Pb e 0,73% Zn.

*O jazigo de **San Miguel (nº 456)** é um dos mais conhecidos na FPI pelo seu emblemático* stockwork *e chapéu de ferro (Fig. 5). Situa-se a teto de rochas vulcânicas ácidas de grão médio com forte alteração hidrotermal (silicificação, cloritização, piritização, sericitização e caulinização) e sobre ele aparecem rochas vulcânicas verdes muito cloritizadas e silicificadas. Todas estas litologias correspondem ao vulcanismo da base do CVS. Os sulfuretos maciços constituem várias massas lenticulares de orientação N107°E e 700 m de comprimento. A massa principal, San Miguel, tem 200 m de extensão e entre 10 a 40 m de espessura, alcançando os 180 m de profundidade. A massa Norte estava situada a E da corta e atinge localmente 100 m de espessura. Mais a este, encontram-se as massas Esperanza, Rivera e San Juan. Todas as lentículas têm uma inclinação de 65° para sul. Existe um importante chapéu de ferro situado a N e E da corta que atinge os 6 a 8 m de espessura. Esta estrutura apresenta características de transporte. No setor norte da corta encontra-se um impressionante* stockwork *muito deformado, formado por veios entrecruzados de quartzo, clorite e pirite, que apresenta um teor em cobre baixo.*

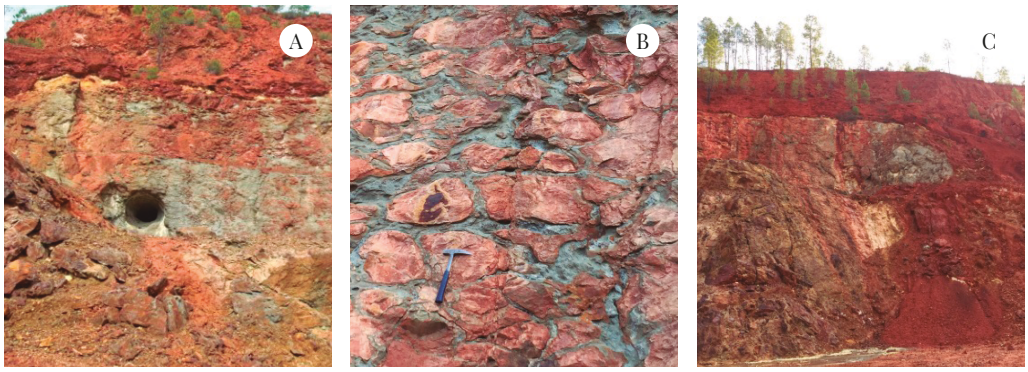


Figura 5. Mina San Miguel
A: antigua galería romana.
B: *stockwork*.
C: *gossan + stockwork*.

Figura 5.
Mina de San Miguel
A: antiga galeria romana.
B: stockwork.
C: chapéu de ferro + stockwork.

Las masas lenticulares estaban compuestas esencialmente por pirita cobriza de grano fino, pirita recristalizada y calcopirita intersticial. Existen algunas diseminaciones importantes de sulfuros en las tobas encajantes. La asociación mineral estaba formada por pirita y calcopirita, como minerales principales, y esfalerita, galena, magnetita, pirrotina y bornita como minerales accesorios.

La explotación se realizó en parte a cielo abierto, en una corta de 300 × 180 m, y por minería subterránea siguiendo el método de cámaras y pilares y, posteriormente, el de galerías ascendentes. El acceso se hacía por varios pozos situados en la corta. Explotada ya por los romanos, en la época contemporánea pasó a ser explotada desde 1851 por varias empresas nacionales e inglesas hasta su cesión a una filial de Riotinto. En 1926 se inundó la mina y se drenó para recuperar el cobre de las aguas ácidas enriquecidas, mediante el proceso de cementación en instalaciones de canaleo. Ha producido 1,3 Mt de mineral, con 46% de S y 2,5% de Cu. En esta mina, fueron también explotados azufrones con bajos contenidos de As y con 30% de S. Posteriormente a su cierre, en 1979, ha sido detalladamente investigada con gravimetria, SEV y CE, seguidas de sondeos.

El yacimiento de la **mina Concepción (nº 473)** está localizado justo al S de afloramientos pertenecientes al granito de Campofrío. Desde el punto de vista estratigráfico, esta mineralización estratiforme se sitúa a techo de un paquete de tobas ácidas porfídicas muy deformadas sobre el cual se presenta un tramo de tobas finas y/o tufitas cloríticas con diseminación de pirita y con intensa alteración hidrotermal (cloritización, sericitización, silicificación). La masa de sulfuros aparece interestratificada en estas litologías volcánicas.

A techo de la estrutura volcánica se dispone un paquete de pizarras y tufitas y, sobre él, tobas groseras y lavas ácidas. Sobrepuesta a esta secuencia se encuentra el Granito de Campofrío, efectuándose el contacto a través de una banda muy deformada de milonitas que corresponde a un cabalgamiento. La mineralización es estratiforme, formando un nivel de 400m de

As massas lenticulares eram compostas essencialmente por pirite de grão fino com teor em cobre, pirite recristalizada e calcopirite intersticial. Existem algumas disseminações importantes de sulfuretos semi-maciços nas rochas vulcânicas encaixantes. A paragénese era formada por pirite e calcopirite, como minerais principais, e esfalerite, galena, magnetite, pirrotite e bornite como minerais acessórios.

A atividade extrativa decorreu a céu aberto numa corta de 300 m x 180 m, e por mineração subterrânea seguindo inicialmente o método de câmaras e pilares e posteriormente o de galerias ascendentes. O acesso fazia-se por vários poços situados na corta. Explorada pelos romanos, na época contemporânea passou a ser explorada desde 1851 por várias empresas nacionais e inglesas até a sua transferência para a filial de Riotinto. Em 1926 foi inundada e drenada, para recuperar o cobre das suas águas ácidas enriquecidas através do processo de cementação em tanques. Terá produzido 1,3 Mt de concentrado com 46% de S e 2,5% de Cu. Nesta mina foram também explorados safrões com baixo teor de As e com 30% de S. Posteriormente ao seu fecho, em 1979, a área mineira foi investigada detalhadamente através de gravimetria, SEV e CE, seguida de sondagens.

*O jazigo **mina Concepción (nº 473)** está localizado imediatamente a sul dos afloramentos do granito de Campofrio. Do ponto de vista estratigráfico, esta mineralização estratiforme situa-se a teto de um conjunto de rochas vulcânicas ácidas porfiriticas muito deformadas, sobre as quais se apresenta um nível de rochas vulcânicas finas e/ou rochas cloritizadas deformadas, com disseminação de pirite e intensa alteração hidrotermal (cloritização, sericitização, silicificação). A massa de sulfuretos surge interestratificada nestas litologias vulcânicas.*

A teto da estrutura vulcânica existe um conjunto de xistos e sedimentos vulcanogénicos e sobre eles rochas vulcânicas grosseiras e lavas ácidas. Sobrepõe-se a esta sequência o granito de Campo Frio, sendo o contacto expresso por uma banda muito deformada de milonitos correspondente a um cavalgamento. A mineralização é estratiforme, formando

longitud, de unos 20 m de anchura y reconocida hasta más de 100 m de profundidad. Tiene un rumbo N90-100°E y buzamiento 70-80°N. En la parte más expuesta del yacimiento, existía un *gossan* discontinuo que desapareció debido a las labores mineras realizadas en la corta. En el extremo oeste de la corta, todavía pueden observarse restos del *gossan*.

La masa de sulfuros está formada esencialmente por pirita cobriza de grano fino. La paragénesis mineral está definida por pirita, calcopirita, cobres grises y magnetita como componentes principales y esfalerita, galena, hematites, arsenopirita, casiterita, pirrotina como minerales accesorios. La mineralización supergénica está representada por covellina, calcosina y bornita.

La mineralización se ha explotado a cielo abierto en una gran corta de 360 m de longitud por 120 m de anchura (Fig. 6A), con varios pozos y socavones en su interior. En los últimos años de actividad, hasta mediados de los años 80, se trabajó por minería de interior en las zonas Levante y Poniente, utilizando el métido de galerías ascendentes. El acceso se hacía por un tunel existente en la zona de Perra Gorda, de 1.200 m de longitud. La explotación se efectuaba unos 70 m por debajo de la entrada al túnel. La infraestructura minera incluia un sistema de canaleo, a base de canales y tanques, para cementación del cobre a partir de las aguas ácidas de mina. También fue construida una planta mineralúrgica de flotación.

Las cifras de reservas y de producciones anteriores a 1960 permiten estimar para este yacimiento, un tonelaje total en torno a 2,2 Mt con 0,7% Cu y 42% S.

um nível de 400 m de comprimento e cerca de 20 m de espessura, reconhecido até mais de 100 m de profundidade. A mineralização tem uma orientação de N90-100°E e uma inclinação 70-80°N. Na sua parte mais exposta, existia um chapéu de ferro descontínuo que foi removido no decorrer dos trabalhos mineiros realizados na corta. No setor oeste da cavidade existem ainda vestígios do chapéu de ferro.

A massa de sulfuretos é formada essencialmente por pirite de grão fino enriquecida em cobre. A paragénese é definida por pirite, calcopirite, cobre cinzento e magnetite como componente principais, tendo como acessórios esfalerite, galena, hematite, arsenopirite, cassiterite e pirrotite. A mineralização supergénica é representada por covelite, calcosina e bornite.

A mineralização foi explorada a céu aberto numa grande corta com 360 m de comprimento e 120 m de largura (Fig. 6A), existindo vários poços e galerias no seu interior. Nos últimos anos de atividade, até meados dos anos 80, o trabalho foi feito de forma subterrânea nas zonas nascente e poente do jazigo, utilizando-se o método de galerias ascendentes. O acesso fazia-se por um túnel existente na zona de Perra Gorda com 1200 m de extensão. A exploração era efetuada a cerca de 70 m debaixo da entrada do túnel. As infraestruturas mineiras incluíam um sistema de canais e tanques para cementação de cobre, sendo usadas neste processo águas ácidas da mina. Foi também construída uma unidade de processamento de minério por flotação.

Os valores de reservas e produções anteriores a 1960 permitem estimar para este jazigo uma tonelagem total de cerca de 2,2 Mt com 0,7% Cu e 42% S.

Figura 6.
A: corta de Mina Concepción.
B: corta de Mina La Zarza.

Figura 6.
A: corta da Mina Concepción.
B: corta da Mina La Zarza.

El yacimiento de **San Platón (nº 476)**, es de morfología estratiforme y está constituido por una masa de sulfuros de unos 300 m de corrida, de 10 a 15 m de potencia e identificada hasta los 500 m de profundidad. Se estima que su extensión no supera los 750 m. El cuerpo mineralizado tiene una orientación N90°E y buzamiento 65°N, constituyendo el núcleo de un sinclinal laminado por una falla. La estructura mineralizada está insertada dentro de un anticlinorio de tipo isoclinal, que buza igualmente 65°N. La mineralización está

*O jazigo de **San Planton (nº 476)** é de morfologia estratiforme sendo constituído por uma massa de sulfuretos, reconhecida em cerca de 300 m de extensão, com uma espessura de 10 a 15 m e identificada até 500 m de profundidade. Estima-se que o seu comprimento não ultrapasse os 750 m. O corpo apresenta uma orientação N90°E e inclinação 65°N, constituindo o núcleo de um sinclinal laminado por uma falha. A estrutura mineralizada insere-se dentro de um anticlinório do tipo isoclinal que inclina igualmente 65°N. A mineralização*

cortada por una falla al E, pudiendo continuar el yacimiento a mayor profundidad. En su composición aparece pirita de grano fino, recristalizada, en una matriz en la que predomina la esfalerita. Existen también bandas formadas por pirita cataclástica cementada por galena y calcopirita.

La mineralización contiene zonas con mineral cobrizo y otras con mineral polimetálico o complejo, o mineral pirítico con valor más pobre en metales. Gran parte del mineral complejo se dispone en lentejones en la parte basal de la masa. Además de en cuerpos masivos, el mineral aparece también en forma diseminada en tobas ácidas, a muro de la masa pirítica.

El muro estratigráfico de la mineralización lo constituyen tobas finas muy deformadas del vulcanismo ácido inicial, con fuerte alteración hidrotermal (silicificación, sericitización, cloritización) y densa diseminación de sulfuros. A techo se encuentran tobas porfídicas del mismo vulcanismo. La asociación mineral del conjunto está formada por pirita, calcopirita, esfalerita y galena, como fases principales, y por tenantita/tetraedrita, arsenopirita, magnetita y baritina accesorios, y covellina como mineral de origen supergénico.

La explotación se ha realizado a cielo abierto, mediante una corta de 150 × 80 m, y por minería de interior, con acceso por un pozo maestro de 250 m de profundidad. El total de mineral extraído durante los algo más de 20 años de actividad ha sido de 1 Mt con ley media de 2% de Cu (Pinedo Vara, 1963). Investigaciones posteriores han estimado las reservas y recursos (IGME, 1982a) en: 1,125 Mt de mineral complejo, con 1,16% Cu, 0,5% Pb, 12,3% Zn, 42% S, 69 mg kg-1 Ag y 2,05 mg kg-1 Au; 1,35 Mt de mineral pirítico cobrizo, con 46% S, 1,7% Cu y 2,05 mg kg-1 de Au; y recursos probables de 1,5 Mt de mineral complejo.

La mineralización de **La Zarza (nº 444)** se extiende en dirección E-W a lo largo de más de 2 km (Fig. 6B). El muro del yacimiento está constituido por rocas volcánicas de la base de la secuencia del CVS, representado por facies de tobas y tufitas finas o cristalinas, en las cuales hay, sobre todo en su parte superior, frecuentes y estrechas intercalaciones de pizarras negras y grises. A techo de esta secuencia vulcano-sedimentaria, se identifican evidencias de alteración hidrotermal, representados por sericitización y cloritización (Strauss & Madel, 1974; Soler, 1995). La masa de sulfuros aparece directamente sobre los términos finos pizarrosos. A techo de la mineralización se encuentran rocas epiclásticas ácidas de grano fino a medio, con pasadas de cherts y jaspes. En la parte superior de la secuencia, se disponen pizarras y cineritas moradas. Sobre éstas se disponen pizarras negras de facies flysch (Culm). Existen evidencias de que los con-

está cortada a E por uma falha, podendo ter continuidade a maior profundidade. Na sua composição inclui-se pirite de grão fino, recristalizada, numa matriz em que a esfalerite predomina. Existem também bandas formadas por pirite com textura cataclástica com galena e calcopirite intersticiais.

A mineralização contém zonas com enriquecimento em cobre e outras com sulfuretos polimetálicos ou complexos ou com predominância de pirite e teor mais pobre em metais. Grande parte da mineralização complexa dispõe-se em lentículas na parte basal da massa, ocorrendo também sulfuretos semi-maciços e disseminações de sulfuretos, presentes nas rochas vulcânicas ácidas.

O muro estratigráfico da mineralização é constituído por rochas vulcânicas finas e muito deformadas, representando o vulcanismo inicial. As rochas apresentam intensa alteração hidrotermal (silicificação, sercitização e cloritização) e forte disseminação de sulfuretos. A teto ocorrem também rochas vulcânicas ácidas porfiríticas. A paragénese é formada por pirite, calcopirite, esfalerite e galena como fases principais e por tenantite/tetraedrite, arsenopirite, magnetite e barite na fase acessória. Como mineral supergénico surge a covelite.

A exploração foi feita a céu aberto, numa corta com 150 x 80 m, e de forma subterrânea, com acesso por um poço mestre de 250 m de profundidade. O total do minério extraído durante pouco mais de 20 anos de atividade terá sido de 1 Mt com teor médio de 2% de Cu (Pinedo Vara, 1963). Investigações posteriores (IGME, 1982a) estimaram as reservas e recursos em 1,125 Mt de mineral complexo com 1,16% Cu, 0,5% Pb, 12,3% Zn, 42% S, 69 mg kg-1 Ag e 2,05 mg kg-1 Au; 1,35 Mt de mineral piritico enriquecido em cobre, com 46% S, 1,7% Cu e 2,05 mg kg-1 de Au e recursos prováveis de 1,5 Mt de mineral complexo.

*A mineralização de **La Zarza (nº 444)** estende se em direção E-W ao longo de mais de 2 km (Fig. 6B). O muro do jazigo está constituído por rochas vulcânicas ácidas da base da sequência do CVS, representado por fácies vulcânicas finas ou cristalinas, nas quais ocorrem, sobretudo na parte superior, intercalações frequentes e finas de xistos negros e cinzentos. A teto desta sequência vulcano-sedimentar identificam-se halos de alteração hidrotermal representados por sericitização e cloritização (Strauss & Madel, 1974; Soler, 1995). A massa de sulfuretos surge sobre níveis finos de xistos. A teto da mineralização encontram-se rochas vulcânicas ácidas epiclásticas de grão fino a médio, com passagens de chertes e jaspes. Na parte superior da sequência dispõem-se xistos borra de vinho e xistos siliciosos, sobrepondo-se a estes xistos negros de fácies flysch (Culm). Existem evidências de que os contactos de muro*

tactos de muro y techo de la mineralización son tectónicos y corresponden a superficies de cabalgamiento vergentes al S.

La asociación mineralógica está constituida por pirita, calcopirita, galena, esfalerita, como minerales esenciales y de arsenopirita, pirrotina, marcasita, estannina, bournonita, tetraedrita, boulangerita, meneghinita, casiterita, magnetita y baritina.

El yacimiento, fue explotado en la antigüedad por fenicios, tartesios y romanos. En la fase moderna, la actividad minera tuvo lugar de forma intensa desde 1866 hasta la paralización de su actividad a principios de los años 1990. En una primera época se hizo un laboreo en corta (850 × 260 m) para pasar posteriormente a minería subterránea, siguiendo el método de galerías ascendentes con corte y relleno. Las cámaras alcanzan los 300 m de longitud y 30 m de anchura. El acceso a los tres últimos pisos en explotación (10, 14 y 18) se hacía por el pozo número 5, y a los pisos superiores se accedía desde la corta.

Las reservas conocidas en los años 80 del siglo XX (IGME, 1982) eran de 40 Mt de pirita con 47% S, 0,7% Cu, 0,8% Pb, 1,3% Zn, 25 mg kg-1 Ag y 1 mg kg-1 Au; 5 Mt de mineral complejo, con 46% S y 4% Cu+Pb+Zn; 4 Mt de mineral cuprífero con 25% S, 1,4% Cu, 0,6% Pb, 1,4% Zn, 15 mg kg-1 Ag y 0,8 mg kg-1 Au.

El tonelaje total y las reservas, estimados por Strauss & Beck (1990), eran las siguientes:

- Mineral extraído: 40 Mt con 0,7% Cu, 0,6% Pb y 1,5% Zn.

- Reservas: 60 Mt:

  - Mineral complejo: 1,1% Cu, 0,5% Pb, 2,4% Zn, 29 mg kg-1 Ag, 0,92 mg kg-1 Au.
  - Mineral masivo: 0,7% Cu, 0,6% Pb, 1,5% Zn, 22 mg kg-1 Ag y 0,6 mg kg-1 Au.
  - Mineral silicatado: 2,1% Cu, 0,8% Pb, 1,8% Zn, 35 mg kg-1 Ag, 1,17 mg kg-1 Au.
  - Mineral bandeado: 0,58% Cu, 2,2% Pb, 2,8% Zn,102 mg kg-1 Ag, 5,1 mg kg-1 Au.
  - *Stockwork*: 0,37% Cu, 1,2% Pb, 0,4% Zn, 23 mg kg-1 Ag, 0,28 mg kg-1 Au.

El yacimiento minero de **Riotinto (nº 533)** alberga varias masas de sulfuros masivos dispuestas en ambos flancos del anticlinal, junto a algunas zonas de *stockwork* asociados a ellas. El núcleo del anticlinal está formado principalmente por rocas félsicas, dacitas y riolitas (García Palomero, 1980; González-Clavijo & Díez-Montes, 2010; Díez-Montes *et al.*, 2017):

e teto da mineralização são tectónicos, correspondendo a superfícies de cavalgamento vergentes para sul.

A paragénese mineral é constituída por pirite, calcopirite, galena, esfalerite, como minerais essenciais e de arsenopirite, pirrotite, marcassite, estanite, bournonite, tetraedrite, boulangerite, meneghinite, cassiterite, magnetite e barite.

O jazigo foi explorado na antiguidade por fenícios, tartessos e romanos. Na fase moderna a atividade mineira decorreu de forma intensa desde 1866 até à paralisação da mina, em princípios dos anos 90 do séc. XX. Inicialmente, os trabalhos foram feitos numa corta que veio a atingir a dimensão de 850 m × 260 m. Posteriormente, a mineração foi subterrânea, sendo usado um sistema de galerias ascendentes e método de corte e enchimento. As câmaras de extração atingiam 300 m de comprimento e 30 m de largura. O acesso aos últimos pisos em exploração (10, 14 e 18) fazia-se através do poço nº 5. Os pisos superiores eram acedidos através da corta.

As reservas conhecidas na década de 80 do séc. XX (IGME, 1982) eram de 40 Mt de pirite com 47% S, 0,7 % Cu, 0,8% Pb, 1,3% Zn, 25 mg kg-1 Ag e 1 mg kg-1 Au; 5 Mt de minério complexo com 46% S e 4% Cu+Pb+Zn; 4 Mt de minério cuprífero com 25% S, 1,4% Cu, 0,6% Pb, 1,4% Zn, 15 mg kg-1 Ag e 0,8 mg kg-1 Au.

A tonelagem total e as reservas, estimadas por Strauss & Beck (1990), eram as seguintes:

- *Minério extraído: 40 Mt com 0,7% Cu, 0,6% Pb e 1,5% Zn.*

- *Reservas: 60 Mt:*

  - *Minério complexo: 1,1% Cu, 0,5% Pb, 2,4% Zn, 29 mg kg-1 Ag, 0,92 mg kg-1 Au.*
  - *Minério maciço: 0,7% Cu, 0,6% Pb, 1,5% Zn, 22 mg kg-1 Ag e 0,6 mg kg-1 Au.*
  - *Minério silicatado: 2,1% Cu, 0,8% Pb, 1,8% Zn, 35 mg kg-1 Ag, 1,17 mg kg-1 Au.*
  - *Minério bandado: 0,58% Cu, 2,2% Pb, 2,8% Zn, 102 mg kg-1 Ag, 5,1 mg kg-1 Au.*
  - Stockwork*: 0,37% Cu, 1,2% Pb, 0,4% Zn, 23 mg kg-1 Ag, 0,28 mg kg-1 Au.*

*O jazigo mineiro de **Riotinto (nº 533)** integra várias massas de sulfuretos maciços dispostos em ambos os flancos do anticlinal e em várias zonas de* stockwork *associadas a elas. O núcleo do anticlinal contém um corpo intrusivo de rochas vulcânicas félsicas profiríticas (García Palomero, 1980; González-Clavijo & Díez-Montes, 2010; Díez-Montes* et al.*, 2017).*

- En el flanco N del anticlinal se encuentran las masas de sulfuros de Filón Norte, cuyos lentejones se explotaron en las cortas de Salomón, Dehesa y Lago, que fueron los primeros yacimientos beneficiados y están prácticamente agotados.

- En el flanco S del anticlinal se encuentra la Masa de San Dionisio, explotada en la corta Atalaya y por minería subterránea mediante el pozo Alfredo. Se trata de uno de los mayores depósitos de pirita cobriza del mundo. En este flanco se localiza también el yacimiento de Filón Sur, ya agotado. Ambos están separados y desplazados unos 200 m por la falla Eduardo.

Tornos (2008) señala que en los yacimientos de sulfuros de Riotinto coexisten los dos tipos de mineralizaciones de sulfuros observados en la FPI (Sáez *et al.*, 1999; Tornos, 2006): (i) yacimientos en relación con pizarras negras, comunes en el sector sur de la FPI. (ii) Yacimientos en relación directa con rocas volcánicas félsicas. Estas tipologías poseen características algo diferentes. En Riotinto, los yacimientos de sulfuros masivos del flanco N tienen una situación similar a los del sector septentrional, mientras que en el flanco S, la masa de Filón Sur se situaría a muro de un estrecho nivel de pizarras negras. Las masas de Planes y San Antonio también están relacionadas, con un estrecho paquete suprayacente, correspondiente al CSV. La estrutura mineralizada de San Dionisio (*stockwork* y sulfuros masivos) se halla en el flanco S del anticlinal de Riotinto y en un pliegue menor de dicho flanco, cuyo eje buza al E unos 35°.

La masa de sulfuros de San Dionisio, tiene 1.200 m de corrida y una potencia media de 50 a 60 m. Se pueden distinguir en ella tres tipos de mineralización (García Palomero, 1977):

- Sulfuros de grano fino con elevados contenidos en calcopirita, esfalerita y galena, con bandeados de distinta granulometría y composición.

- Sulfuros recristalizados y fragmentados formados fundamentalmente por pirita y pobre en otros sulfuros. Este tipo de mineralización se localiza la parte central de la masa de sulfuros.

- Sulfuros de grano fino y con matriz silícea, localizada a techo de los anteriores o en zonas marginales.

A muro de la masa de sulfuros, se localiza el *stockwork* de San Dionisio. Tiene una longitud de 700-800 m en dirección E-W, 200 m de potencia y 600 m de profundidad. Esta estructura mineralizada está formada por venas irregulares con pirita, calcopirita, esfalerita, galena, magnetita, cuarzo,

- *No flanco N do anticlinal encontram-se as massas de sulfuretos de Filón Norte cujas lentículas foram exploradas nas cortas de Salomón, Dehesa e Lago. Estes jazigos foram os primeiros a serem explorados e encontram-se praticamente esgotados.*

- *No flanco S do anticlinal encontra-se a Massa de San Dionisio explorada na corta Atalaya e por mineração subterrânea através do poço Alfredo. Trata-se de um dos maiores depósitos de pirite enriquecida em cobre do mundo. Neste flanco ocorre também o jazigo de Filón Sur que já se encontra esgotado. Ambos estão separados e deslocados em cerca de 200 m pela falha Eduardo.*

Tornos (2008) salienta que nos jazigos de sulfuretos de Riotinto coexistem os dois tipos de mineralizações de sulfuretos observados na FPI (Sáez et al.*, 1999; Tornos, 2006): (i) jazigos relacionados com xistos negros, comuns no setor sul da FPI; (ii) jazigos com relação direta as rochas vulcânicas félsicas. Estas tipologias evidenciam características algo distintas. Em Riotinto, os jazigos de sulfuretos maciços do flanco N tem uma disposição similar aos do setor setentrional. No flanco sul da estrutura, a massa Filón Sur situa-se a muro de um nível estreito de xistos negros. As massas Planes e San António também se relacionam com um nível estreito suprajacente correspondendo este ao CVS. A estrutura mineralizada de San Dionisio (*stockwork *e sulfuretos maciços) situa-se numa dobra menor do flanco S do anticlinal de Riotinto, a qual apresenta um eixo inclinado 35° para E.*

A massa de sulfuretos de San Dionisio tem 1200 m de comprimento e uma espessura média de 50 a 60 m. Podem-se distinguir três tipos de mineralização (García Palomero, 1977):

- *Sulfuretos de grão fino com elevados teores em calcopirite, esfalerite e galena, com bandados de diferentes granulometrias e composição.*

- *Sulfuretos recristalizados e fragmentados, formados essencialmente por pirite e pobre em outros sulfuretos. Este tipo de mineralização é comum na parte central da massa de sulfuretos.*

- *Sulfuretos de grão fino com matriz siliciosa, localizados a teto ou em zonas marginais.*

A muro do corpo de sulfuretos localiza-se o stockwork *de San Dionisio que apresenta uma extensão de 700-800 m segundo a direção E-W, espessura de cerca de 200 m e profundidade até 600 m. Esta estrutura mineralizada é formada por veios irregulares com pirite, calcopirite, esfalerite, galena,*

clorita, calcita y barita. El *stockwork* está estructurado en sentido horizontal, apareciendo algunos canales de alimentación del sistema hidrotermal de pirita casi masiva, rodeados del *stockwork* típico. Hacia la proximidad de las masas de sulfuros, la densidad de las venas de *stockwork* aumenta, hasta reemplazar casi totalmente a la roca volcánica en la base de la mineralización masiva.

La corta Atalaya tiene unas dimensiones de 1.200 m por 906 m y una profundidad de 300 m (Fig. 7). Al fondo se encuentra el túnel de conexión con la explotación de interior de Pozo Alfredo.

magnetite, quartzo, clorite, calcite e barite. O stockwork *está estruturado no sentido horizontal, surgindo níveis de pirite maciça rodeadas de* stockwork *correspondentes aos canais alimentadores do sistema hidrotermal. Com a proximidade à massa de sulfuretos a densidade de veios do* stockwork *aumenta, até ocorrer uma substituição quase completa da rocha vulcânica que hospeda a mineralização.*

A corta Atalaya tem umas dimensões de 1200 m x 906 m e uma profundidade de 300 m (Fig 7). Ao fundo encontra-se o túnel de ligação entre a corta e os trabalhos subterrâneos de Poço Alfredo.

Figura 7:
Distintos tipos de alteraciones y mineralización en la Corta Atalaya (Mina de Riotinto).

Figura 7.
Diferentes tipos de alterações e mineralização na Corta Atalaya (Mina de Riotinto).

En el extermo E del anticlinal de Riotinto y dentro de su área de charnela, se encuentra la estructura mineralizada compleja de Planes-San Antonio, formada por tres mineralizaciones que no afloran. La mineralización de Planes se situa a unos 15 m de profundidad y está representada por:

- *Stockwork* asociado a rocas volcánicas ácidas.
- Masa de Planes con mineralización *stockwork* asociada.
- Masa de sulfuros de San Antonio, alejada de la mineralización *stockwork*.

Las masas de sulfuros tienen orientación E-W y el buzamiento del eje del pliegue es 30-35°E.

La masa Planes fue minada de forma intermitente desde tiempos romanos hasta 1950. El acuñamiento del lentejón de sulfuros en profundidad causó el cierre de la explotación de interior. En 1962, una investigación geofísica seguida de son-

No extremo E do anticlinal de Riotinto e dentro da sua área de charneira, encontra a estrutura mineralizada complexa de Planes-San Antonio, formada por três mineralizações que não afloram. A mineralização de Planes situa-se a cerca de 15 m de profundidade, sendo representada por:

- Stockwork *associado a rochas vulcânicas ácidas.*
- *Massa de Planes com mineralização* stockwork *associada.*
- *Massa de sulfuretos de San António, afastada da mineralização* stockwork.

As massas de sulfuretos têm uma orientação E-W, sendo a inclinação do eixo das dobras de 30-35°E.

A massa de Planes foi explorada de forma intermitente desde os tempos romanos até 1950. O encurtamento da massa de sulfuretos em profundidade motivou o encerramento da exploração subterrânea da mina. Em 1962, uma investigação geofí-

deos mecánicos indicó la continuación de la mineralización masiva en unos 700 m hacia el E, observándose dos niveles de sulfuros separados por una zona sin mineralización.

La masa San Antonio tiene una corrida de 700 m, una potencia de 15 a 20 m y una profundidad reconocida de 250 m. A muro, en su parte occidental, presenta un *stockwork* en las rocas volcánicas, formados por venas de pirita y calcopirita con alteración clorítica, con unas dimensiones de 300 × 300 m, y 150 m de profundidad.

Las masas de sulfuros de los flancos N y S del anticlinal de Riotinto fueron explotadas desde la época del Bronce final (siglos XII a IX a.C.) y porteriormente por los tartesos y romanos. Después de algunas cortas y limitadas reactivaciones en los siglos XVI y XVII, se inició su explotación moderna en 1873. La actividad extractiva tuvo lugar primero en la corta Sur y, después, en las de Salomón, Lago y Valle. En esa época se construyó el ferrocarril minero entre Riotinto y el embarcadero de la empresa localizado en Huelva. En una primera época se benefició el cobre, pasándose después al beneficio de pirita para la producción de ácido sulfúrico.

La explotación se llevó a cabo en diversas cortas y por minería de interior (Alfredo y Planes). Las reservas evaluadas (Palomero, 1990) son:

- San Dionisio: 45 Mt con 0,83% Cu, 0,65% Pb, 2,14% Zn, 24 mg kg-1 Ag y 0,3 mg kg-1 Au.

- San Antonio: 9,5 Mt con 1,6% Cu, 1% Pb, 2% Zn, 60 mg kg-1 Ag y 0,6 mg kg-1 Au.

La mineralización de **Migollas (nº 498)** está constituida por dos masas, separadas por pizarras, denominadas Este y Oeste. El cuerpo inferior (masa Este) tiene una corrida de más de 1 km, una potencia media de 50 m y una profundidad reconocida de 500 m. El cuerpo superior (masa Oeste) presenta una corrida de 200 m, potencias por debajo de 40 m y profundidad reconocida de 250 m. De modo general, los cuerpos poseen una morfología irregular, pudiendo alcanzar espesores de 100 m en algunas zonas.

La masa Este está representada por un cuerpo único, caracterizada por zonaciones de composición y de texturas, tanto a lo largo de la corrida como en la vertical, observándose un enriquecimiento en Pb y Zn desde el E hacia el W y hacia el muro. Los valores de Cu muestran una mayor regularidad, aunque con excepciones en zonas locales. Las

sica seguida de sondagens mecânicas, indicou a continuação da estrutura cerca de 700 m para E, observando-se dois níveis de sulfuretos intercalados por uma zona sem mineralização.

A massa de San Antonio tem um comprimento de 700 m, uma espessura de 15 a 20 m e uma profundidade conhecida de 250 m. A muro e na sua parte ocidental ocorre um stockwork *nas rochas vulcânicas, formado por veios de pirite e calcopirite com alteração cloritica, com dimensões de 300 m x 300 m e 150 m de profundidade.*

As massas de sulfuretos dos flancos N e S do anticlinal de Riotinto foram exploradas desde a idade do Bronze final (séculos XII a IX a.C.) e a seguir por tartéssios e romanos. Depois de alguns trabalhos em cortas e pequenas reativações efetuadas nos séculos XVI e XVIII, iniciou-se a sua exploração moderna em 1873. A atividade extrativa decorreu primeiro na corta Sur e posteriormente nas de Salomón, Lago e Valle. Nessa época foi construída a linha ferroviária mineira entre Riotinto e o cais da empresa localizado em Huelva. A primeira fase foi marcada pela extração de cobre, transitando-se depois à exploração de pirite para produção de ácido sulfúrico.

A exploração foi realizada em diversas cortas e por mineração subterrânea (Alfredo e Planes). As reservas avaliadas são as seguintes segundo Palomero (1990):

- *São Dionisio: 45 Mt com 0,83% Cu, 0,65% Pb, 2,14% Zn, 24 mg kg-1 Ag e 0,3 mg kg-1 Au.*

- *San Antonio: 9,5 Mt com 1,6% Cu, 1% Pb, 2% Zn, 60 mg kg-1 Ag e 0,6 mg kg-1 Au.*

*A mineralização de **Migollas (nº 498)** é constituída por duas massas separadas por xistos denominadas Este e Oeste. O corpo inferior (massa Este) tem um comprimento de mais de 1 km e uma espessura de 50 m encontrando-se reconhecido até uma profundidade de 500 m. O corpo superior (massa Oeste) apresenta um comprimento de 200 m e uma espessura inferior a 40 m, ocorrendo a uma profundidade de 250 m. De um modo geral os corpos mostram uma morfologia irregular podendo a sua espessura alcançar 100 m em algumas zonas.*

A massa Este é representada por um único corpo, sendo este caracterizado por zonamento em termos de composição e texturas quer em termos longitudinais, quer na vertical, observando-se um enriquecimento em Pb e Zn de E para W e em direção a muro. Os teores em Cu mostram uma maior regularidade, embora com exceções locais. As

texturas de los sulfuros son más brechoides con matriz de carbonatos y clastos de los diferentes tipos: polimetálico, cobrizo o pirítico.

En la masa Oeste aparecen los dos niveles de mineralización, siendo la textura predominantemente brechoide. A techo del nivel inferior aparece calcopirita masiva con pocos carbonatos.

La mineralización de Migollas se explotó durante cerca de una década, entre 1993 y 2001, a través de galerías subterráneas con acceso exterior mediante una rampa. Los minerales eran tratados en la misma planta que los de la mina de Sotiel. Los recursos totales de la mina de Migollas fueron evaluados (Santos *et al.*, 1993, 1996) en 57,6 Mt con 0,88% Cu, 1,12% Pb y 2,23% Zn.

Tharsis-Filón Norte y Sierra Bullones (nº 401), es una de las mineralizaciones de sulfuros masivos reconocidas como gigantes dentro de la Faja Pirítica Ibérica. Está compuesta por tres cuerpos lenticulares denominados Filón Norte, San Guillermo y Sierra Bullones. Los yacimientos afloran en las cortas de Filón Norte y Sierra Bullones, situadas a escasos metros una de otra y localizadas respectivamente al E y W. En conjunto, estas estructuras presentan una dirección E-W y una corrida de 1.500 m, con un buzamiento variable entre 45°N y 75°N, y potencias variables cuya media es de 80 m. Las masas lenticulares se encuentran en una secuencia de unidades separadas por cabalgamientos vergentes al S formando un sistema dúplex de escamas imbricadas (Tornos *et al.*, 1998).

En la corta de Filón Norte (Fig. 8) se observan las diferentes unidades geológicas entre las que aparecen las mineralizaciones. Tornos *et al.* (1998) describen tres unidades separadas por bandas con una deformación muy intensa. De sur a norte, la estructura está definida por:

- Unidad inferior: sulfuros masivos y pizarras negras asociadas. Los sulfuros masivos están constituidos por varias escamas apiladas y separadas por intercalaciones tectónicas de pizarras negras.
- Zona de deformación inferior: filonitas negras muy deformadas con abundante cuarzo y carbonatos en venas.
- Unidad intermedia: rocas volcánicas básicas (espilitas) muy alteradas y pizarras negras.
- Zona de deformación superior: formada por 30-40 m de filonitas negras.
- Unidad superior: riodacitas y pizarras negras, con alteración hidrotermal (silicificación, sericitización) menos pervasivas.

texturas dos sulfuretos são mais brechoides, evidenciando-se uma matriz de carbonatos e clastos de diferentes tipos: sulfuretos polimetálicos, de cobre ou pirite.

Na massa Oeste surgem dois níveis de mineralização sendo a textura predominantemente brechoide. A teto do nível inferior ocorre calcopirite maciça com poucos carbonatos.

A mineralização de Migollas foi explorada durante cerca de uma década, entre 1993 e 2001, através de galerias com acesso ao exterior por rampa. O minério extraído era tratado na mesma unidade de processamento da mina de Sotiel. Os recursos totais da mina de Migollas foram avaliados (Santos et al.*, 1993, 1996) em 57,6 Mt com 0,88% Cu, 1,12 % Pb e 2, 23% Zn.*

***Tharsis-Filón Norte e Sierra Bullones (nº 401)**, constitui um dos depósitos gigantes da Faixa Piritosa, sendo representado por três corpos lenticulares denominados Filón Norte, San Guillermo e Sierra Bullones. Os jazigos afloram nas cortas de Filón Norte e Sierra Bullones, situadas a escassos metros uma da outra e localizadas respetivamente a E e a W. No seu conjunto, estas estruturas apresentam uma direção E-W e uma extensão de 1 500 m, com uma inclinação entre 45°N e 75°N e espessura variável cuja média é de 80 m. As massas lenticulares encontram-se numa sequência de unidades separadas por cavalgamentos vergentes para sul, formando um sistema duplex de escamas tectónicas imbricadas (Tornos* et al.*, 1998).*

Na corta do Filón Norte (Fig 8) observam-se as diferentes unidades geológicas onde se inserem as mineralizações. Tornos et al. *(1998) definem três unidades separadas por bandas com uma deformação muito intensa, de sul para norte:*

- *Unidade inferior: sulfuretos maciços e xistos negros associados. Os sulfuretos maciços são constituídos por várias escamas empilhadas e separadas por intercalações tectónicas de xistos negros.*
- *Zona de deformação inferior: filitos negros muito deformados com abundantes veios de quartzo e carbonato.*
- *Unidade intermédia: rochas vulcânicas básicas (espilitos) muito alteradas e xistos negros.*
- *Zona de deformação superior: formada por 30 -40 m de filitos negros.*
- *Unidade superior: riodacitos e xistos negros, com alteração hidrotermal menos pervasiva (silicificação e sericitização).*

Figura 8: Mina de Tharsis. Vista aérea de la corta Filón Norte.

Figura 8: *Mina de Tharsis. Vista aérea da corta de Filón Norte.*

Los sulfuros masivos de Filón Norte contienen distintos tipos de mineral: i) pirita masiva predominante, de grano fino y bajo contenido en metales; ii) sulfuros con carbonatos, que aparece en la base de los lentejones como cuerpos irregulares. Esta mineralización es típica de Tharsis, y está constituida por fragmentos aplastados de pirita y siderita en una matriz de grano más gruesa, constituida igualmente por pirita y siderita; iii) mineral complejo, con estructura bandeada, enriquecido en metales y formado por niveles milimétricos de sulfuros y de pizarra, este tipo de mineral presenta frecuentes estructuras sinsedimentarias de deposición, como estratificación gradada y *slumpings*.

La masa de Filón Norte está cabalgada por una escama tectónica que incluye a la masa de San Guillermo y su *stockwork* infrayacente. El *stockwork* está desarrollado en pizarras negras con alteración clorítica y una incipiente silicificación, caracterizado por venas finas con carbonatos y pirita. Los sulfuros que en él aparecen tienen mayor tamaño de grano que en observado en las masas.

La asociación mineral del *stockwork* es compleja (Marcoux *et al.*, 1996), y se caracteriza por presentar una geoquímica con contenidos elevados en As, Co, Bi y Au (de hasta 5.000 mg kg-1 de cobalto y 2-3 mg kg-1 de oro). Contiene, además de otros minerales más comunes, arsenopirita, cobaltina, glaucodoto y oro.

En la corta de Sierra Bullones, la asociación mineral de los sulfuros masivos está formada por pirita, calcopirita, esfalerita como minerales principales y por galena, magnetita,

*A massa de Filón Norte contém diferentes tipos de minério: i) pirite maciça predominante, de grão fino e com baixo teor em metais; ii) sulfuretos com carbonatos, que surgem na base das lentículas como corpos irregulares. Esta mineralização é típica de Tharsis sendo constituída por fragmentos de pirite e siderite triturados, numa matriz de grão mais grosseiro igualmente formada por pirite e siderite; iii) mineral complexo com estrutura bandada, enriquecido em metais e formado por níveis milimétricos de sulfuretos e de xistos. Frequentemente, este tipo de minério apresenta estruturas sinsedimentares de deposição, como estratificação grada e escorregamentos (*slumpings*).*

A massa Filón Norte encontra-se cavalgada por uma escama tectónica que inclui a massa de San Guillermo e o seu stockwork *subjacente. O* stockwork *encontra-se desenvolvido em xistos negros com alteração cloritica e silicificação incipiente, caracterizado por veios finos com carbonatos e pirite. Os sulfuretos que nele aparecem apresentam um tamanho de grão superior comparativamente ao observado nas massas.*

A paragénese mineral do stockwork *é complexa (Marcoux* et al.*, 1996) sendo caracterizada por uma geoquímica com elevado teor em As, Co, Bi e Au (até 5 000 mg kg-1 de cobalto e 2-3 mg kg-1 de ouro). Contém, para além de outros minerais mais comuns, arsenopirite, cobaltite, glaucodoto e ouro.*

Na corta de Sierra Bullones a paragénese de sulfuretos maciços é formada por pirite, calcopirite, esfalerite como minerais principais e por galena, magnetite, cassiterite, bournoutite,

casiterita, bournonita, meneghinita, arsenopirita, tetraedrita, bismutinita, tenantita, ilmenita, cubanita, estannina, famatinita, pirrotina, mackinawita y bornita como accesorios (Tornos *et al.*, 1998).

Tharsis fue explotada por los romanos y redescubierta a mediados del siglo XIX, siendo explotada hasta los años 80 del siglo XX. Se calcula que en total, se han extraído cerca de 40 Mt de mineral.

El tonelaje total estimado (Strauss & Madel, 1974) es de 110 Mt, con 0,5% Cu, 0,6% Pb, 2,7% Zn, 22 mg kg-1 Ag y 0,7 mg kg-1 Au. Incluye los tonelajes de Filón Norte-San Guillermo (75 Mt, con 0,7% Cu, 0,85% Pb, 1,9% Zn, 35 mg kg-1 Ag), de Sierra Bullones (13 Mt con 1% Cu, 0,87% Pb, 1,8% Zn, 35 mg kg-1 Ag y 0,7 mg kg-1 Au) y de Filón Centro (2,5 Mt, con 0,92% Cu, 0,8% Pb, 1,6% Zn, 38 mg kg-1 Ag y 1,2 mg kg-1 Au).

El yacimiento de **Tharsis-Filón Centro (nº 400)**, es un cuerpo estratiforme situado al SW de Sierra Bullones, tiene orientación E-W, 300 m de corrida y potencias de 25 a 40 m. La mina se ha explotado a cielo abierto y en la actualidad está inactiva.

El yacimiento de **Tharsis-Filón Sur (nº 403)** consta de 4 pequeños lentejones de sulfuros masivos de 100-150 m de corrida. Aunque la orientación de los cuerpos es E-W, en conjunto muestran una dirección N78°E. Los minerales fundamentales son pirita y calcopirita, siendo galena y esfalerita, accesorios. La mineralización se explotó a finales del siglo XIX por minería de interior. Entrado el siglo XX se inició la explotación del mineral pirítico a cielo abierto y el aprovechamiento del oro de su *gossan* (ley en Au de 2 a 2,6 mg kg-1, con un *cut-off* de 1,6 mg kg-1). Los recursos totales en mineral pirítico de Filón Sur se estimaron en 4,5 Mt con 1,5% Cu, 0,7% Pb, 1,2% Zn, 40 mg kg-1 Ag y 1,2 mg kg-1 Au (Leistel *et al.*, 1998).

El entorno inmediato del yacimiento de **Aználcollar (nº 642)** está formado por materiales del Grupo PQ y del CVS, con una deformación muy intensa, con pliegues que evolucionan a cabalgamientos vergentes al S, y con la estructura afectada por la laminación de los flancos cortos. Posteriormente, el desarrollo de la imbricación de escamas cabalgantes, dieron lugar a la modificación de las relaciones originales entre las unidades estratigráficas, dando lugar a repeticiones y apilamientos.

La masa de sulfuros masivos aparece relacionada con el tramo de pizarras negras, siendo la mineralización depositada en un fondo marino a partir de sistemas hidrotermales que ascienden por los canales de alimentación (*stockwork*). En este proceso, la actividad bacteriana ha jugado un papel importante en la precipitación de los sulfuros.

meneghinite, arsenopirite, tetraedrite, bismutinite, tenantite, ilmenite, cubanite, estanite, famatinite, pirrotite, mackinawite e bornite, como acessórios (Tornos et al.*, 1998).*

Tharsis foi explorada pelos romanos e redescoberta em meados do século XIX, tendo sido explorada até aos anos 80 do séc. XX. Calcula-se que no total, terão sido extraídas 40 Mt de minério.

A tonelagem total estimada (Strauss & Madel, 1974) é de 110 Mt, com 0,5% Cu, 0,6%Pb, 2,7%Zn, 22 mg kg-1Ag e 0,7 mg kg-1Au. Por jazigo, as tonelagens são de 75 Mt em Filón Norte-San Guillermo (0,7% Cu, 0,85% Pb, 1,9% Zn, 35 mg kg-1 Ag); 13 Mt em Sierra Bullones (1% Cu, 0,87% Pb, 1,8% Zn, 35 mg kg-1 Ag e 0,7 mg kg-1 Au) e 2,5 Mt em Filón Centro (0,92% Cu, 0,8% Pb, 1,6% Zn, 38 mg kg-1 Ag e 1,2 mg kg-1 Au).

O jazigo de ***Tharsis-Filón Centro (nº 400)*** *é caracterizado por um corpo estratiforme situado a SW de Sierra Bullones, com uma orientação E-W, 300 m de comprimento e espessura de 25 a 40 m. A mina foi explorada a céu aberto encontrando-se atualmente inativa.*

O jazigo de ***Tharsis-Filón Sur (nº 403)*** *consiste em 4 pequenas lentículas de sulfuretos maciços de 100-150 m de comprimento. Embora a orientação dos corpos seja E-W, no seu conjunto mostram uma direção N78°E. Os minerais fundamentais são a pirite e a calcopirite, sendo a galena e a esfalerite, acessórios. A mineralização foi explorada em finais de século XIX através de mineração subterrânea. No início do século XX procedeu-se à exploração da pirite em corta, ocorrendo também a mineração do respetivo chapéu de ferro com elevados teores em ouro (2 a 2,6 mg kg-1 Au e teor de corte de 1,6 mg kg-1). Os recursos totais do minério de pirite de Filón Sur estimaram-se em 4,5 Mt com 1,5% Cu, 0,7% Pb, 1,2% Zn, 40 mg kg-1 Ag e 1,2 mg kg-1 Au (Leistel* et al.*, 1998).*

O jazigo de ***Aználcollar (nº 642)*** *encontra-se enquadrado em litologias do Grupo PQ e do CVS, com uma deformação muito intensa, com dobras que evoluem para cavalgamentos vergentes para sul, encontrando a estrutura afetada por laminação dos flancos curtos. Posteriormente desenvolveu-se a imbricação de escamas cavalgantes que modificaram as relações originais entre as várias unidades estratigráficas, dando lugar a repetições e empilhamento.*

*A massa de sulfuretos maciços surge relacionada com xistos negros, tendo a mineralização sido depositada em fundo marinho a partir de sistemas hidrotermais que ascendem pelas redes de canais de alimentação (*stockwork*). Neste processo a atividade bacteriana terá sido importante.*

La alteración hidrotermal relacionada con los fluidos mineralizantes en ascenso es multifásica y muestra una zonación, con una zona amplia de rocas afectadas por silicificación (primera fase), sericitización, silicificación y piritización y, posteriormente, de cloritización, más restringida pero intensa. La circulación por microfracturas está en el origen de un entramado de venas de cuarzo, clorita, sericita y sulfuros que constituyen los *stockwork*s. La última fase, como ocurre en muchos casos, es responsable de aportes enriquecidos en Cu y otos metales como Co, As, Bi, etc. (Marcoux & Sáez, 1994).

La asociación mineral del yacimiento está formada por pirita, calcopirita, esfalerita y galena como componentes mayoritarios, y tetraedrita, pirrotina, arsenopirita, marcasita, bournonita, meneghinita, bornita, boulangerita, estannina, casiterita, bismuto, bismutinita y nuffieldita como accesorios (García de Miguel, 1990; Almodóvar *et al.*, 1998).

Como en la mayoría de los yacimientos de la FPI, el mineral masivo, está formado por pirita (predominante), calcopirita, esfalerita y galena, siendo minerales accesorios marcasita, tetraedrita, pirrotina y arsenopirita. Las piritas enriquecidas en cobre, aparecen situadas en la base de los sulfuros y sobre el *stockwork*, acompañadas de calcopirita, pirita, galena y esfalerita, y pueden ir asociadas a minerales como los que se concentran esencialmente en los *stockwork*s como bismuto bismutinita, arsenopirita y oro. El mineral bandeado polimetálico o complejo, localizado generalmente en bordes de la masa, o en zonas de mucha deformación, por removilización, está formado por esfalerita, galena, pirita, tetraedrita, bournonita, boulangerita, estannina y casiterita.

Al igual que muchos yacimientos de la FPI, las mineralizaciones de Aznalcóllar fueron explotadas por los romanos. A finales del siglo XIX se inicó la minería moderna con la explotación a cielo abierto en pequeñas cortas y de minería de interior mediante pozos. A finales de los años 60 y principios de los 70 del siglo pasado, se llevaron a cabo intensos trabajos de exploración e investigación que permitieron identificar nuevas reservas. Posteriormente, en 1979, se inició la extracción mediante una gran corta.

Las inversiones en investigación dieron como resultado el descubrimiento de un nuevo yacimiento de sulfuros masivos, denominado **Los Frailes (nº 644)**, oculto bajo unos 60 m de recubrimiento del Mioceno. El yacimiento está situado a escasa distancia del yacimiento de Aznalcóllar y presenta semejanzas con él, aunque Los Frailes es más rico en minerales complejos. Esta mineralización se explotó a partir de 1995, en otra gran corta situada a 1 km al E de la corta de Aznalcóllar.

A alteração hidrotermal relacionada com os fluidos mineralizantes em ascensão é multifásica, evidenciando um zonamento próprio. Os halos hidrotermais caracterizam-se por silicificação (primeira fase), sericitização, silicificação e piritização e, posteriormente, cloritização, mais restrita e intensa. A circulação de fluidos através de microfraturas está expressa através de uma rede de veios de quartzo, clorite, sericite e sulfuretos que constituem os stockwork*s. A ultima fase, como ocorre em muitos casos, é responsável por enriquecimentos em Cu e em outros metais como Co, As, Bi, etc. (Marcoux & Sáez, 1994).*

A paragénese geral do jazigo é formada por pirite, calcopirite, esfalerite e galena como componentes principais e tetraedrite, pirrotite, arsenopirite, marcassite, bournonite, meneghitite, bornite, boulangerite, estanite, cassiterite, bismuto, bismutinite e nuffieldite como acessórios (García de Miguel, 1990; Almodóvar et al.*, 1998).*

Como na maioria dos jazigos da FPI o minério maciço é formado por pirite (predominante), calcopirite, esfalerite e galena e, de forma acessória, por marcassite, tetraedrite, pirrotite e arsenopirite. As pirites enriquecidas em cobre surgem na base das massas e sobre o stockwork*, sendo acompanhadas de calcopirite, galena e esfalerite. Na mineralização* stockwork *podem surgir outros minerais como bismuto, bismutinite, arsenopirite e ouro. O mineral bandado polimetálico ou complexo encontra-se localizado normalmente nos bordos da massa ou em zonas com deformação acentuada, testemunhando fases de remobilização. A mineralização complexa é formada por esfalerite, galena, pirite, tetraedrite, bournonite, boulangerite, estanite e cassiterite.*

À semelhança de muitos jazigos da FPI também as mineralizações de Aználcollar foram exploradas pelos romanos. Em finais do século XIX teve inicio a mineração moderna através da extração de minério feita a céu aberto, em pequenas cortas, e em galerias e poços. Em finais dos anos 60 e princípios dos anos 70 do século XX foram desenvolvidas campanhas de prospeção e de investigação que permitiram identificar novas reservas. Posteriormente, iniciou-se em 1979 a extração através de uma grande corta.

O investimento em prospeção permitiu a descoberta de um novo jazigo de sulfuretos maciços, denominado ***Los Frailes (nº 644)****, que se encontrava oculto, cerca de 60 m sob os sedimentos de idade miocénica. A mineralização localiza-se a uma pequena distância do jazigo de Aznalcóllar, apresentado semelhanças com este jazigo. Los Frailles distingue-se, porém, por ser mais rico em minerais complexos e pelo facto de a sequência encaixante não incluir praticamente rochas vulcânicas piroclásticas. Esta mineralização foi explorada a partir de 1995, em outra grande corta situada a 1 km a E de Aznalcóllar.*

Las reservas estimadas para los yacimientos de Aznalcóllar y Los Frailes son los siguientes:

- Aznalcóllar (Pons *et al.*, 1993):
- Total: 90 Mt (0,51% Cu, 0,85% Pb, 1,8% Zn, 37 mg kg-1 Ag y 0,48 mg kg-1 Au).
- M. Complejo: 43 Mt (0,44% Cu, 1,77% Pb, 3,18% Zn, 67 mg kg-1 Ag y 1 mg kg-1 Au).
- M. Piroclástico: 47 Mt (0,58% Cu, 0,4 % Zn y 10 mg kg-1 Au).
- Los Frailes (Fuente empresa APIRSA, 1995):
- Total: 70 Mt (0,34% Cu, 2,25% Pb, 3,92 % Zn y 62 mg kg-1 Ag).

La actividad de estos yacimientos cesó definitivamente, unos meses después del accidente ambiental de Aznalcóllar, en abril de 1998, con la rotura del dique de contención de la balsa de estériles, que produjo el vertido de cerca de 5 Mt de residuos mineros en el cauce del río Guadiamar.

Finalmente y aunque no se trata de una mina abandonada, se incluye el yacimiento gigante de **Masa Valverde (nº 517)** por ser un ejemplo de mineralización oculta y profunda. Sobre esta estructura se han desarrollado múltiples campañas de prospección, incluyendo levantamientos gravimétricos que posibilitaron la planificación y ejecución de sondeos que, finalmente, permitieron a la empresa ENADMISA descubrir el yacimiento en 1988.

El yacimiento se encuentra en el flanco S del anticlinorio de Campanario y bajo un recubrimiento de materiales del Culm. La estructura mineralizada está emplazada en un entorno estructural muy próximo a una gran discontinuidad tectónica de dirección N50°E y, posiblemente, en una escama subaflorante del manto de Valverde (Castroviejo *et al.*, 2010). El yacimiento tiene más de 1.000 m de longitud y se encuentra a una profundidad de entre 400 m y 850 m. Está formado por dos masas superpuestas, de las cuales, la de mayor dimensión tiene un posicionamiento superior.

Las masas tienen una orientación N120°E y buzamiento 30-35°N y espesores que varían entre 5-10 m y 70 m. El yacimiento se encuentra en una secuencia de rocas volcánicas ácidas de la base del CSV, con intercalaciones de pizarras negras. Dos de estas intercalaciones constituyen los niveles portadores de los cuerpos estratiformes de sulfuros masivos, que presentan *stockwork*s situados a muro.

Las rocas encajantes presentan una fuerte alteración hidrotermal a muro y a techo de la mineralización, representada por zonas de silicificación, cloritización, sericitización y carbonatización. Las mineralizaciones incluyen partes de mineral masivo

As tonelagens e teores das mineralizações são as seguintes:

- *Aznalcóllar (Pons* et al.*, 1993):*
- *Total: 90 Mt (0,51%Cu, 0,85% Pb, 1,8% Zn, 37 mg kg-1 Ag e 0,48 mg kg-1 Au).*
- *Minério Complexo: 43 Mt (0,44%Cu, 1,77%Pb, 3,18%Zn, 67 mg kg-1Ag e 1 mg kg-1Au).*
- *Minério com fácies clástica: 47 Mt (0,58% Cu, 0,4 % Zn e 10 mg kg-1 Au).*
- *Los Frailes (Fuente empresa APIRSA, 1995):*
- *Total: 70 Mt (0,34% Cu, 2,25% Pb, 3,92 % Zn e 62 mg kg-1 Ag).*

A atividade destes jazigos cessou definitivamente, uns meses depois do acidente ambiental de Aznalcóllar, em abril de 1998, com a rotura de um dique de contenção da barragem de estéreis, o qual provocou o derrame de cerca de 5 Mt de resíduos mineiros no leito do rio Guadiamar.

Finalmente e embora não seja uma mina abandonada, inclui-se o jazigo gigante de ***Masa Valverde (nº 517)****, por ser um exemplo de mineralização oculta e profunda. Sobre esta estrutra foram efetuadas múltiplas campanhas de prospeção, incluindo levantamentos de gravimetria, tendo estes possibilitado o planeamento e execução de sondagens que permitiram à empresa ENADIMSA descobrir o jazigo em 1988.*

O jazigo encontra-se localizado no flanco S do anticlinório de Campanario e sob uma cobertura de sedimentos de fácies flysch do Culm. A estrutura mineralizada situa-se próximo de uma grande descontinuidade tectónica de direção N50°E e, possivelmente, inserida numa escama subaflorante do manto de Valverde (Castroviejo et al.*, 2010). O jazigo tem mais de 1 000 m de comprimento, situando-se a uma profundidade entre 400 m e 850 m. Está formado por duas massas sobrepostas das quais a de maiores dimensões tem um posicionamento superior.*

As massas apresentam uma orientação N120°E e inclinação 30-35°N, evidenciando espessuras entre 5-10 m e 70 m. O jazigo está inserido numa sequência de rochas vulcânicas ácidas da base do CVS com intercalações de xistos negros. As mineralizações estratiformes de sulfuretos maciços encontram-se hospedadas em dois níveis destes sedimentos, apresentando stockwork*s a muro.*

As rochas encaixantes apresentam forte alteração hidrotermal a muro e a teto da mineralização, estando os halos representados por zonas de silicificação, cloritização, sericitização e carbonatização. A mineralização inclui partes de minério maciço e outras de minério bandado sendo este últi-

y otras con mineral bandeado, este último asociado a diferencias composicionales y/o texturales de origen deposicional.

La paragénesis mineral está definida por pirita, calcopirita, esfalerita, galena y arsenopirita como componentes principales, y bournonita, tetraedrita, estannina, casiterita, cubanita, bismuto nativo, cosalita y *electrum* como accesorios. Se observan texturas coloformes y framboidales, aunque la mayor parte del mineral está recristalizado.

Los recursos contenidos en la Masa Valverde han sido estimados según tipos de mineral (Costa *et al.*, 1992):

- Mineral pirítico: 80 Mt, con 0,4% Cu, 1,5% Pb+Zn, y 0,1 mg kg-1 Au.
- Mineral complejo: 11 Mt, con 0,54% Cu, 5% Pb+Zn y 0,76 mg kg-1 Au.
- Mineral cuprífero: 1,3 Mt, con 1,91% Cu, 1,7% Pb+Zn y 0,1 mg kg-1 Au.

1.2. MINERALIZACIONES DE SULFUROS MASIVOS EN EL SECTOR PORTUGUÉS DE LA FAJA PIRÍTICA IBÉRICA

En el sector portugués de la FPI, se encuentran activas las minas de Neves-Corvo y Aljustrel, cuya concesión corresponde respectivamente a las empresas Somincor/ Lundin Mining (https://www.lundinmining.com/operations/neves-corvo/) y Almina (https://www.almina.pt/) (Fig. 9).

El concentrado de mineral de Neves-Corvo se transporta por ferrocarril al puerto de Setúbal, mientras que en el caso de Aljustrel el transporte se realiza por carretera. En el Baixo Alentejo, operan otras compañías asociadas a la actividad extractiva, como Orica (fábrica de explosivos en Aljustrel, https://www.orica.com/Locations/Europe), Drillcon y Hytech (empresas de perforación) y las empresas de prospección ASCENDANT, AVRUPA, EDM, ESANMET, MATSA y REDCORP. En total, la actividad extractiva es responsable de más de 3.000 empleos directos, con un impacto notable en la economía nacional y en la región de Alentejo.

mo associado a diferenças composicionais e/ou texturais de origem deposicional.

A paragénese mineral é definida por pirite, calcopirite, esfalerite, galena e arsenopirite como componentes principais e por bournonite, tetraedrite, estanite, cassiterite, cubanite, bismuto nativo, cosalite e electrum *como minerais acessórios. Observam-se texturas coloformes e framboidais, embora na sua maior parte o minério esteja recristalizado.*

Os recursos considerados para a Massa Valverde foram estimados de acordo com a tipologia de minério (Costa et al.*, 1992):*

- *Minério piritoso: 80 Mt com 0,4% Cu, 1,5% Pb+Zn e 0,1 mg kg-1 Au.*
- *Minério complexo: 11 Mt com 0,54% Cu, 5% Pb+Zn e 0,76 mg kg-1 Au.*
- *Minério cuprífero: 1,3 Mt com 1,91% Cu, 1,7% Pb+Zn e 0,1 mg kg-1 Au.*

1.2. MINERALIZAÇÕES DE SULFURETOS MACIÇOS NO SETOR PORTUGUÊS DA FAIXA PIRITOSA IBÉRICA

No setor português da FPI, encontram-se ativas as minas de Neves Corvo e Aljustrel, cuja concessão corresponde respetivamente as empresas Somincor / Lundin Mining (https://www.lundinmining.com/operations/neves-corvo/) e Almina (https://www.almina.pt/) (Fig. 9).

O concentrado de minério de Neves-Corvo é transportado via ferrovia até ao porto de Setúbal, no caso de Aljustrel o transporte é rodoviário. No Baixo Alentejo operam outras companhias associadas à atividade extrativa, como a Orica (fábrica de explosivos en Aljustrel, https://www.orica.com/Locations/Europe), Drillcon e Hytech (empresas de perfuração). Operam ainda as empresas de prospeção ASCENDANT, AVRUPA, EDM, ESANMET, MATSA e REDCORP. No total a atividade extrativa é responsável por mais de 3 000 postos de trabalhos diretos, com um impacto notável na economia nacional e na região do Alentejo.

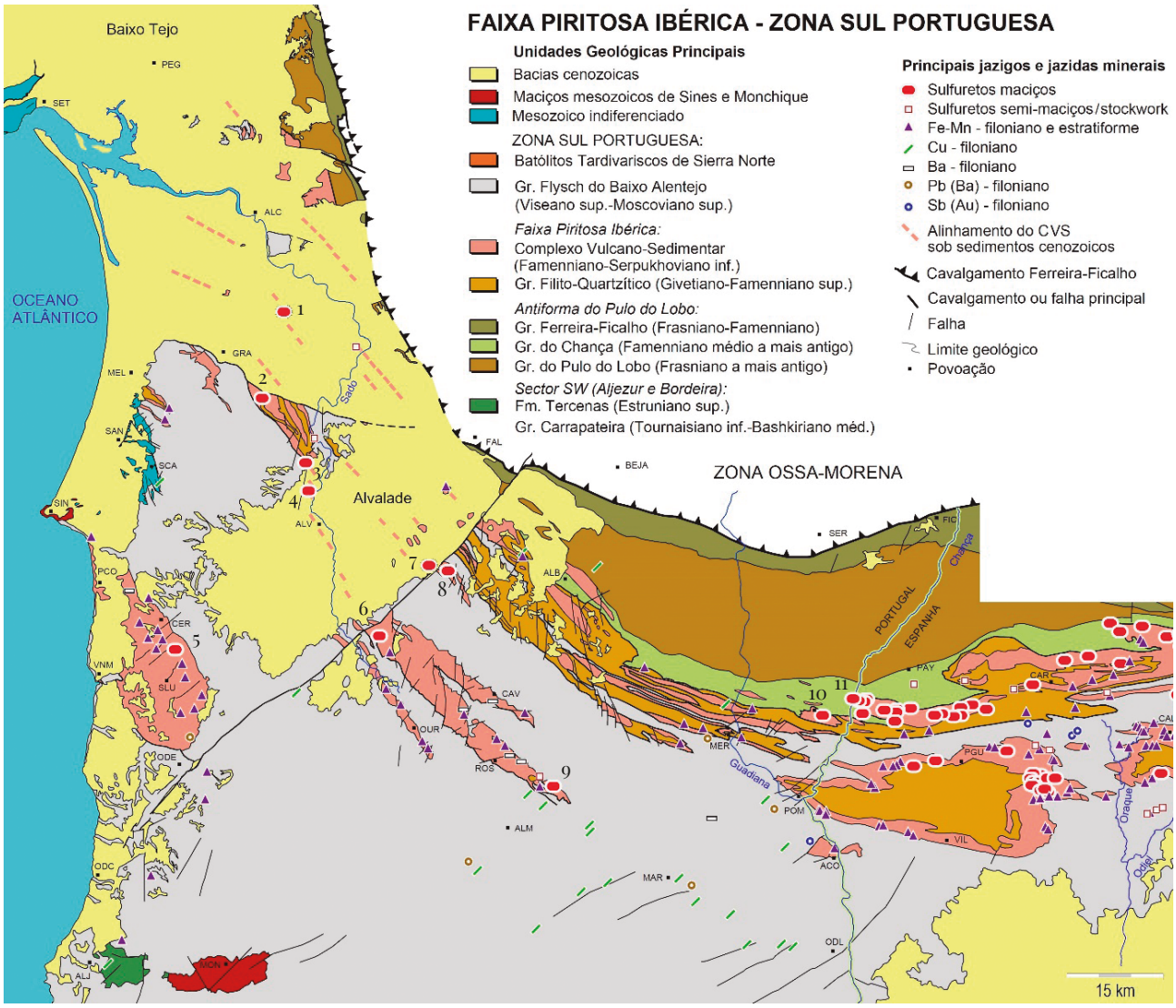


Figura 9: Mapa geológico del Sector Portugués de la FPI en el contexto de la Zona Surportuguesa. Depósitos de Sulfuros Masivos: 1 - Lagoa Salgada; 2 - Caveira; 3 - Lousal; 4 – Sesmarias; 5 – Salgadinho; 6 – Montinho; 7 – Gavião; 8 – Mina de Aljustrel (concesionario Almina); 9 – Mina de Neves-Corvo (concesionario Lundin Mining/Somincor); 10 – São Domingos; 11 – Chança. (Geologia ad. Oliveira coord. 1984, 1992; Leistel *et al.*, 1998; Matos *et al.*, 2008 y Mapa Geológico de la Zona Surportuguesa, escala 1/400.000, IGME, LNEG, Junta de Andalucía, Proy. GEO-FPI, 2019).

Figura 9: *Mapa geológico do Setor Português da FPI no contexto da Zona Sul Portuguesa. Depósitos de Sulfuretos Maciços: 1 - Lagoa Salgada; 2 - Caveira; 3 - Lousal; 4 – Sesmarias; 5 – Salgadinho; 6 – Montinho; 7 – Gavião; 8 – Mina de Aljustrel (concessionário Almina); 9 – Mina de Neves-Corvo (concessionário Lundin Mining/Somincor); 10 – São Domingos; 11 – Chança. (Geología ad. Oliveira coord. 1984, 1992; Leistel* et al.*, 1998; Matos* et al.*, 2008 y Mapa Geológico de la Zona Surportuguesa, escala 1/400.000, IGME, LNEG, Junta de Andalucía, Proj. GEO-FPI, 2019.*

1.2.1. Minas activas

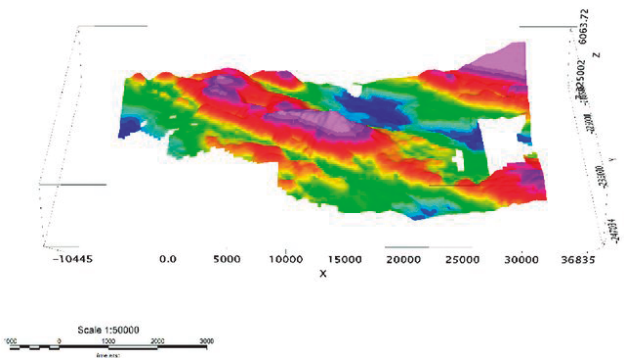
La historia de la mina **Neves-Corvo (nº 235)** comienza con su descubrimiento en 1977 por el consorcio luso-francés de empresas de prospección Sociedade Mineira de Santiago (Grupo CUF), Sociedade Mineira e Metalúrgica Peñarroya Portuguesa y SEREM/BRGM. Tras los trabajos de gravimetría previos realizados por el Serviço de Fomento Mineiro en el sector de Algaré, que permitieron identificar una amplia anomalía de Bouguer ubicada cerca del pueblo de Neves (Fig. 10), ese consorcio completó el estudio geofísico de la región identificando la masa de Neves a unos 350 m de profundidad (Albuy *et al.*, 1981; Barriga *et al.*, 1997; Leca *et al.*, 1983; Relvas *et al.*, 2002).

1.2.1. Minas ativas

*A história da mina **Neves-Corvo (nº 235)**, inicia-se com a sua descoberta em 1977 pelo consórcio luso-francês de empresas de prospeção Sociedade Mineira de Santiago (Grupo CUF), Sociedade Mineira e Metalúrgica Peñarroya Portuguesa e SEREM/BRGM. Seguindo trabalhos prévios de gravimetria executados pelo Serviço de Fomento Mineiro no sector de Algaré, que possibilitaram a identificação de uma ampla anomalia de Bouguer localizada junto à aldeia de Neves (Fig. 10), aquele consórcio completou o estudo geofísico da região tendo identificado a massa de Neves a cerca de 350 m de profundidade (Albut* et al.*, 1981; Barriga* et al.*, 1997; Leca* et al.*, 1983; Relvas* et al.*, 2002).*

Figura 10:
Modelo 3D de la anomalia Bouguer residual (densidad 2,6 g/cm3) de la región de Neves-Corvo y ubicación del yacimiento (NC) (Marques *et al.*, 2019, Proy. EXPLORA). Base de datos LNEG.

Figura 10:
Modelo 3D da anomalia Bouguer residuaI (densidade 2,6g/cm3) da região de Neves Corvo e localizado no jazigo (NC) (Marques et al.*, 2019, Proj. EXPLORA). Base de dados LNEG.*



Este notable hallazgo estuvo marcado desde el inicio por el contenido metálico de sus mineralizaciones, en particular por los niveles anormalmente altos de cobre y estaño y por la dimensión del gran recurso geológico-minero que representaba. En este contexto, se desarrollaron los programas de reconocimiento y evaluación de las cinco masas mineralizadas hasta el momento reconocidas y que constituían el depósito principal: Neves, Corvo, Graça, Zambujal y Lombador. A través de una gran inversión realizada por la empresa concesionaria (Somincor/Lundin Mining) mediante campañas sistemáticas de perforación a gran profundidad y completadas con la adquisición de datos geofísicos (sísmicos y electromagnéticos), en 2010 se descubrió la mineralización de Semblana y en 2012 la de Monte Branco, estando la primera en fase de evaluación, (Fig. 11).

El depósito Neves-Corvo, en su conjunto, tiene características geoquímicas excepcionales tanto a nivel de la FPI, donde se encuentra, como en el conjunto de depósitos de otras provincias metalogenéticas de VMS en todo el mundo (Relvas, 2000; Oliveira *et al.*, 2004; Relvas *et al.*, 2006a; Relvas *et al.*, 2006b). El depósito es conocido mundialmente por sus contenidos de cobre, zinc y estaño. El mineral de estaño está practicamente agotado. Originalmente, el yacimiento contaba con más de 300.000 toneladas de estaño metálico y contenidos de más del 60% de Sn. La casiterita masiva

A sua notável descoberta foi desde o início marcada pelo conteúdo metálico das suas mineralizações, em especial dos teores anormalmente elevados em cobre e estanho e pela dimensão do vasto recurso geológico-mineiro apresentado. Foi neste enquadramento que se desenvolveram os programas de reconhecimento e avaliação das cinco massas mineralizadas até então reconhecidas e que compunham o jazigo principal, nomeadamente Neves, Corvo, Graça, Zambujal e Lombador. Através de um amplo investimento efetuado pela empresa concecionária (Somincor/Lundin Mining) com recurso a campanhas de perfuração sistemáticas a grande profundidade e aliadas a aquisição de dados geofísicos (sísmica e eletromagnética) foi descoberta em 2010 a mineralização do Monte Branco e em 2012 a da Semblana, estando esta ultima atualmente em fase de avaliação. (Fig. 11)

O jazigo de Neves-Corvo, no seu conjunto, reveste-se de características geoquímicas de exceção quer ao nível da própria FPI, onde se insere, quer no conjunto dos depósitos de outras províncias metalogenéticas de VMS a nível mundial (Relvas, 2000; Oliveira et al.*, 2004; Relvas* et al.*, 2006). O jazigo é mundialmente conhecido pelos seus teores em cobre, zinco e estanho. O minério de estanho está atualmente praticamente esgotado. Originalmente contava com mais de 300 000 toneladas de estanho metálico e teores que ascendem a mais de 60% Sn. A cassiterite maciça*

como la que se encuentra en Neves-Corvo se considera algo exótico a nivel mundial.

Los depósitos de Neves-Corvo tienen las siguientes reservas (Somincor/Lundin Mining, 2019):

- Mineral de cobre: reservas totales de 29,917 Mt con 2,2% Cu, 0,7% Zn, 0,2% Pb y 32 mg kg-1 Ag.

- Minerales de Zn: reservas totales de 29,669 Mt con 0,3% Cu, 7,5% Zn, 1,8% Pb y 64 mg kg-1 Ag.

- El depósito de Semblana, en fase de evaluación, tiene unas reservas inferidas de 7,807 Mt con 2,9% Cu.

Las mineralizaciones de sulfuros masivos de Neves-Corvo ocurren en el sector SE de la estructura del Complejo Vulcano-Sedimentario (CVS) de Rosário-Neves-Corvo. Aquí se encuentra expuesta una de las secuencias más completas del Complejo Vulcano-Sedimentario de la FPI. La geología de la mina de Neves-Corvo es bastante compleja, pudiendo el CVS estar dividido en inferior y superior (Oliveira *et al.*, 2013a,b). En esta región se puede encontrar el sustrato conocido de la FPI (Grupo Filito-Cuarcítico, comúnmente denominado Grupo PQ) de edad Givetiense-Fameniense (Mendes *et al.*, 2018, 2020).

El CVS inferior, donde se alojan las mineralizaciones de sulfuros masivos y los *stockworks*, está constituido por la Formación Corvo (pizarras grises y negras) y la Formación Neves (pizarras negras). Asociadas a estas unidades sedimentarias hay niveles más o menos gruesos de rocas volcánicas de composición félsica (esencialmente riolitas y riodacitas), Figs. 11 y 12. A techo o en la parte lateral de las masas de sulfuros masivos, hay niveles exhalíticos constituidos por jaspes, cherts y carbonatos, que comúnmente se denomina *JC*.

como a encontrada em Neves-Corvo é considerada algo exótico a nível mundial.

Os jazigos de Neves-Corvo têm as seguintes reservas (Somincor/Lundin Mining, 2019):

- *Minérios de Cu: reservas totais de 29,917 Mt com 2,2% Cu, 0,7% Zn, 0,2% Pb e 32 mg kg-1 Ag;*

- *Minérios de Zn: reservas totais de 29,669 Mt com 0,3% Cu, 7,5% Zn, 1,8% Pb e 64 mg kg-1 Ag.*

- *O jazigo da Semblana, em fase de avaliação, possui reservas inferidas de 7,807 Mt com 2,9% de Cu.*

As mineralizações de sulfuretos maciços de Neves-Corvo ocorrem no bordo SE da estrutura do Complexo Vulcano-Sedimentar (CVS) de Rosário-Neves-Corvo. Aqui encontra-se exposta uma das sequências mais completas do CVS. A geologia da mina de Neves-Corvo é bastante complexa podendo o CVS ser dividido em sequência inferior e sequência superior (Oliveira et al.*, 2013a,b). Nesta região pode ser encontrado o substrato conhecido da FPI (Grupo Filito-Quartzítico, vulgarmente denominado PQ) de idade Givetiano-Famenniano (Mendes* et al.*, 2018, 2020).*

O CVS Inferior, onde estão alojadas as mineralizações de sulfuretos maciços e respetivos stockworks*, é constituída pela Formação do Corvo (xistos cinzentos e negros) e Formação Neves (xistos negros). Associadas a estas unidades sedimentares ocorrem níveis mais ou menos espessos de rochas vulcânicas de composição félsica (essencialmente riólitos e riodacítos), Figs. 11 e 12. A topo ou na lateral das massas de sulfuretos maciços ocorrem níveis exalaíticos constituídos por jaspes, chertes e carbonatos que vulgarmente é chamado de* JC.

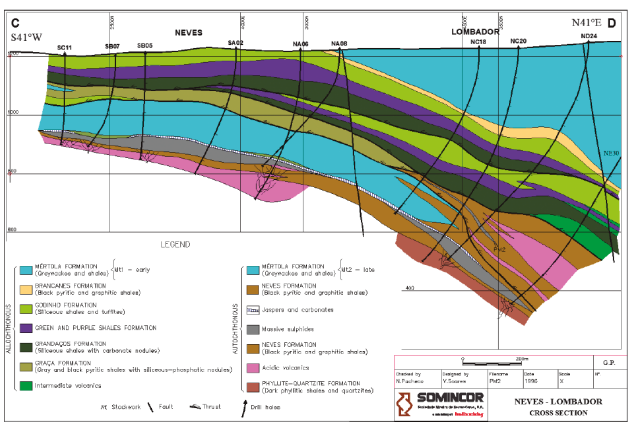


Figura 11:
Corte geológico de los yacimientos de Neves y Lombador, mostrando la complejidad tectónica del depósito. Mineralizacíón de tipo *stockwork* en sedimentos del Grupo PQ y en la Formación Neves (CVS inferior). Mineralización de sulfuros masivos con nivel de jaspes a techo. Esquema Lundin Mining, 2019.

Figura 11:
Corte geológico pelos jazigos de Neves e Lombador, mostrando a complexidade tectónica dos depósitos. Mineralização de tipo stockwork *em sedimentos do grupo PQ e na Formação Neves (CVS Inferior). Mineralização de sulfuretos maciços com nivel de jaspes no topo. Esquema Lundin Mining, 2019.*

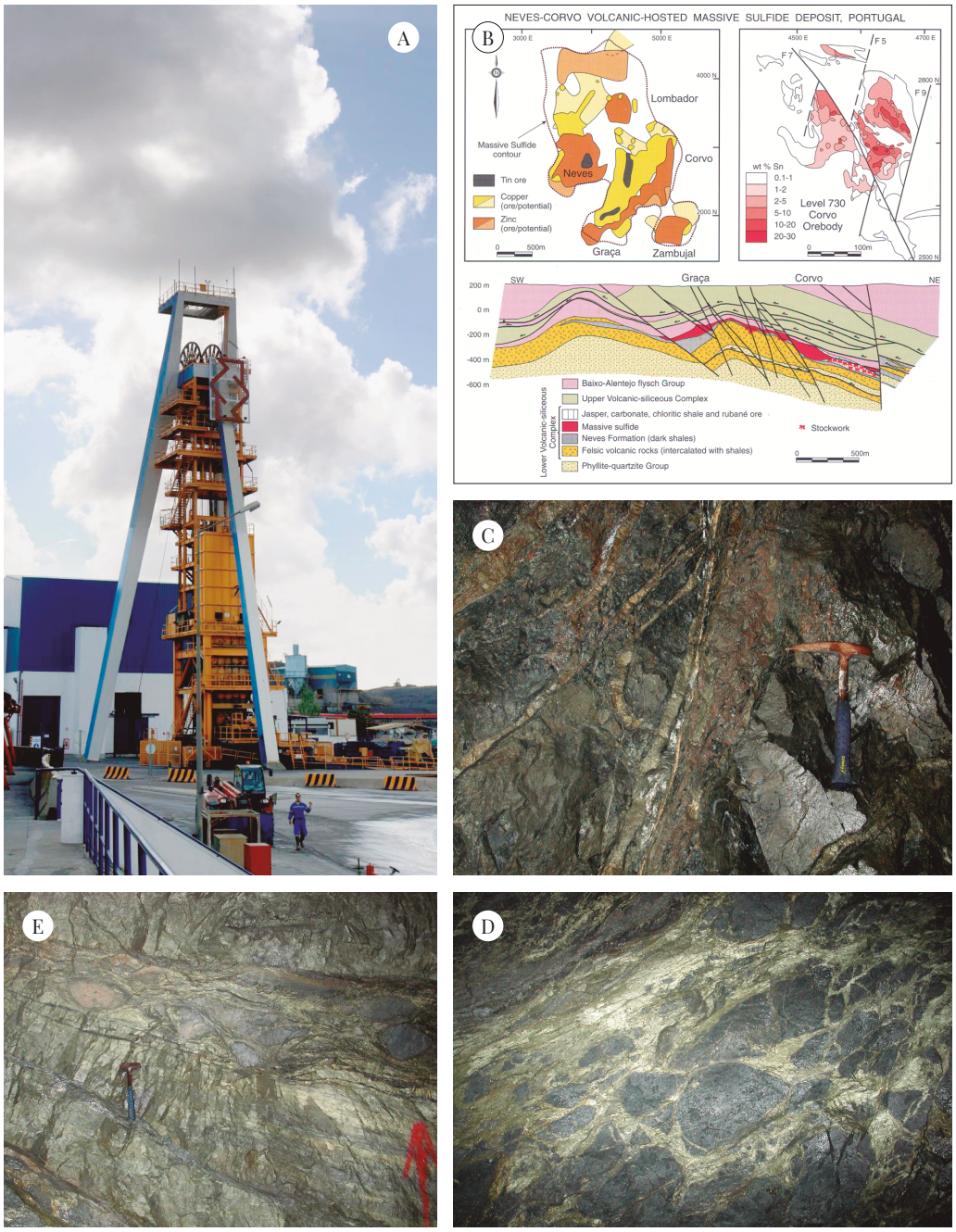


Figura 12:
Mina de Neves-Corvo:
A: pozo de Santa Bárbara por donde es extraído el mineral;
B: corte geológico y mapas de isocontenidos de cobre, zinc y estaño de la mina de Neves-Corvo, (Relvas *et al.* 2006);
C: mineral masivo de estaño;
D: *stockwork* cuprífero en rocas volcánicas félsicas;
E: mineral masivo rico en cobre y zinc (Somincor/Lundin Mining).

Figura 12:
Mina de Neves-Corvo:
A: poço de Santa Bárbara por onde é extraído o minério;
B: corte geológico e mapas de isoteores de cobre, zinco e estanho da mina de Neves-Corvo. (Relvas et al.*, 2006);*
C: minério maciço de estanho;
D: stockwork *cuprífero em rochas vulcânicas félsicas;*
E: minério maciço rico em cobre e zinco (Somincor/Lundin Mining).

El CVS superior se compone principalmente de pizarras negras, pizarras silíceas, pizarras verdes y, más raramente, niveles volcánicos coherentes y sedimentos vulcanogénicos. Incluye la Formación de Graça (Viseense med.) y las formaciones de Grandaços, Xisto Verde e Violeta, Godinho y Brancanes (Viseense sup.)

El área minera de **Aljustrel (nº 129)** es una de las más antiguas de la FPI, con más de 2000 años de actividad extractiva, con énfasis en el período romano y el período moderno, a partir del siglo XIX. En la región, se han reconocido más de 200 Mt de sulfuros masivos polimetálicos, distribuidos en seis masas de pirita (Barriga, 1990; Barriga *et al.*, 1997; Leitão, 1998): Feitais (54 Mt), Moinho (44 Mt), São João (45 Mt), Algares, Gavião y Estação (> 20 Mt). Las mineralizaciones

O CVS Superior é constituído na sua maioria por xistos negros, xistos siliciosos, xistos verdes e mais raramente níveis de rochas vulcânicas coerentes e sedimentos vulcanogénicos. Dele fazem parte as Formações da Graça (Viseano médio) e as formações de Grandaços, Xisto Verde e Violeta, Godinho e Brancanes (Viseano sup.).

*A área mineira de **Aljustrel (nº129)** é uma das mais antigas da FPI, com mais de 2000 anos de atividade extrativa, com destaque para a época Romana e período moderno, a partir do séc. XIX. Na região encontram-se reconhecidos mais de 200 Mt de sulfuretos maciços polimetálicos, repartidos por seis massas de pirite (Barriga, 1990; Barriga* et al.*, 1997; Leitão, 1998): Feitais (54 Mt), Moinho (44 Mt), São João (45 Mt), Algares, Gavião e Estação (> 20 Mt). As mineralizações são*

están formadas por pirita (predominante), esfalerita, calcopirita, galena, arsenopirita y sulfosales (Barriga, 1990; Gaspar, 1996). Las masas de Algares y S. João son aflorantes y fueron explotadas tanto en profundidad como a cielo abierto, en cortas poco profundas excavadas sobre las monteras de oxidación y zonas de enriquecimeinto supergénico (Leitão, 1998; Matos *et al.*, 2003a, 2008, 2010, 2017; Matos, 2012).

La minería en Aljustrel tuvo un fuerte impulso a partir de mediados del siglo I a.C., durante el período romano, centrándose entre el sector de São João y el área principal de Algares, denominada Vipasca, Fig. 13. Esta mina tiene labores subterráneas a una profundidad de 118 m (Viana *et al.*, 1954; Andrade, 1967; Schermerhorn, 1971; Martins, 1996; Domergue, 1983, 2002; Martins *et al.*, 2003; Matos *et al.*, 2011a, Macias *et al.*, 2011). En aquella época, la actividad minera se centraba en el cobre y la plata. Entre los restos romanos, compuestos por varios pozos y galerías mineras, numerosos objetos y campos de escorias con un volumen estimado de 4,11 Mt (Matos *et al.*, 2011a), destacan las dos *Tábuas de Bronze de Aljustrel*, en las que se menciona el modo de gestión de la antigua mina (Viana *et al.*, 1954; Schermerhorn, 1971; Martins *et al.*, 2003).

En la segunda mitad del siglo XIX, se reanuda la explotación minera en Aljustrel y se otorgó la concesión de la mina, entre 1849 y 1854, a Sebastião Gargamala y, posteriormente, a las empresas Lusitanian Mining Co., Emp. Mineração Transtagana y Fonseca, Santos y Viana. Los derechos de explotación de Aljustrel fueron adquiridos en 1898 por la Sociétè Anonyme Belge des Mines d'Aljustrel, a la que sucede en 1956 la compañía Mines d´Aljustrel, S.A. (Andrade, 1967; Leitão, 1998; Martins *et al.*, 2003; Matos *et al.*, 2008; Matos, 2012).

Después de la Segunda Guerra Mundial, hubo un rápido incremento en la producción de concentrados de pirita, extrayéndose alrededor de 200.000 – 300.000 t anuales (1.780.521 t entre 1946 y 1953, 248.068 t en 1953, 195.033 t en 1977). El agotamiento del depósito de Algares y las dificultades geotécnicas para explotar el depósito de S. João llevaron a la compañía a desarrollar una intensa labor de prospección, iniciado en la década de los 50, con el apoyo entre otras entidades, del Servicio de Fomento Mineiro (SFM). Como resultado de esta inversión, el SFM aplicó en Aljustrel el método electromagnético Turam, y en 1954 fue descubierto el depósito de Moinho (Andrade, 1967; Queiroz *et al.*, 1990). En 1964 se descubre la masa de Feitais, mediante levantamientos gravimétricos Utilizando la misma técnica geofísica, se descubrieron las masas de Estação en 1968 (SFM) y Gavião en 1970 (Soc. Mineira de Santiago) (Relvas, 1991; Leitão, 1998; Matos *et al.*, 2008b).

formadas por pirite (predominante), esfalerite, calcopirite, galena, arsenopirite e sulfossais (Barriga, 1990; Gaspar, 1996). As massas de Algares e de S. João são aflorantes e foram exploradas quer em profundidade, quer a céu aberto, em cortas pouco profundas escavadas sobre os respetivos chapéus de ferro e zonas de enriquecimento supergénico (Leitão, 1998; Matos et al.*, 2003a, 2008, 2010, 2017; Matos, 2012).*

A mineração em Aljustrel teve um forte impulso a partir de meados do séc. I a.C., durante o período Romano, tendo sido repartida entre o setor de São João e a área principal de Algares, denominada Vipasca, Fig. 13. Nesta mina os trabalhos subterrâneos atigiram a profundidade considerável de 118 m (Viana et al.*, 1954; Andrade, 1967; Schermerhorn, 1971; Martins, 1996; Domergue, 1983, 2002; Martins* et al.*, 2003; Matos* et al.*, 2011a, Macias* et al.*, 2011). Nesta época a atividade mineira era dedicada ao cobre e à prata. Entre o espólio romano, composto por diversos poços e galerias mineiras, numerosos artefactos e campos de escoriais com um volume estimado em 4,11 Mt (Matos* et al.*, 2011a), salientam-se as duas Tábuas de Bronze de Aljustrel, as quais mencionam o modo de gestão da antiga mina (Viana* et al.*, 1954; Schermerhorn, 1971; Martins* et al.*, 2003).*

Na segunda metade do séc. XIX deu-se o reinício da exploração mineira em Aljustrel tendo a mina sido concessionada entre 1849 e 1854 a Sebastião Gargamala e, posteriormente, às firmas Lusitanian Mining Co., Emp. de Mineração Transtagana e Fonseca, Santos e Viana. Os direitos de exploração de Aljustrel foram adquiridos em 1898 pela Sociétè Anonyme Belge des Mines d' Aljustrel, à qual sucede em 1956 a empresa Mines d´Aljustrel, S.A. (Andrade, 1967; Leitão, 1998; Martins et al.*, 2003; Matos* et al.*, 2008; Matos, 2012).*

Após a Segunda Guerra Mundial verificou-se um rápido aumento da produção de concentrados de pirite, extraindo-se cerca de 200 000 t a 300 000 t anuais (1 780 521 t entre 1946 e 1953, 248 068 t em 1953, 195 033 t em 1977). O esgotamento do depósito de Algares e as dificuldades geotécnicas de exploração do jazigo de S. João, levaram a empresa a desenvolver um intenso esforço de prospeção iniciado na década de 50 com apoio, entre outras entidades, do Serviço de Fomento Mineiro (SFM). Em sequência deste investimento, o SFM aplicou em Aljustrel o método eletromagnético Turam, tendo sido descoberto o jazigo do Moinho em 1954 (Andrade, 1967; Queiroz et al.*, 1990). Em 1964 é descoberta a massa de Feitais através da realização de levantamentos gravimétricos. Utilizando a mesma técnica geofísica foram posteriormente descobertas as massas da Estação em 1968 (SFM) e do Gavião em 1970 (Soc. Mineira de Santiago) (Relvas, 1991; Leitão, 1998; Matos* et al.*, 2008b).*

A partir de 1973, la empresa Pirites Alentejanas ostentó los derechos de concesión, y explotó el cobre del depósito de Moinho hasta 1993. Debido a razones económicas, la mina de Aljustrel suspendió su actividad extractiva entre 1993 y 2004. La adquisición de los derechos de explotación por parte de Eurozinc (Lundin Mining Group) ese año, condujo a una nueva fase de inversiones centradas en la producción de concentrados de zinc. En ese momento, se construyeron nuevos accesos a los depósitos de Feitais y Moinho. En la actualidad, la concesión minera de Aljustrel está otorgada a la empresa Almina, Minas do Alentejo S.A., habiendose reanudado las labores en 2009 sobre minerales de sulfuros masivos y *stockwork*s de estos dos depósitos. Tras la fase de producción inicial de concentrados de cobre, con un contenido promedio del 23% y volúmenes anuales de 1,5 Mt, la compañía optimizó su actividad extractiva al producir 2,75 Mt en 2017. A partir de este año, Almina expandió sus labores con la extracción de mineral de zinc, con una producción anual de 220.000 t de concentrados de zinc y plomo.

Los dos depósitos explotados tienen las siguientes reservas (Almina, 2016):

- Feitais: reservas totales de 9,707 Mt con 2,18% Cu, dividido en mineral masivo (4,195 Mt, 2,23% Cu) y *stockwork* (5,512 Mt, 2,14% Cu);
- Moinho: reservas totales de 4,077 Mt con 1,95% Cu, dividido por mineral sólido (3,681 Mt, 1,95% Cu) y *stockwork* (0,395 Mt, 1,94% Cu).
- Los depósitos Estação y São João están en fase de evaluación y prospección.

Las mineralizaciones de sulfuros de Aljustrel aparecen en una estructura compleja del Complejo Vulcano-Sedimentario, formada por unidades volcánicas de composición predominantemente riolítica y edad tournaisiense (*Tufo Megacristais, Tufos Verdes, Fácies Félsitica y Tufos da Mina*), sobre las cuales se superpone un horizonte de chert y jaspes con magnetita y la Formación Paraíso (Tournaisiense sup. - Viseense inf.) (Andrade & Schermerhorn 1971; Schermerhorn *et al.*, 1987; Silva *et al.*, 1997; Leitão, 1998; Barrie *et al.*, 2002; Matos, 2005a; Barret *et al.*, 2008; Matos *et al.*, 2008b, 2010). En la secuencia, todavía aparecen rocas volcánicas básicas (Leitão, 1992, 1998, 2009). Las mineralizaciones de sulfuros aparecen asociadas a la Unidad *Tufo da Mina*. En el nivel de jaspes y cherts de Aljustrel hay concentraciones de óxidos de hierro y manganeso que se explotaron en el siglo XIX, a través de pequeñas cortas y galerías abandonadas (Matos *et al.*, 2008, 2010; Matos & Filipe Eds., 2013).

El pueblo de Aljustrel se desarrolló en torno a la minería, siendo evidente la contribución de la actividad extractiva a su desarrollo y crecimiento socioeconómico (Matos & Mar-

A partir de 1973 a companhia Pirites Alentejanas deteve os direitos de concessão, tendo explorado o jazigo do Moinho para cobre até 1993. Por motivos económicos a mina de Aljustrel suspendeu a sua atividade extrativa entre 1993 e 2004. A aquisição dos direitos de exploração pela Eurozinc (Grupo Lundin Mining) nesse ano, conduziu a uma nova fase de investimentos focalizados na produção de concentrados de zinco. Nessa altura foram construídos novos acessos aos jazigos de Feitais e Moinho. Atualmente a concessão mineira de Aljustrel está atribuída à empresa Almina, Minas do Alentejo S.A., tendo a lavra sido reiniciada em 2009 sobre minérios de sulfuretos maciços e stockwork *destes dois jazigos. Após a fase inicial de produção de concentrados cobre com teor médio de 23% e volumes anuais de 1,5 Mt, a empresa otimizou a sua atividade extrativa produzindo 2,75 Mt em 2017. A partir deste ano a Almina expandiu a sua lavra à extração de minério de zinco, com a produção anual de 220 000 t de concentrados de zinco e chumbo.*

Os dois jazigos em lavra ativa têm as seguintes reservas (Almina, 2016):

- *Feitais: reservas totais de 9,707 Mt com 2,18% Cu, repartidas por minério maciço (4,195 Mt, 2,23% Cu) e* stockwork *(5,512 Mt, 2,14% Cu);*
- *Moinho: reservas totais de 4,077 Mt com 1,95% Cu, repartidas por minério maciço (3,681 Mt, 1,95% Cu) e* stockwork *(0,395 Mt, 1,94% Cu).*
- *Os jazigos Estação e São João encontram-se em fase de avaliação e de prospeção.*

As mineralizações de sulfuretos de Aljustrel ocorrem numa estrutura complexa do Complexo Vulcano-Sedimentar formada por unidades vulcânicas de composição predominantemente riolítica e idade tournaisiana (Tufo Megacristais, Tufos Verdes, Fácies Félsitica e Tufos da Mina), às quais se sobrepõe um horizonte de chertes e jaspes com magnetite e a Formação do Paraíso (Tournaisiano sup. - Viseano inf.) (Andrade & Schermerhorn 1971; Schermerhorn et al.*, 1987; Leitão, 1998; Barrie* et al.*, 2002; Matos, 2005a; Barret* et al.*, 2008; Matos* et al.*, 2008b, 2010). Na sequência ocorrem ainda rochas vulcânicas básicas (Leitão, 1992, 1998, 2009). As mineralizações de sulfuretos ocorrem associadas à Unidade Tufo da Mina. No nível de jaspes e chertes de Aljustrel encontram-se concentrações de óxidos de ferro e manganês que foram exploradas no séc. XIX, representadas por pequenas cortas e galerias abandonadas (Matos* et al.*, 2008, 2010; Matos & Filipe Eds., 2013).*

A vila de Aljustrel desenvolveu-se em torno da exploração mineira, sendo evidente o contributo da atividade extrativa para o seu desenvolvimento e crescimento socioeconómico (Ma-

tins, 2006). La percepción social de los habitantes ante el impacto de la minería en el municipio, destaca la importancia de las minas en la identidad cultural y el empleo y, en consecuencia, en el asentamiento de la población (Coelho *et al.*, 2007). Los problemas ambientales derivados de los pasivos asociados con las actividades mineras en los siglos XIX y XX son secundarios respecto a los beneficios de la minería. Los sectores Algares y São João fueron rehabilitados por la Empresa de Desenvolvimento Mineiro, lo que contribuyó a minimizar el impacto ambiental.

En Algares se concentran los principales elementos del patrimonio geológico y minero de la región de Aljustrel (Martins *et al.*, 2003; Brilha *et al.*, 2005; Matos *et al.*, 2008b; Matos & Pereira, 2013) que incluyen el Chapéu de Ferro (clasificado como geositio), la galería del Piso +30 m, los malacates de Viana y Vipasca, la chimenea de la Trastagana, los tanques de cementación de cobre y los escoriales y pozos mineros romanos.

tos & Martins, 2006). A perceção social dos habitantes face aos impactos da mineração no concelho salienta a importância das minas na identidade cultural e no emprego e, consequentemente, na fixação da população (Coelho et al.*, 2007). Os problemas ambientais decorrentes do passivo associado à atividade mineira dos séculos XIX e XX são secundarizados relativamente aos benefícios da mineração. Os setores de Algares e de São João foram alvo de reabilitação por parte da Empresa de Desenvolvimento Mineiro, o que contribuiu para a minimização do impacte ambiental.*

Em Algares concentram-se os principais elementos de património geológico e mineiro da região de Aljustrel (Martins et al.*, 2003; Brilha* et al.*, 2005; Matos* et al.*, 2008b; Matos & Pereira, 2013) que incluem o chapéu de ferro (geossítio classificado), a galeria do Piso +30 m, os malacates Viana e Vipasca, a chaminé da Trastagana, os tanques de cementação de cobre e os escoriais e poços mineiros romanos.*

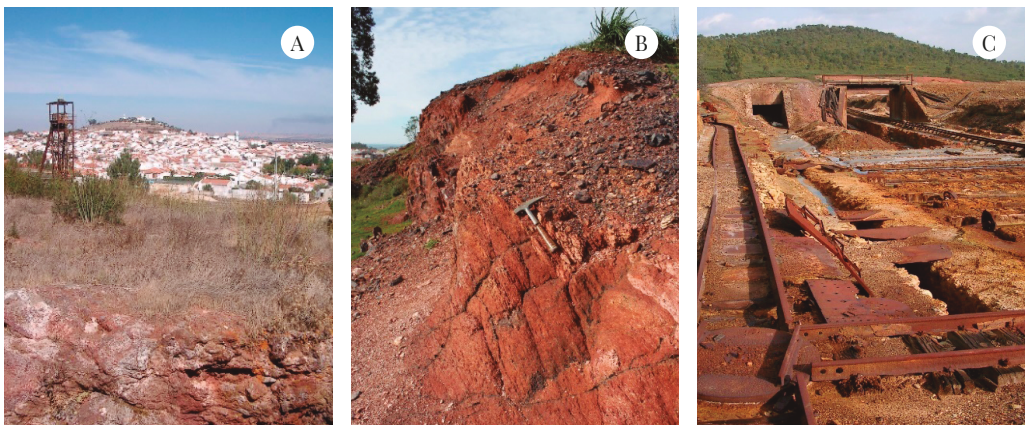


Figura 13: Mina de Aljustrel:
A: chapéu de ferro de Algares y malacate Vipasca con Aljustrel en segundo plano;
B: mina de Fe-Mn de Malpique (S. XIX);
C: tanques de cementación de cobre en Algares;
D: mineral masivo con bandeado primario y *stockwork* en rocas volcánicas ácidas afíricas del depósito de Feitais.

Figura 13: *Mina de Aljustrel:*
A: chapéu de ferro de Algares e malacate Vipasca com Aljustrel em segundo plano;
B: mina de Fe-Mn de Malpique (séc. XIX);
C: tanques de cementação de cobre em Algares;
D: minério maciço com bandado primário e stockwork *em rochas vulcânicas ácidas afíricas do jazigo de Feitais.*

1.2.2. Minas abandonadas o en rehabilitación ambiental

Las antiguas minas de sulfuros en el sector portugués de FPI representan una responsabilidad ambiental tras las prácticas mineras desarrolladas en los siglos XIX y XX (Matos & Martins, 2006; Matos *et al.*, 2008). Solucionar y afrontar la responsabilidad ambiental es uno de los objetivos de la empresa pública EDM (https://edm.pt/), concesionaria del programa nacional para la rehabilitación de áreas mineras desde 2001. Este servicio público, en régimen de exclusividad, tiene como objetivo garantizar la "Recuperación ambiental de áreas mineras degradadas y su monitorización, contribuyendo a la valorización ambiental, cultural y económica, garantizando la defensa del interés público y la preservación del patrimonio ambiental de las áreas mineras degradadas" (EDM, 2020).

Las minas de Lousal, Montinho, Chança y los sectores de Algares y São João de la mina Aljustrel fueron objeto de inversión en el área ambiental, lo que redujo significativamente el drenaje ácido asociado con las antiguas explotaciones (Silva, *et al.*, 2005, 2006, 2009; Matos & Martins, 2006; Álvarez-Valero, 2008; Matos *et al.*, 2008; Mateus *et al.*, 2008, 2011; Pérez-López, 2008; Abreu *et al.*, 2010; Batista *et al.*, 2012; Matos & Pereira, 2012; Reis *et al.*, 2012).

La **mina de Caveira (nº 20)** está ubicada en el cierre norte de una estructura antiforme del CVS/Grupo PQ de orientación NNW-SSE, localizada en el sector NW de la FPI, entre Caveira y Lousal (Matos *et al.*, 2014, 2015; Oliveira *et al.*, 2016). El depósito está formado por varias masas de sulfuros asociados a pizarras negras de la Formación Lousal-Caveira (CVS) de edad Estruniense (Pereira *et al.*, 2008, 2010, 2012, Matos *et al.*, 2014) y rocas volcánicas félsicas contemporáneas de estos sedimentos.

La mina Caveira fue objeto de actividad extractiva durante el Imperio Romano y aún es posible observar en la corta Salvador, diversas galerías, una cámara de explotación y varios escoriales. Las escombreras romanas ocupan un área de 78.852 m^2, correspondiendo a aproximadamente 733.324 t (Matos *et al.*, 2011a). Estas escorias antiguas tienen una matriz vítrea con zonificación de fayalita y magnetita, que ocasionalmente muestran rastros de pirita, pirrotina y calcopirita (Mateus *et al.*, 2008). La mina de Caveira fue redescubierta en 1623 por António Varão y, más tarde, prospectada entre 1854 y 1863 por Nicolau Biava. Las obras mineras modernas comenzaron en 1855, identificandose en ese momento varias obras antiguas, probablemente romanas (Matos *et al.*, 2008).

El apogeo de la mina ocurrió entre 1863 y 1881 (Cabral *et al.*, 1889). La minería desarrollada entre 1907 y 1916, se centró

1.2.2. Minas abandonadas ou em Recuperação ambiental

As antigas minas de sulfuretos no setor português da FPI representam uma responsabilidade ambiental atras das práticas mineiras desenvolvidas nos séculos XIX e XX (Matos & Martins, 2006; Matos et al.*, 2008). Solucionar e enfrentar a responsabilidade ambiental é um dos objetivos da empresa pública EDM (https://edm.pt/), concessionária do programa nacional para a reabilitação das áreas mineiras desde 2001. Este serviço público em regime de exclusividade, tem como objetivo garantir a "Recuperação ambiental das áreas mineiras degradadas e a sua monitorização contribuindo para a valorização ambiental, cultural e económica garantido a defesa do interesse público e a preservação do património ambiental das áreas mineiras degradadas" (EDM,2020).*

As minas do Lousal, Montinho, Chança e os setores de Algares e São João da mina de Aljustrel foram objeto de intervenção na área ambiental, o que reduziu significativamente a drenagem de águas ácidas associadas as antigas explorações (Silva, et al.*, 2005, 2006, 2009; Matos & Martins, 2006; Álvarez-Valero, 2008; Matos* et al.*, 2008; Mateus* et al.*, 2008, 2011; Pérez-López, 2008; Abreu* et al.*, 2010; Batista* et al.*, 2012; Matos & Pereira, 2012; Reis* et al. *2012).*

*A **mina de Caveira (nº 20)** localiza-se no fecho setentrional de uma estrutura antiforma do Comp. Vulcano-Sedimentar (CVS)/Gr. Filito-Quartzítico (PQ) de direção NNW-SSE, localizada no setor NW da FPI, entre Caveira e Lousal (Matos* et al.*, 2014, 2015; Oliveira* et al.*, 2016). O jazigo é formado por várias massas de sulfuretos associadas a xistos negros da Formação Lousal-Caveira (CVS) de idade Estruniano (Pereira* et al.*, 2008, 2010, 2012, Matos* et al.*, 2014) e a rochas vulcânicas félsicas contemporâneas destes sedimentos.*

A mina da Caveira foi alvo de atividade extrativa durante o Império Romano sendo ainda possível observar na corta Salvador diversas galerias, uma câmara de exploração e vários escoriais. As escombreiras de época romana ocupam uma área de 78 852 m^2, correspondendo a cerca de 733 324 t (Matos et al.*, 2011a). Estas escórias antigas apresentam matriz vítrea com zonamento de faialite e magnetite, ocorrendo pontualmente vestígios de pirite, pirrotite e calcopirite (Mateus* et al.*, 2008). A mina da Caveira foi redescoberta em 1623 por António Varão e, posteriormente, prospetada entre 1854 e 1863 por Nicolau Biava. Os trabalhos mineiros modernos iniciaram-se em 1855, tendo nessa altura sido identificados diversos trabalhos antigos, provavelmente romanos (Matos* et al.*, 2008).*

O apogeu da mina ocorreu entre 1863 e 1881 (Cabral et al.*, 1889). A lavra desenvolvida entre 1907 e 1916, incidiu*

en minerales con contenidos variables de cobre, entre 2,5 y 11,0% (documentación diversa sobre la mina Caveira, Archivo LNEG). En esta etapa de la minería, el mineral se extraía principalmente en las zonas de oxidación y enriquecimiento supergénico de las masas de sulfuros, habiendo sido producidas alrededor de 5.000 t de concentrados con 70 a 80% de cobre, además de 16.447 t de concentrados de pirita con Cu <1% y S <45% (SIORMINP, 2002, en Mateus *et al.*, 2008). La explotación de la montera de hierro (*gossan*) se suspendió en 1909. Después de una fase de menor actividad, las obras reanudaron su pleno desarrollo entre 1917 y 1919, seguido de una actividad extractiva irregular. En 1922, la Empresa Exploradora de Minas se hizo cargo de los derechos de la concesión Noroeste da Caveira nº 1267 (García, 1946). La falta de reservas y valores de contenido en azufre muy bajos, entre 37% y 38%, condujeron a la suspensión de las labores en 1939. Durante el período de 1949 a 1958 se llevaron a cabo excavaciones hasta profundidades de 206 m.

Entre 1960 y 1969, la Emp. Exploradora de Minas se asocia con Mines et Industries S.A., empresa que había invertido en nuevos sondeos de prospección. Algunos sondeos intersectaron mineralizaciones de sulfuros en el sector oriental de la estructura de Caveira, como el sondeo nº 3, que identificó sulfuros semi-masivos asociados a pizarras negras con los siguientes contenidos: 32,34% Fe, 34,32% S, 1,79% Pb, 2,66% Zn y 0,45% Cu (Emp. Exploradora de Minas, 1960, Archivo LNEG). La insostenibilidad económica del proyecto minero llevó a su cierre en 1973. Los informes técnicos de esta empresa refieren como mineralización primaria: pirita, galena, esfalerita, calcopirita, pirrotina, marcasita, bornita, tetraedrita, arsenopirita, cobaltita y oro. En la mina de Caveira hay dos niveles de sulfuros masivos distribuidos de la siguiente manera (Cabral, 1889; documentación técnica de Mines et Industries SA, de los años sesenta; Matos *et al.*, 2015): sector occidental (Pozo Helena): masas NW/São João y masas Salvador/Esperança (o Esperançosa); Sector oriental (Pozo Luísa): masas Canal/Frederico/Francisco y masas Augusto/António. Los cuerpos mineralizados del sector occidental tienen una orientación NNE a NNW y una inclinación subvertical, a 75°ENE y 70°WSW, y están condicionados por una falla tardía de dirección N25°E. Las masas del sector oriental muestran una orientación N40°W, con una inclinación 55°NE a 65°NE.

En los últimos años, el área minera de Caveira ha sido explorada por varias empresas de prospección y se han reconocido los niveles de sulfuros masivos y semi-masivos. El sondeo GA08 (SMRA, 1993) localizado en el sector occidental de la mina, al norte de Pozo Helena y sobre la masa Salvador, intersectó entre los 140 m y los 164 m, mineralización masiva y semi-masiva incluyendo 18,7 m con valores de 2,14% Zn y 0,70% Pb (Castelo Branco, 1994, 1995). Posteriormente, esta

sobre minérios com teores em cobre variáveis, entre 2,5 e 11,0% (documentação diversa sobre a mina da Caveira, Arquivo LNEG). Nesta fase da mineração o minério era maioritariamente extraído na zona de oxidação e enriquecimento supergénico das massas de sulfuretos, tendo sido produzidas cerca de 5 000 t de concentrados com 70 a 80% de cobre, além de 16 447 t de concentrados de pirite com Cu <1% e S <45% (SIORMINP, 2002, in Mateus et al.*, 2008). A exploração do chapéu de ferro terá sido suspensa em 1909. Após uma fase de menor atividade, os trabalhos voltaram a desenvolver-se em pleno entre 1917 e 1919, seguindo-se uma atividade extrativa irregular. Em 1922 a Empresa Exploradora de Minas assumiu os direitos da concessão Noroeste da Caveira nº 1267 (Garcia, 1946). A falta de reservas e teores de enxofre muito baixos, entre 37% e 38%, conduziram à suspensão da lavra em 1939. Durante o período de 1949 a 1958 foram desenvolvidas escavações até à profundidade de 206 m.*

Entre 1960 e 1969, a Emp. Exploradora de Minas associa-se à Mines et Industries S.A., tendo esta companhia investido em novas sondagens de prospeção. Alguns furos intersectaram mineralizações de sulfuretos no setor oriental da estrutura de Caveira como a sondagem nº 3, que identificou safrões associados a xistos negros com os seguintes teores: 32,34% Fe, 34,32% S, 1,79% Pb, 2,66% Zn e 0,45% Cu (Emp. Exploradora de Minas, 1960, Arquivo LNEG). A insustentabilidade económica do projeto mineiro conduziu ao seu encerramento em 1973. Os relatórios técnicos desta empresa referem como mineralização primária pirite, galena, esfalerite, calcopirite, pirrotite, marcassite, bornite, tetraedrite, arsenopirite, cobaltite e ouro. Na mina da Caveira ocorrem dois níveis de sulfuretos maciços distribuídos da seguinte forma (Cabral, 1889; documentação técnica da Mines et Industries S.A., da década de sessenta; Matos et al.*, 2015): Setor ocidental (Poço Helena): massas NW/São João e massas Salvador/Esperança (ou Esperançosa); Setor oriental (Poço Luísa): massas Canal/Frederico/Francisco e massas Augusto/António. Os corpos mineralizados do Setor ocidental ostentam uma direção NNE a NNW e inclinação subvertical, a 75°ENE e 70°WSW, estando condicionados por uma falha tardia de direção N25°E. As massas do Setor oriental evidenciam uma atitude N40°W, 55°NE a 65°NE.*

Nos últimos anos a área mineira da Caveira foi prospetada por várias empresas de prospeção tendo sido reconhecidos níveis de sulfuretos maciços e semi-maciços. O furo GA08 (SMRA, 1993) localizado no setor oeste da mina, a norte do Poço Helena e sobre a massa Salvador, intersetou entre os 140 m e os 164 m, mineralização maciça e semi-maciça incluindo 18,7 m 2,14% Zn, 0,70% Pb (Castelo Branco, 1994, 1995). Posteriormente, esta empresa realizou sondagens

empresa llevó a cabo sondeos en el sector oriental de la mina, sobre anomalías en suelos de cobre y oro y ejes definidos por conductores electromagnéticos. El sondeo CAV2, realizado en este sector en 2002, (Mora, 2002) cortó entre los 125,9 m y los 148,15 m sulfuros semi-masivos en pizarras negras de edad Estruniense (Pereira *et al.*, 2012, Matos *et al.*, 2014, 2015). El reprocesamiento matemático de los datos electromagnéticos Turam obtenidos por el SFM en este sector de la mina, confirmó la existencia de anomalías electromagnéticas asociadas a estructuras mineralizadas en pizarras negras, con orientación NNW e inclinación NE (Almeida *et al.*, 2018).

no setor oriental da mina, sobre anomalias de solos de cobre e ouro e eixos definidos por condutores eletromagnéticos. O furo CAV2 efetuado neste setor em 2002 (Mora, 2002), veio a intersectar entre os 125,9 m e 148,15 m sulfuretos semi-maciços em xistos negros datados de idade Estruniano (Pereira et al.*, 2012, Matos* et al.*, 2014, 2015). O reprocessamento matemático dos dados eletromagnéticos Turam obtidos pelo SFM neste setor da mina, confirmou a existência de anomalias eletromagnéticas associadas a estruturas mineralizadas em xistos negros, com orientação NNW e inclinação NE (Almeida* et al.*, 2018).*

La mina Caveira presenta un pasivo ambiental significativo debido al drenaje ácido asociado con la erosión de las escombreras, que afecta principalmente a los flujos de agua afluentes de la ribera de Grândola y a los suelos (Matos & Martins, 2006, Mateus *et al.*, 2008, Abreu *et al.*, 2010, Reis *et al.*, 2012). La resolución de estos problemas es responsabilidad de la Empresa de Desenvolvimento Mineiro. (Fig. 14).

A mina da Caveira apresenta um passivo ambiental significativo devido à drenagem ácida associada à erosão das escombreiras, a qual afeta sobretudo as linhas de água afluentes da ribeira de Grândola e os solos (Matos & Martins, 2006, Mateus et al.*, 2008, Abreu* et al.*, 2010, Reis* et al.*, 2012). A resolução destes problemas está a cargo da Empresa de Desenvolvimento Mineiro. (Fig. 14).*

Figura 14: Mina de Caveira.
A: galerias romanas en la corta Salvador excavadas en rocas volcánicas felsicas;
B: escombrera principal localizada en colina, originada por la erosión diferencial de las cuarcitas del Grupo PQ.

Figura 14: *Mina da Caveira.*
A: galerias romanas na corta Salvador escavadas em rochas vulcânicas félsicas;
B: escombreira principal localizada em colina originada pela erosão diferencial de quartzitos do Grupo PQ.

El área minera de **Lousal (nº 36)** está ubicada en el sector SE de la estructura CVS/PQ Lousal-Caveira, presentando una secuencia estratigráfica correlacionable con la de la mina de Caveira. El sector de Lousal está dominado por un estrecho antiforme, con dirección N55°W y plano axial subvertical a 80°W, cuyo núcleo está formado por sedimentos del Grupo PQ. En los flancos de esta estructura, aparecen las secuencias vulcano-sedimentarias inferior y superior del CVS. Más al oeste, el bloque CVS/PQ contacta, mediante un cabalgamiento vergente al WSW, con las pizarras y grauvacas de la Fm. Mértola (Matos & Oliveira, 2003; Matos & Relvas, 2006; Matos *et al.*, 2014). La geometría del antiforme de Lousal es compleja, estando condicionada por la compartimentación del zocalo paleozoico en pequeños bloques separados por

*A área mineira do **Lousal (nº36)** localiza-se no setor SE da estrutura CVS/PQ Lousal-Caveira, apresentando uma sequência estratigráfica correlacionável com a da mina da Caveira. O setor do Lousal é dominado por uma antiforma estreita, de direção N55°W e plano axial subvertical a 80°W, cujo núcleo é formado por sedimentos do PQ. Nos flancos desta estrutura ocorrem as sequências vulcano-sedimentares inferior e superior do CVS. Mais a oeste o bloco CVS/PQ contacta por cavalgamento vergente para WSW com os xistos e grauvaques da Fm. de Mértola (Matos & Oliveira, 2003; Matos & Relvas, 2006; Matos* et al.*, 2014). A geometria da antiforma do Lousal é complexa sendo condicionada pela compartimentação do soco paleozoico em pequenos blocos separados por desligamentos tardios verticais, de*

fallas tardías verticales con dirección general N5°E, con componente normal derecha y buzamiento al oeste. Los principales planos estructurales están representados por las fallas de Corona y Pozo Miguel (Strauss, 1970; Matzke, 1971, 1974; Strauss & Madel, 1974; Alves *et al.*, 1985; Schermerhorn *et al.*, 1987; Matos *et al.*, 2014). Las masas de sulfuros de Lousal se encuentran asociadas a rocas volcánicas félsicas de edad Fameniense y a pizarras negras de la Formación Lousal-Caveira, de edad Estruniense (Matos *et al.*, 2014).

La mina de Lousal fue explotada entre 1900 y 1988, y las labores mineras se desarrollaron desde la superficie hasta unos 500 m de profundidad en el Pozo nº 1. La empresa Mines et Industries S.A., (Grupo SAPEC) fue el último concesionario minero, y explotó, desde 1936, los sulfuros masivos para la producción de concentrados de pirita. El depósito fue descubierto en 1882 por António Manuel, que identificó los *gossan* de las masas Sur y Extremo Sur, situadas en la márgen izquierda de la ribera del Corona. (Silva, 1968; Strauss, 1970; Matzke, 1971, 1974; Matos & Oliveira, 2003; Matos & Relvas, 2006; Relvas *et al.*, 2012). El método de explotación del yacimiento se basó en secciones horizontales ascendentes con relleno posterior, con frentes mineros continuos y con progresión de tipo bancos invertidos simples (Silva, 1968). El mineral extraído era seleccionado manualmente, triturado, granulado y crivado en la planta de tratamiento. Posteriormente, el concentrado de mineral era transportado hasta la estación de ferrocarril. Durante los años sesenta y principios de los setenta, la producción anual osciló entre las 230.000 y las 250.000 toneladas, teniendo el mineral cerca del 45% de S y 0,7% de Cu (Strauss, 1970; Matos & Oliveira, 2003). La mineralización estaba constituida por pirita (predominante) acompañada de calcopirita, galena, esfalerita, pirrotina, marcasita, bournonita, tetraedrita, cobaltita, safflorita y oro nativo (Strauss, 1970; Matzke, 1971, 1974). Los estudios de microscopía realizados en muestras de sondeos de prospección revelaron la presencia de oro (*electrum*) en venas de pirita y cobaltita (de Oliveira *et al.*, 2013).

Con aproximadamente 50 Mt de sulfuros (Leistel *et al.*, 1998), el yacimiento de Lousal está formado por dos horizontes principales de sulfuros masivos, con *stockwork*s asociados, con una orientación general N45°W y buzamiento 80°SW (Matos & Oliveira, 2003; Matos, 2005b; Matos & Relvas, 2006):

- Grupo Occidental: masas Oeste, Sur y Extremo Sur (cuerpos más superficiales);
- Grupo Oriental (principal): masas Miguel y Central (los cuerpos más superficiales), Antonio, Nordeste, Norte, Fernando, José (la más potente, con 40 m de espesor) y José Sur (el cuerpo más profundo).

direção geral N5°E, com componente normal direita e abatimento a oeste. Os principais planos estruturais são representados pelas falhas de Corona e Poço Miguel (Strauss, 1970; Matzke, 1971, 1974; Strauss & Madel, 1974; Alves et al.*, 1985; Schermerhorn* et al.*, 1987; Matos* et al.*, 2014). As massas de sulfuretos do Lousal encontram-se associadas a rochas vulcânicas félsicas de idade Famenniano e a xistos negros da Formação Lousa-Caveira, de idade Estruniano (Matos* et al.*, 2014).*

A mina do Lousal foi explorada entre 1900 e 1988, desenvolvendo-se os trabalhos mineiros desde a superfície até cerca de 500m de profundidade no Poço nº1. A companhia Mines et Industries S.A. (Grupo SAPEC) foi o último concessionário mineiro tendo explorado sulfuretos maciços para produção de concentrado de pirite desde 1936. O jazigo foi descoberto em 1882 por António Manuel, que terá identificado os chapéus de ferro das massas Sul e Extremo Sul, situados na margem esquerda da ribeira de Corona (Silva, 1968; Strauss, 1970; Matzke, 1971, 1974; Matos & Oliveira, 2003; Matos & Relvas, 2006; Relvas et al.*, 2012). O método de exploração do jazigo baseava-se em cortes horizontais ascendentes com posterior enchimento, sendo as frentes mineiras contínuas e a sua progressão do tipo degrau invertido simples (Silva, 1968). O minério extraído era escolhido manualmente, triturado, granulado e crivado na oficina de tratamento. Posteriormente, o concentrado de minério era transportado para a estação ferroviária. Durante a década de 60 e início dos anos 70 a produção anual foi de 230 000 t a 250 000 t, tendo o minério cerca de 45% de S e 0,7% de Cu (Strauss, 1970; Matos & Oliveira, 2003). A mineralização era constituída por pirite (largamente predominante) acompanhada de calcopirite, galena, esfalerite, pirrotite, marcassite, bournonite, tetraedrite, cobaltite, saflorite e ouro nativo (Strauss, 1970; Matzke, 1971, 1974). Estudos de microscopia efetuados em amostras de sondagens de prospeção revelaram a presença de ouro (*electrum*) em veios de pirite e cobaltite (de Oliveira* et al.*, 2013).*

Com cerca de 50Mt de sulfuretos (Leistel et al.*, 1998) o jazigo do Lousal é formado por dois horizontes principais de sulfuretos maciços, com* stockwork*s associados, com atitude geral N45°W, 80°SW, indicados de NW para SE (Matos & Oliveira, 2003; Matos, 2005b; Matos & Relvas, 2006):*

- *Grupo Ocidental: massas Oeste, Sul e Extremo Sul (corpos mais superficiais);*
- *Grupo Oriental (principal): massas Miguel e Central (corpos mais superficiais), António, Norte - Leste, Norte, Fernando, José (a mais possante com 40 m de espessura) e José Sul (corpo mais profundo).*

La mina de Lousal constituye actualmente un excelente ejemplo a nivel europeo de rehabilitación social y ambiental de un área minera, después de su cierre y proceso de cierre (Matos *et al.*, 2011b; Relvas *et al.*, 2012; Matos & Pereira, 2013; M. Oliveira *et al.*, 2013). El patrimonio construido es gestionado por la Fundación Frederic Veldge. En las antiguas instalaciones, se construyó el Centro Ciência Viva do Lousal-Mina de Ciência, integrado en la Agência Nacional para la Cultura Científica y Tecnológica, y se inauguró el 31-06-2010 (www.lousal.cienciaviva.pt). El CCV de Lousal está dedicado a la temática relacionada con los Georecursos y divulgación en temas de geología, química, física, geofísica, matemáticas, ingeniería, biología, ecología, informática, computación gráfica y nuevas tecnologías de comunicación e imagen. Las actividades del Centro incluyen exposiciones y visitas al Museo Minero, ubicado en el edificio de la antigua central eléctrica (1934-1992) y la galería Valdemar, recientemente restaurada para uso turístico y cultural (Relvas *et al.*, 2012; M. Oliveira *et al.*, 2013; Matos & Pereira, 2013), Fig. 15.

A mina do Lousal constitui atualmente um excelente estudo de caso europeu de reabilitação social e ambiental de uma área mineira, após o seu encerramento e processo de fecho (Matos et al.*, 2011b; Relvas* et al.*, 2012; Matos & Pereira, 2013; M. Oliveira* et al.*, 2013). O património edificado é gerido pela Fundação Frederic Veldge. Nas antigas instalações foi edificado o Centro Ciência Viva do Lousal – Mina de Ciência, integrado na Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica e inaugurado em 31-6-2010, www.lousal.cienciaviva.pt. O CCV Lousal é dedicado à temática dos Georecursos divulgação de temáticas como a geologia, química, a física, a geofísica, a matemática, as engenharias, a biologia, a ecologia, a informática, a computação gráfica e as novas tecnologias de comunicação e imagem. As atividades do Centro incluem exposições e visitas ao Museu Mineiro situado no edifício da antiga central elétrica (1934 - 1992) e galeria Valdemar, recentemente recuperado para uso turístico e cultural (Relvas et al, 2012; M. Oliveira* et al.*, 2013; Matos & Pereira, 2013), Fig. 15.*

Con el objetivo de resolver el problema de los pasivos ambientales y minimizar el drenaje ácido de las minas, la Empresa de Desenvolvimento Mineiro realizó trabajos de ingeniería que incluyeron la restauración de escombreras y construcción de vallas perimetrales, actuaciones sobre los tanques de evaporación y humedales ribereños. De esta manera, fue posible minimizar el impacto ambiental, identificado en varios trabajos (Silva, *et al.*, 2005, 2006, 2009; Abreu *et al.*, 2010; Reis *et al.*, 2012), sobre la red hidrográfica y los suelos.

Com o objetivo de resolver o passivo ambiental e minimizar a drenagem ácida de mina, foram efetuadas obras de engenharia pela Empresa de Desenvolvimento Mineiro, que envolveram a retificação de escombreiras e construção de valas perimetrais, tanques de evaporação e pantanais de ribeira. Desta forma foi possível minimizar o impacto ambiental na rede hidrográfica e nos solos, identificado em diversos trabalhos de geoquímica (Silva, et al.*, 2005, 2006, 2009; Abreu* et al.*, 2010; Reis* et al.*, 2012).*

Figura 15: Mina de Lousal:
A: chapéu de ferro de la masa Oeste, al norte del Lagoa Verde;
B: pozo nº 1, para el transporte de vagonetas con mineral;
C: pozo nº 2 usado para transporte de personal y vagonetas vacías;
D: Museu Mineiro do Lousal (Antigua central eléctrica de la mina) situado cerca del Centro de Ciência Viva do Lousal.

Figura 15: *Mina do Lousal:*
A: chapéu de ferro da massa Oeste a norte da Lagoa Verde;
B: poço nº 1 que assegurava o transporte de vagonetas com minério;
C: poço nº 2 utilizado para transporte de pessoal e vagonetas vazias;
D: Museu Mineiro do Lousal (antiga Central Elétrica da mina) situado perto do Centro de Ciência Viva do Lousal.

La **mina São Domingos (nº 277)** es un emblema del patrimonio geológico y minero portugués debido a la geodiversidad de la región en la que se ubica y por el largo período en el que tuvo actividad extractiva, destacando la época romana y la fase moderna entre 1857 y 1972 (Matos *et al.*, 2002a, 2002b, 2008, 2011a, 2012; Matos & Pereira, 2013). La explotación de los yacimientos de São Domingos tuvo un gran impacto social y económico en Baixo Alentejo hasta 1966, año en que terminaron los trabajos de minería subterránea (Custódio, 1996a, 2013; Rego, 2004). Entre los aspectos innovadores, la implantación de un gran complejo industrial, la construcción del tercer ferrocarril de Portugal, el puerto minero de Pomarão, la primera central eléctrica en Alentejo y numerosas infraestructuras de apoyo social, sanitaria y educativa (Fig. 16). La gestión del área minera se caracterizó por un alto grado de autosuficiencia, llegando a tener un área urbana de más de 6.000 residentes, 2.000 de los cuales estaban directamente involucrados en el proceso industrial extractivo (Custódio, 2013).

Aunque hay indicios de actividad extractiva durante la Edad del Cobre (Custódio, 1996a), fue en la época romana cuando la minería creció en São Domingos, vincualada al aprovechamiento de la parte más superficial del depósito sub-vertical, caracterizado por un amplio *gossan* (Webb, 1958; Carvalho, 1971; Oliveira *et al.*, 1008; Oliveira & Matos, 2004; Matos *et al.*, 2006a, 2006b). De acuerdo con Matos *et al.* (2011a) los escoriales romanos ocuparían a principios del siglo XIX un área de aproximadamente 92.410 m^2, que corresponde a aproximadamente 859.413 t de residuos. La composición de la escoria romana en São Domingos, se caracteriza por la presencia de silicatos (fayalita, melilita y piroxeno), óxidos (magnetita) y sulfuros (pirita, pirrotina, calcopirita, galena y sulfoantimoniatos de Pb-Sb-Sn), (Pinto *et al.*, 2007; Mateus *et al.*, 2011). El valor patrimonial de los restos romanos, presentes en galerías, localizadas en los bancos septentrionales de la corta, y en escoriales *in situ*, ubicados en su sector norte y este, (Custódio, 1996a; Alves, 1998; Matos *et al.*, 2002a; Matos *et al.*, 2002b; Matos & Martins, 2003; Matos *et al.*, 2008; Matos, 2009; Matos *et al.*, 2011a) motivaron la protección legal de estos sitios arqueológicos, legislados a través de la clasificación de la corta, el pueblo y de las infraestructuras mineras, como Conjunto de Interés Público (Ordenanza nº 414/2013, DR, 2ª serie, nº 120 de junio de 2013). Debido a su geodiversidad, la corta está clasificado como un Geositio de Interés por el LNEG y por la ProGEO (European Association for the Conservation of the Geological Heritage) (Brilha *et al.*, 2005).

La montera de oxidación del yacimiento de São Domingos y los escoriales romanos asociados, fueron estudiadoss por prospectores en 1850 y Nicolas Biava solicitó la conce-

*A **mina de São Domingos (nº277)** constitui um ícone do património geológico-mineiro português pela geodiversidade da região onde se insere e pelo longo período em que decorreu a atividade extrativa, com destaque para a época Romana e fase moderna, entre 1857 e 1972 (Matos* et al.*, 2002a, 2002b, 2008, 2011a, 2012; Matos & Pereira, 2013). A exploração dos minérios de São Domingos teve um enorme impacto social e económico no Baixo Alentejo até 1966 ano em que terminaram os trabalhos de extração subterrâneos (Custódio, 1996a, 2013; Rego, 2004). Salientam-se entre os aspetos inovadores a implantação de um complexo industrial de grande dimensão, a construção da terceira ferrovia de Portugal, do porto mineiro do Pomarão, a primeira central elétrica do Alentejo e inúmeras infraestruturas de apoio social, saúde e educação (Fig. 16). A gestão da área mineira foi caracterizada sempre por um grau elevado de autossuficiência, chegando a área urbana a ter mais de 6 000 residentes, 2 000 dos quais envolvidos diretamente no processo industrial extrativo (Custódio, 2013).*

Embora existam indícios de atividade extrativa no período Calcolítico (Custódio, 1996a) foi na época romana que a mineração ganhou escala em São Domingos, estando associada à exploração da parte mais superficial do jazigo sub-vertical, caracterizada por um amplo chapéu de ferro (Webb, 1958; Carvalho, 1971; Oliveira et al.*, 1998; Oliveira & Matos, 2004; Matos* et al.*, 2006a, 2006b). Segundo Matos* et al. *(2011a) os escoriais romanos ocupariam no início do séc. XIX uma área de aproximadamente 92 410 m^2, correspondente a cerca de 859 413 t de escombros. A composição das escórias romanas de São Domingos é caracterizada pela presença de silicatos (faialite, melilite e piroxena), óxidos (magnetite) e raros sulfuretos (pirite, pirrotite, calcopirite, galena e Pb-Sb-Sn sulfoantimonetos), (Pinto* et al.*, 2007, Mateus* et al.*, 2011). O valor patrimonial do espólio de idade romana, ainda presente em galerias situadas nos bancos setentrionais da corta e em escoriais* in situ*, situados no seu setor norte e este (Custódio, 1996a; Alves, 1998; Matos* et al.*, 2002a; Matos* et al.*, 2002b; Matos & Martins, 2003; Matos* et al.*, 2008; Matos, 2009; Matos* et al.*, 2011a) motivou a proteção legal destes sítios arqueológicos, legislada através da classificação da corta, da aldeia e das infraestruturas mineiras como Conjunto de Interesse Público (portaria n.º 414/2013, DR, 2ª série, n.º 120 de Junho de 2013). Pela sua geodiversidade, a corta encontra-se classificada como Geossítio de interesse pelo LNEG e pela ProGEO (European Association for the Conservation of the Geological Heritage) (Brilha* et al.*, 2005).*

O chapéu de ferro do jazigo de São Domingos e os escoriais romanos associados foram referenciados por prospetores em 1850, tendo a concessão mineira sido solicitada por Ni-

sión minera en 1854 (Custódio, 1996b, 1999, 2013). Al comienzo del beneficio de la mina São Domingos, entre 1855 y 1858, los derechos de explotación eran propiedad de la empresa La Sabina (Cabral *et al.*, 1899). En 1859, esta empresa arrendó los derechos de explotación a la empresa inglesa Mason & Barry Limited, que se hizo responsable del proyecto minero moderno.

La masa de São Domingos tiene una orientación E-W, subvertical y una extensión de 537 m de longitud y 45 m de anchura, con un máximo de 70 m en la zona este (Webb, 1958; Carvalho, 1971; Oliveira & Matos, 2004; Matos *et al.*, 2006a, b). El yacimiento muestra una polaridad estratigráfica positiva hacia el sur, manifestada por la localización del *stockwork* en el lado norte de la masa de sulfuros y por la zonificación metálica interna del cuerpo masivo, definida por un enriquecimiento de cobre al norte y zinc al sur y oeste (Webb, 1958). Según este autor, la mineralización masiva estaba formada mayoritariamente por pirita, acompañada de calcopirita, esfalerita, galena, arsenopirita y sulfosales, presentando contenidos medios de 1,25% Cu, 2-3% Zn y 45-48% S. El cuerpo de sulfuros se asocia con pizarras negras famenienses y rocas volcánicas félsicas de composición riolítica (Matos *et al.*, 2006a; Pereira *et al.*, 2018). Las rocas intrusivas básicas de este complejo y los sedimentos del Grupo PQ también afloran en la corta de la mina. El deposito presenta un evidente control estructural, marcado por varios planos de cabalgamiento con componente de cizallamiento izquierdo (Matos *et al.*, 2006a).

Tras la fase inicial de trabajos mineros, marcados por la apertura de pozos y galerías, en 1867 se inició la apertura de la corta, que permitió aumentar el volumen de mineral extraído. Estas excavaciones implicaron la remoción de 3 millones de m3 de roca hasta 1880, lo que obligó a desmantelar la primera aldea minera (Cabral *et al.*, 1899; Custódio, 1996a; Rego, 2004; Matos *et al.*, 2008). Hasta 1966, Mason & Barry benefició unos 25 Mt de mineral, alcanzando una profundidad de 120 m (Mason & Barry, 1962). Las obras subterráneas incluyeron rampas, pozos y galerías, distribuidas en unos 28 pisos mineros y con una extensión longitudinal de hasta 1.080 m (Matos *et al.*, 2006a, 2006b).

Los métodos de explotación subterránea incluían la apertura de cámaras y pilares (Pinedo Vara, 1963), y ocasionalmente, el corte y relleno de galerías. El mineral extraído era transportado por ferrocarril a lo largo del valle del río São Domingos, para su trituración en la planta de Moitinha, lixiviación en las mesetas de Tapadinha y Moitinha

colas Biava em 1854 (Custódio, 1996b, 1999, 2013). No início da exploração da mina de São Domingos, entre 1855 e 1858, os direitos de exploração foram da empresa La Sabina (Cabral et al.*, 1899). Em 1859 esta companhia arrendou os direitos de exploração à empresa inglesa Mason & Barry Limited, a qual viria a ser responsável por todo o projeto moderno de mineração.*

A massa de São Domingos tem uma atitude E-W, subvertical, apresentando uma extensão de 537 m e 45 m de largura, atingindo na parte leste uma possança máxima de 70 m (Webb, 1958; Carvalho, 1971; Oliveira & Matos, 2004; Matos et al.*, 2006a, b). O jazigo evidencia uma polaridade estratigráfica positiva para sul, expressa pela localização do* stockwork *no lado norte da massa de sulfuretos e pelo zonamento metálico interno do corpo maciço, definido por um enriquecimento em cobre a norte e em zinco mais a sul e a oeste (Webb, 1958). Segundo este autor a mineralização maciça era formada maioritariamente por pirite, acompanhada por calcopirite, esfalerite, galena, arsenopirite e sulfossais, apresentando teores médios de 1,25% Cu, 2-3% Zn e 45-48% S. O corpo de sulfuretos está associado a xistos negros de idade Famenniano e rochas vulcânicas félsicas de composição riolótica (Matos* et al.*, 2006a; Pereira* et al.*, 2018). Na corta da mina afloram ainda rochas básicas intrusivas deste Complexo e sedimentos do Gr. Filito-Quartzítico. O controle estrutural do jazigo é acentuado, sendo marcado por vários planos de cavalgamento com componente de cisalhamento esquerdo (Matos* et al.*, 2006a).*

Após a fase inicial de trabalhos mineiros, marcada pela abertura de poços e de galerias, iniciou-se em 1867 a abertura da corta, o que permitiu ampliar o volume de minério extraído. Estas escavações conduziram à remoção de 3 milhões de m3 de rocha até 1880, obrigando ao desmantelamento da primeira aldeia mineira (Cabral et al.*, 1899; Custódio, 1996a; Rego, 2004; Matos* et al.*, 2008). Até 1966 a Mason & Barry viria a explorar cerca de 25 Mt de minério, atingindo a corta 120 m de profundidade (Mason & Barry, 1962). Os trabalhos subterrâneos incluíam rampas, poços e galerias distribuídas em cerca de 28 pisos mineiros com uma extensão longitudinal até 1 080 m (Matos* et al.*, 2006a, 2006b).*

Os métodos de exploração subterrânea incluíam a abertura de câmaras e pilares (Pinedo Vara, 1963), sendo pontualmente utilizados o corte e enchimento de galerias. O minério extraído era transportado por via-férrea ao longo do vale da ribeira de São Domingos, para britagem na central de Moitinha, lixiviação nos planaltos da Tapadinha e

y, tostado y cementación en las fábricas de producción de azufre de Achada do Gamo, ubicadas unos 4 km al sur de la corta (Cabral *et al.*, 1899; Pinedo Vara, 1963; Custódio, 1996a, 1996b; Rego, 2004; Matos *et al.*, 2006a, 2006b, 2012; Custódio, 2013).

El impacto ambiental en la mina São Domingos es muy extenso a lo largo del valle del cauce principal, donde se encuentran lagunas de aguas ácidas, escombreras y planicies dedicadas a la lixiviación de minerales de pirita. El drenaje ácido de la mina asociado al uso de estas prácticas, provocó que una superficie total de 3.200.000 m^2 esté afectada por la actividad extractiva (Álvarez-Valero, 2008; Pérez-López, 2008; Abreu *et al.*, 2010; Mateus *et al.*, 2011; Batista *et al.*, 2012; Matos *et al.*, 2012).

A lo largo de más de un siglo, entre 1857 y 1966, se produjeron en la mina de São Domingos distintos tipos de productos, como azufre nativo, cemento de cobre, pirita lixiviada, pirita tostada y cenizas de pirita, que se exportaban a Inglaterra o eran transportados a fábricas industriales (Silva, 1996; Matos *et al.*, 2006a, 2008). Estos productos salían en su totalidad a través del puerto minero de Pomarão, que sirvió a la mina para este propósito entre 1859 y 1965. A partir de esa fecha, los concentrados de cobre fueron transportados por camión. Los años 50 y 60 del siglo XX estuvieron marcados por la supervivencia de Mason & Barry, con una dificultad creciente en la venta de sus productos. La falta de reservas, la baja ley del mineral y los altos costos de producción de una mina antigua y aislada, llevaron al cierre operacional de São Domingos en 1966. La inundación de la corta se inició en 1965, preparándose la mina para obtener cobre por cementación, sin recurrir a la minería. Para este propósito, se construyeron nuevos tanques de cementación. En este proceso, se utilizó agua ácida bombeada desde la corta, con contenidos de Cu entre 70 y 214 mg/l (Mason & Barry, 1973; Ryall, 1974). Entre 1966 y 1973, se produjeron concentrados con el 62% de Cu (3 toneladas en 1966, 30 toneladas en 1967 y 11,7 toneladas en 1972), usándose en el proceso chatarra procedente del desmantelamiento de la infraestructura minera. En 1972, y espués de 112 años de actividad minera en São Domingos, Mason & Barry se declaró en quiebra. Los derechos sobre bienes muebles e inmuebles se asignaron a la empresa La Sabina, poseedora de una gran propiedad, aproximadamente de 2.200 hectáreas, ubicadas entre São Domingos y Pomarão. En 1984, se revocaron las concesiones mineras de São Domingos 1 y 2, Bicadas y Chança, en poder de La Sabina desde 1858.

de Moitinha e ustulação e cementação nas fáricas de produção de enxofre da Achada do Gamo situadas cerca de 4 km a sul da corta (Cabral et al.*, 1899; Pinedo Vara, 1963; Custódio, 1996a, 1996b; Rego, 2004; Matos* et al.*, 2006a, 2006b, 2012; Custódio, 2013).*

O impacto ambiental na mina de São Domingos é muito amplo ao longo do vale da ribeira principal, onde se localizam lagoas de águas ácidas, escombreiras e planaltos dedicados a lixiviação de minérios de pirite. A drenagem ácida de mina associada ao uso destas práticas conduziu a que uma superfície total de 3 200 000 m^2 de terrenos estejam afetados pela atividade extrativa (Álvarez-Valero, 2008; Pérez-López, 2008; Abreu et al.*, 2010; Mateus* et al.*, 2011; Batista* et al.*, 2012; Matos* et al.*, 2012).*

Ao longo de mais de um século, entre 1857 e 1966, foram produzidos na mina de São Domingos vários tipos de produtos, como exportados para Inglaterra ou transportados para unidades fabris como enxofre nativo, cemento de cobre, pirite lixiviada, pirite ustulada e cinzas de ustulação (Silva, 1996; Matos et al.*, 2006a, 2008). Estes produtos eram integralmente escoados pelo porto mineiro do Pomarão, o qual serviu a mina para este efeito entre 1859 e 1965. A partir desta data o transporte de concentrados de cobre era feito por camião. As décadas de 50 e de 60 do século XX foram marcadas pela sobrevivência da Mason & Barry, com uma dificuldade crescente de venda dos seus produtos. A falta de reservas, os baixos teores do minério e os elevados custos de produção de uma mina antiga e isolada, conduziram ao encerramento operacional de São Domingos em 1966. A inundação da corta teve início em 1965, sendo então a mina preparada para obtenção de cobre por cementação, sem recurso a mineração. Para o efeito foram construídos novos tanques de cementação. Neste processo era usada água ácida bombada da corta, com teores em Cu entre 70 e 214 mg/l (Mason & Barry, 1973; Ryall, 1974). Entre 1966 e 1973 foram produzidos concentrados com 62% Cu (3 t em 1966, 30 t em 1967 e 11,7 t em 1972), usando-se no processo sucata de ferro proveniente do desmantelamento das infraestruturas mineiras. Depois de 112 anos de atividade mineira em São Domingos, foi declarada a falência da Mason & Barry em 1972. Os direitos sobre os bens móveis e imóveis foram então atribuídos à empresa La Sabina, a qual ficaria assim na posse de uma enorme propriedade com cerca de 2 200 hectares, situada entre São Domingos e Pomarão. Em 1984 foram revogadas as concessões mineiras São Domingos 1 e 2, Bicadas e Chança, detidas pela La Sabina desde 1858.*

Figura 16:
Património minero de la mina de São Domingos.
A: corta inundada tras el cese de la actividad en 1966;
B: malacate nº 6 que aseguraba el bombeo de agua desde el piso -150 m;
C: explanada con campo de lixiviación, situado al sur de Moitinha;
D: molinos trituradores de mineral de Moitinha;
E: lago de la Portela de São Bento, con ocupación pervasiva del brezo endémico *Erica andevalensis*;
F: área industrial de Achada do Gamo: lago con aguas extremamente ácidas (pH<1,3) situada junto a las fábricas de azufre nº 1 y nº 2 (no visibles en la foto), construídas en los años 30 del siglo XX.

Figura 16:
Património mineiro da mina de São Domingos.
A: corta inundada após o encerramento da atividade em 1966;
B: malacate nº 6 que assegurava a bombagem de água desde o piso -150 m;
C: planalto com células de lixiviação situado a sul de Moitinha;
D: moinhos britadores de minério de Moitinha;
E: lagoa da Portela de São Bento com ocupação pervasiva da urze endémica Erica andevalensis*;*
F: área industrial da Achada do Gamo: lagoa com águas extremamente ácidas (pH<1,3) situada junto às fábricas de enxofre nº 1 e nº 2 (não visível na foto), construídas ambas na década de 30 do séc. XX.

La **mina Chança (nº 278)** se caracteriza por la presencia de dos *gossan*, ubicados en dos colinas llamadas Cerro das Minas (W) y Cerro do Ouro (E), ambas localizadas en la margen derecha del río Chanza. En la orilla opuesta se encuentra la mina española de Vuelta Falsa (Tremancia), situada en la continuación del primer *gossan* del Cerro das Minas. El yacimiento de Chança se localiza en el sector occidental de una estructura antiforme del CVS con dirección WNW-ESE, ampliamente expuesta en España, a la que están asociadas las mineralizaciones de sulfuros representadas de oeste a este por las minas de Vuelta Falsa, Trimpancho, El Carmen, San Fernando, Los Silos, Romanera, El Cura y Sierrecilla (Saez *et al.*, 1999; Matos & Rosa, 2001; Alvarenga *et al.*, 2002; Locutura, 2011; Donaire *et al.*, 2020). El depósito presenta una orientación WNW-ESE, y buzamiento 45°NE, y está formado por niveles métricos de sulfuros masivos, *stockwork*s y diseminaciones, en los que la pirita es predominante, acompañada ocasionalmente de calcopirita, esfelerita y galena.

*A **mina de Chança (nº 278)** é marcada pela presença de dois chapéus de ferro, localizados nas colinas denominadas Cerro das Minas (W) e Cerro do Ouro (E), ambos localizados na margem direita do rio Chança. Na margem oposta localiza-se a mina espanhola de Termancia, situada na continuidade do primeiro chapéu de ferro do Cerro das Minas. O jazigo de Chança insere-se no setor ocidental de uma estrutura CVS de direção WNW-ESE, amplamente exposta em Espanha, à qual se associam as mineralizações de sulfuretos representadas de oeste para leste por Vuelta Falsa, Trimpancho, El Carmen, San Fernando, Los Silos, Romanera, El Cura e Sierrecilla (Saez* et al.*, 1999; Matos & Rosa, 2001; Alvarenga* et al.*, 2002; Locutura, 2011; Donaire* et al.*, 2020). O jazigo apresenta uma atitude WNW-ESE, 45°NE, sendo formado por níveis métricos de sulfuretos maciços +* stockwork *e disseminações onde a pirite é largamente predominante, sendo acompanhada por rara calcopirite, esfalerite e galena.*

La mineralización está alojada en rocas volcánicas félsicas del CVS, de composición riolítica, con una alteración hidrotermal marcada por clorita, sílice, cuarzo-sericita y sericita. La zonificación hidrotermal aparece bien expuesta en el lecho y los márgenes del río Chanza, siendo también patente en varios sondeos de prospección (Inverno 1976; Carvalho, 1979; Clark, 1984; Earhart *et al.*, 1998; Matos & Rosa, 2001; Matos *et al.*, 2017). Estudios geocronológicos de U/Pb realizados en los sondeos, indican una edad Tournaisiense para las rocas volcánicas félsicas de Chanza: 347,3 ± 6,8 Ma (Solá *et al.*, 2019a), 349 ± 5 Ma y 354 ± 1 Ma (Rosa *et al.*, 2009).

A mineralização encontra-se hospedada em rochas vulcânicas félsicas do CVS, de composição riolítica, com alteração hidrotermal marcada por clorite, sílica, quartzo-sericite e sericite. O zonamento hidrotermal está bem exposto no leito e margens do rio Chança, sendo também patente em várias sondagens de prospeção (Inverno 1976; Carvalho, 1979; Clark, 1984; Earhart et al.*, 1998; Matos & Rosa, 2001; Matos* et al.*, 2017). Estudos de geocronologia U/Pb realizados em sondagens indicam uma idade tournaisiana para as rochas vulcânicas félsicas de Chança: 347,3 ± 6,8 Ma (Solá* et al.*, 2019a), 349 ± 5 Ma e 354 ± 1 Ma (Rosa* et al.*, 2009).*

La antigua concesión minera de Chanza (registro 117 del 20-01-1877, García, 1946) se encuentra en la parroquia de Corte do Pinto, ubicada a unos 5 km al NE de la mina São Domingos y al lado del río del mismo nombre que dibuja en esta región la frontera entre España-Portugal. La actividad extractiva se dedicó al cobre, con la explotación de óxidos y sulfuros a través de pozos y galerías. La minería tuvo lugar en la época romana y entre el último cuarto del siglo XIX y principios del siglo XX, caracterizándose por la apertura de pozos y galerías (Matos & Rosa, 2001).

A antiga concessão mineira de Chança (nº 117 de 20-01-1877, Garcia, 1946) situa-se na freguesia de Corte do Pinto, localizando-se cerca de 5 km a NE da mina de S. Domingos e junto ao rio de igual nome que estabelece nesta região a fronteira de Espanha-Portugal. A atividade extrativa foi dedicada ao cobre, através da exploração de óxidos e sulfuretos, por meio de poços e galerias. A mineração decorreu na época romana e entre o quarto quartel do séc. XIX e princípios do séc. XX, sendo caracterizada pela abertura de poços e galerias (Matos & Rosa, 2001).

El sector de Chanza fue investigado por el Servicio de Fomento Mineiro (SFM) y por compañías mineras como Amax, AGC Minas de Portugal, Atlantic Copper/Rio Tinto, Billiton, Conasa, Mason & Barry y Mining Exploration International (MEI) (Inverno, 1976; Clark, 1984; Palomero, 1999; Matos & Rosa, 2001; Caessa & Ribeiro, 2007). En estas campañas, se llevaron a cabo levantamientos geológicos y gravimétricos, magnetometría, polarización inducida, VLF y Crone Deepem. En el flanco N de la estructura antiforme del CVS y en su extensión a NW y W, se llevaron a cabo sondeos,

O sector de Chança foi investigado para sulfuretos pelo SFM e por companhias mineiras como Amax, AGC Minas de Portugal, Atlantic Copper/Rio Tinto, Billiton, Conasa, Mason & Barry e Mining Exploration International (MEI) (Inverno, 1976; Clark, 1984; Palomero, 1999; Matos & Rosa, 2001; Caessa & Ribeiro, 2007). Nestas campanhas foram efetuados levantamentos de geologia e de gravimetria, magnetometria, polarização induzida, VLF e Crone Deepem. No flanco N da estrutura CVS em antiforma, e no seu prolongamento para NW e W, foram realizadas sondagens, tendo

habiéndo sido intersectados mineralizaciones diseminadas y de tipo *stockwork* asociadas con riolitas.

La **mina de Montinho (nº 134)** se encuentra cerca de Panoias, en el sector NW del antiforme del CVS de Rosário. La actividad minera moderna comenzó en 1885 y continuó irregularmente hasta la solicitud de suspensión minera en 1934. En 1937, los derechos de explotación se transfierieron a la empresa SAPEC, y posteriormente, en 1938, a la Société Belgé des Mines d'Aljustrel. Debido a la insostenibilidad económica, en 1944, se produjo una nueva solicitud de suspensión minera. (Fig. 17).

A principios de los años 50, se realizaron calicatas en las antiguas labores mineras que permitieron la identificación de 3 niveles de sulfuros con espesores de 4,5 m, 0,9 m y 2,5 m (Mines D'Aljustrel, 1950). Posteriormente, y hasta 1955, se realizaron 3 sondeos que confirmaron la presencia de una estructura mineralizada con una orientación NNW-SSE a N-S y una inclinación próxima a 60°ENE, asociada con las pizarras negras del CVS. El tamaño del depósito se estima en alrededor de 300.000 t (Desneulin, 1986), y está formada por pequeñas lentículas de pirita masiva y semi-masiva, con una potencia de hasta 18 m, y asociada con calcopirita, esfalerita, galena y arsenopirita (Mines D 'Aljustrel, 1950; Desneulin, 1986; Fuente, 1993; Matos & Rosa, 2001; Mora, 2002). Además de la mineralización principal, diagenética y dominada por la pirita, en Montinho también hay vetas de sulfuros en las venas y filoncillos subconcordantes con el clivaje S1 con pirita ± calcopirita + cuarzo + carbonato ± clorita (Sousa, 2011). Se explotó mediante minería subterránea, con pozos y galerías, siendo la producción de concentrados de pirita muy baja: 258 t en 1954 y 1.634 t en 1955. Debido a la falta de reservas y bajas concentraciones, Mines D'Aljustrel suspendió las labores en la década de los 50.

sido intersectadas mineralizações disseminadas e de tipo stockwork *associadas a riólitos.*

*A **mina do Montinho (nº 134)** localiza-se próximo de Panoias, enquadrando-se no setor NW da antiforma CVS do Rosário. A atividade mineira moderna iniciou-se em 1885 tendo a atividade extrativa decorrido de forma irregular até ao pedido de suspensão de lavra em 1934. Em 1937, os direitos de exploração foram transmitidos para a empresa SAPEC, sendo transferidos em 1938 para a Société Belgé des Mines d'Aljustrel. Por insustentabilidade económica ocorreu novo pedido de suspensão de lavra em 1944 (Fig. 17)*

No início da década de 50 foram efetuadas sanjas de prospeção sobre os antigos trabalhos mineiros que permitiram a identificação de 3 níveis de sulfuretos com espessuras de 4,5 m, 0,9 m e 2,5 m (Mines D'Aljustrel, 1950). Posteriormente, até 1955, foram realizadas 3 sondagens que confirmaram a presença de uma estrutura mineralizada com direção NNW-SSE a N-S e inclinação próxima de 60°ENE, associada a xistos negros do CVS. A dimensão do jazigo está avaliada em cerca de 300 000 t (Desneulin, 1986) sendo a mineralização associada a xistos negros e formada por pequenas lentículas de pirite maciça e semi-maciça, com possança até 18 m, com rara calcopirite, esfalerite, galena e arsenopirite associadas (Mines D' Aljustrel, 1950; Desneulin, 1986; Fuente, 1993; Matos & Rosa, 2001; Mora, 2002). Além da mineralização principal, diagenética e amplamente dominada por pirite, em Montinho ocorrem também veios de sulfuretos em veios e filonetes subconcordantes com a clivagem S1 com pirite ± calcopirite + quartzo + carbonato ± clorite (Sousa, 2011). O tipo de exploração foi subterrâneo tendo sido efetuados poços e galerias, sendo a produção mineira de concentrado de pirite muito baixa: 258 t em 1954 e 1 634 t em 1955. Por motivos de falta de reservas e baixos teores a lavra mineira terá sido suspensa pela Mines D'Aljustrel ainda na década de 50.

Figura 17: Mina de Montinho: A: antiguo polvorín junto a la galería excavada en las pizarras negras del CVS; B: bloque de la montera de *gossan*.

Figura 17: *Mina do Montinho: A: antigo paiol junto a galeria escavada em xistos negros do CVS; B: bloco de chapéu de ferro silicioso.*

El yacimiento de Montinho forma parte de una importante lineación del CVS/PQ en la FPI, que se extiende de NW a SE entre las minas de Caveira, Lousal y Neves-Corvo. En este contexto regional, la unidad basal de pizarras negras con pirita diseminada de Montinho, de edad Estruniense (Zélia Pereira, com. escrita; Matos *et al.*, 2011c), puede correlacionarse con formaciones sedimentarias de edad similar, también caracterizadas por ambientes reductores, definidas al NW en Lousal y Caveira (Fm. Lousal-Caveira, Matos *et al.*, 2014) y al SE en la región de Neves-Corvo (Fm. Xistos das Neves, Oliveira *et al.*, 2004, 2013b, 2016, 2019).

1.2.3. Yacimientos en fase de prospección

El **yacimiento de Gavião (nº 120)** está ubicado al oeste de Aljustrel, en el bloque NW de la Falla Messejana, encuadrado en un marco geológico caracterizado por un hundimiento del zócalo paleozoico superior a 50 m, con el consiguiente relleno por sedimentos cenozoicos de la Cuenca de Alvalade/Sado (Schermerhorn & Stanton, 1969; Soc. Mineira Santiago, 1970, 1971, 1973; Andrade & Schermerhorn, 1971; Barriga, 1983; Schermerhorn *et al.*, 1983). Con aproximadamente 30 Mt, este depósito está formado por dos masas de sulfuros (SW y NE), ambas asociadas con rocas volcánicas de la unidad *Tufo da Mina*, dispuestas en la continuación de la estructura de Aljustrel donde se encuentran los depósitos de São João, Moinho y Algares (Andrade & Schermerhorn, 1971; Schermerhorn, 1971; Schermerhorn *et al.*, 1987; Relvas, 1991; Relvas *et al.*, 2011). La masa NE tiene unos contenidos medios de 0,5% Cu, 2,3% Zn, 0,7% Pb, 0,6 mg por kg-1 Au, 18,8 mg kg-1 Ag, mientras que el cuerpo SW muestra valores 1,5% Cu, 4,0% Zn, 1,6% Pb, 0,9 mg kg-1 Au, 48,3 mg kg-1 Ag (Relvas *et al.*, 2011)

Actualmente, el consorcio EDM-Almina, posee la concesión de explotación experimental sobre el yacimiento de Gavião, Fig. 18.

O jazigo de Montinho insere-se num eixo CVS/PQ importante da Faixa Piritosa, que se estende de NW para SE entre as minas de Caveira, Lousal e Neves-Corvo. Neste contexto regional, a unidade basal de xistos negros com pirite disseminada de Montinho, datada do Estruniano (Zélia Pereira, com. escrita; Matos et al.*, 2011c), pode ser correlacionada com formações sedimentares de idade semelhante, marcadas igualmente por ambientes redutores, definidas a NW em Lousal e Caveira (Fm. Lousal-Caveira, Matos* et al.*, 2014) e a SE na região de Neves-Corvo (Fm. Xistos das Neves, Oliveira* et al.*, 2004, 2013b, 2016, 2019).*

1.2.3. Jazigos em fase de prospeção

*O **jazigo de Gavião (nº 120)** está localizado a oeste de Aljustrel no bloco NW da Falha de Messejana, insere-se num enquadramento geológico caracterizado por um abatimento do soco paleozoico superior a 50 m e consequente preenchimento por sedimentos cenozoicos da Bacia de Alvalade/Sado (Schermerhorn & Stanton, 1969; Soc. Mineira Santiago, 1970, 1971, 1973; Andrade & Schermerhorn, 1971; Barriga, 1983; Schermerhorn* et al.*, 1983). Com cerca de 30 Mt este jazigo é formado por duas massas de sulfuretos (SW e NE) ambas associadas a rochas vulcânicas da unidade Tufo da Mina, dispostas na continuidade da estrutura de Aljustrel onde se encontram os jazigos de São João, Moinho e Algares (Andrade & Schermerhorn, 1971; Schermerhorn, 1971; Schermerhorn* et al.*, 1987; Relvas, 1991; Relvas* et al.*, 2011). A massa NE apresenta teores médios de 0,5% Cu, 2,3% Zn, 0,7% Pb, 0,6 mg kg-1 Au, 18,8 mg kg-1 Ag, enquanto que o corpo SW mostra valores 1,5% Cu, 4,0% Zn, 1,6% Pb, 0,9 mg kg-1 Au, 48,3 mg kg-1 Ag de Relvas* et al. *(2011).*

Atualmente o depósito de Gavião está abrangido por uma concessão de exploração experimental atribuída ao consórcio EDM-Almina, Fig. 18.

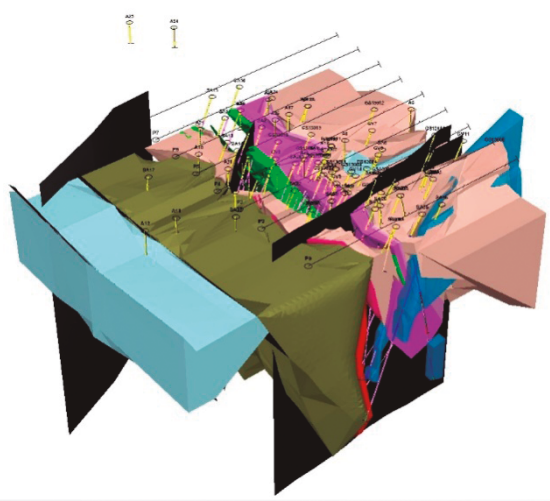


Figura 18:
Modelo tridimensional del yacimiento de Gavião. CVS: rojo: sulfuros masivos; purpura: rocas volcánicas ácidas; verde oscuro: pizarras negras y grises (Fm. Gavião); rosa claro: pizarras siliceas, jaspes y cherts (Fm. Paraiso). Flysch: azul claro: turbiditas de la Fm. Mértola; azul oscuro: doleritas de Messejana; planos negros: fallas de desgarre (EDM, 2020).

Figura 18:
Modelo tridimensional do jazigo do Gavião. CVS: vermelho: sulfuretos maciços; rosa vivo: rochas vulcânicas félsicas; verde escuro: xistos cinzento escuros a negros (Fm. Gavião); rosa claro: xistos siliciosos, jaspes e chertes (Fm. Paraiso); Flysch: azul claro: sedimentos turbidíticos (Fm. Mértola); Azul escuro: Dolerito da Messejana; planos a negro: Falhas desligamento (EDM, 2020).

El descubrimiento, en 1992, del yacimiento de sulfuros masivos de **Lagoa Salgada (nº 16)**, ubicado a unos 12 km al ESE de Grândola, surge como el resultado más importante de una campaña de prospección regional desarrollada en la región NW de la FPI por el Serviço de Fomento Mineiro (SFM) en los años 80 y 90 (Oliveira *et al.*, 1993, 1998a, 1998b, 2001; Matos *et al.*, 1998, 2000; De Oliveira *et al.*, 2011). En un contexto complejo para la exploración mineral, debido al recubrimiento del zoco paleozoico por sedimentos cenozoicos en la Cuenca de Bajo Tajo-Alvalade (Carvalho, 1982; Oliveira *et al.*, 1993), el depósito se descubrió mediante la aplicación de técnicas geofísicas (gravimetría, magnetometría, métodos eléctricos, sísmica de reflexión y magneto-telúrica) y geología (cartografía y sondeos). El sondeo LS4 permitió reconocer, a los 128 m de profundidad, la montera de oxidación de la masa SW de Lagoa Salgada y a continuación, reconocer la zona de enriquecimiento supergénico y la mineralización de sulfuros masivos y en *stockwork* (Oliveira *et al.*, 1993, 1998a; Matos *et al.*, 1998, 2000, 2017). En 1993, el SFM fue integrado en el Instituto Geológico e Mineiro (IGM) sin interrumpir las actividades de investigación. Posteriormente, el área fue investigada por las empresas Soc. Mineira Rio Artézia, Emp. de Desenvolvimento Mineiro (EDM), Redcorp, Portex y por el actual concesionario Redcorp-Ascendant-EDM. Tras los trabajos de investigación, se descubrió la masa NE en 2011 (Barros & Alverca, 2011; Matos, 2011) y la masa Sur (Mitchell & Vaillancourt, 2017; Daigle, 2018; Murahwi & Gowans, 2019).

El descubrimiento de Lagoa Salgada en un contexto geológico condicionado por la cobertura del zócalo Varisco por sedimentos cenozoicos, fue un hito importante en la prospección de la FPI. Indirectamente, este proyecto contribuyó al éxito de otros que también se desarrollaron en áreas con sedimentos cenozoicos, como el que llevó al descubrimiento del depósito de Las Cruces en 1994 (Castelo Branco, 1996; Doyle, 1996). Las mineralizaciones de sulfuros de Lagoa Salgada, están asociadas con dos unidades volcánicas con texturas granofíricas, una con fenocristales de feldespato y cuarzo, y la otra de cuarzo, de edad Tournaisiense (Matos *et al.*, 2000, 2017; Barrie *et al.*, 2002; De Oliveira *et al.* 2011). A techo de la secuencia aparecen cherts y jaspes.

Tras el descubrimiento de la masa Sur en 2017, el yacimiento de Lagoa Salgada consta de 3 cuerpos de sulfuros, con unos recursos inferidos de 12,8 Mt (Daigle, 2018; Global Banking Finance, 2019; Globe News Wire, 2019; Murahwi, 2019; Murahwi & Gowans, 2019; Ascendant, 2020), Fig. 19, Tabla 6.

*A descoberta da jazida de sulfuretos maciços de **Lagoa Salgada (nº16)** em 1992, localizada cerca de 12 km a ESE de Grândola, surge como o resultado mais importante de uma campanha de prospeção regional desenvolvida na região NW da FPI pelo ex. Serviço de Fomento Mineiro (SFM) nas décadas de 80 e 90 (Oliveira* et al.*, 1993, 1998a, 1998b, 2001; Matos* et al.*, 1998, 2000; De Oliveira* et al.*, 2011). Num contexto de elevado risco para a prospeção mineral, devido ao encobrimento do soco paleozoico por sedimentos cenozoicos da Bacia de Baixo Tejo-Alvalade (Carvalho, 1982; Oliveira* et al.*, 1993), a jazida viria a ser descoberta pela aplicação de técnicas de geofísica (gravimetria, magnetometria, métodos elétricos, sísmica de reflexão e magneto-telúrico) e de geologia (cartografia e sondagens). O furo LS4 permitiu reconhecer aos 128 m de profundidade, o chapéu de ferro da massa SW de Lagoa Salgada e, em continuidade, reconhecer a zona de enriquecimento supergénico e as mineralizações de sulfuretos maciços e em* stockwork *(Oliveira* et al.*, 1993, 1998a; Matos* et al.*, 1998, 2000, 2017). Em 1993 o SFM foi inserido no Instituto Geológico e Mineiro (IGM) sem interrupção das atividades de investigação. Posteriormente a área foi investigada pelas empresas Soc. Mineira Rio Artézia, Emp. de Desenvolvimento Mineiro (EDM), Redcorp, Portex e atual concessionário Redcorp-Ascendant-EDM. Na sequência destes trabalhos viriam a ser descobertas a massa NE em 2011 (Barros & Alverca, 2011; Matos, 2011) e a massa Sul (Mitchell & Vaillancourt, 2017; Daigle, 2018; Murahwi & Gowans, 2019).*

A descoberta de Lagoa Salgada num contexto geológico condicionado pela cobertura do soco Varisco por sedimentos cenozoicos foi um marco importante na prospeção da FPI. Indiretamente, este projeto contribuiu para o sucesso de outros também desenvolvidos em áreas com sedimentos cenozoicos, como o que levou à descoberta do jazigo de Las Cruces em 1994 (Castelo Branco, 1996; Doyle, 1996). As mineralizações de sulfuretos de Lagoa Salgada estão associadas a duas unidades vulcânicas, uma feldspato-quartzofírica e a outra quartzofírica, de idade Tournaisiano (Matos et al.*, 2000, 2017; Barrie* et al.*, 2002; De Oliveira* et al.*, 2011). No topo da sequência ocorrem chertes e jaspes.*

Após a descoberta da massa Sul em 2017 a jazida de Lagoa Salgada encontra-se representada por 3 corpos de sulfuretos sendo considerados recursos inferidos de 12,8 Mt (Daigle, 2018, Global Banking Finance, 2019; Globe News Wire, 2019; Murahwi, 2019; Murahwi & Gowans, 2019; Ascendant, 2020). Fig. 19, Tabela 6.

Tabla 6: Recursos totales de Lagoa Salgada (Globe News Wire, 2019; Murahwi, 2019; Ascendant, 2020).
Tabela 6: *Recursos totais de Lagoa Salgada (Globe News Wire, 2019; Murahwi, 2019; Ascendant, 2020.*

Recursos	Mt	Zn-Eq%	Cu%	Zn%	Pb%	Sn%	Au mg kg^{-1}	Ag mg kg^{-1}
Medidos	1,761	11,02	0,38	3,09	3,19	0,15	0,84	62,41
Indicados	6,082	7,61	0,50	2,09	1,84	0,09	0,40	48,61
Med.+Ind.	7,843	8,38	0,47	2,31	2,15	0,10	0,50	51,71
Inferidos	12,823	6,37	0,36	1,68	1,63	0,04	0,61	38,62

Cut-off: Zn-Eq ≥3,00%. Zn-Eq=Zn%+2,652*Cu%+0,913*Pb%+ 1,585*Au mg kg-1+0,025*Ag mg kg-1+ 7,565*Sn%. Densidades (g cm^{-3}): *Gossan* 3,11; sulfuros masivos 4,85; *stockwork*/venas 2,91.

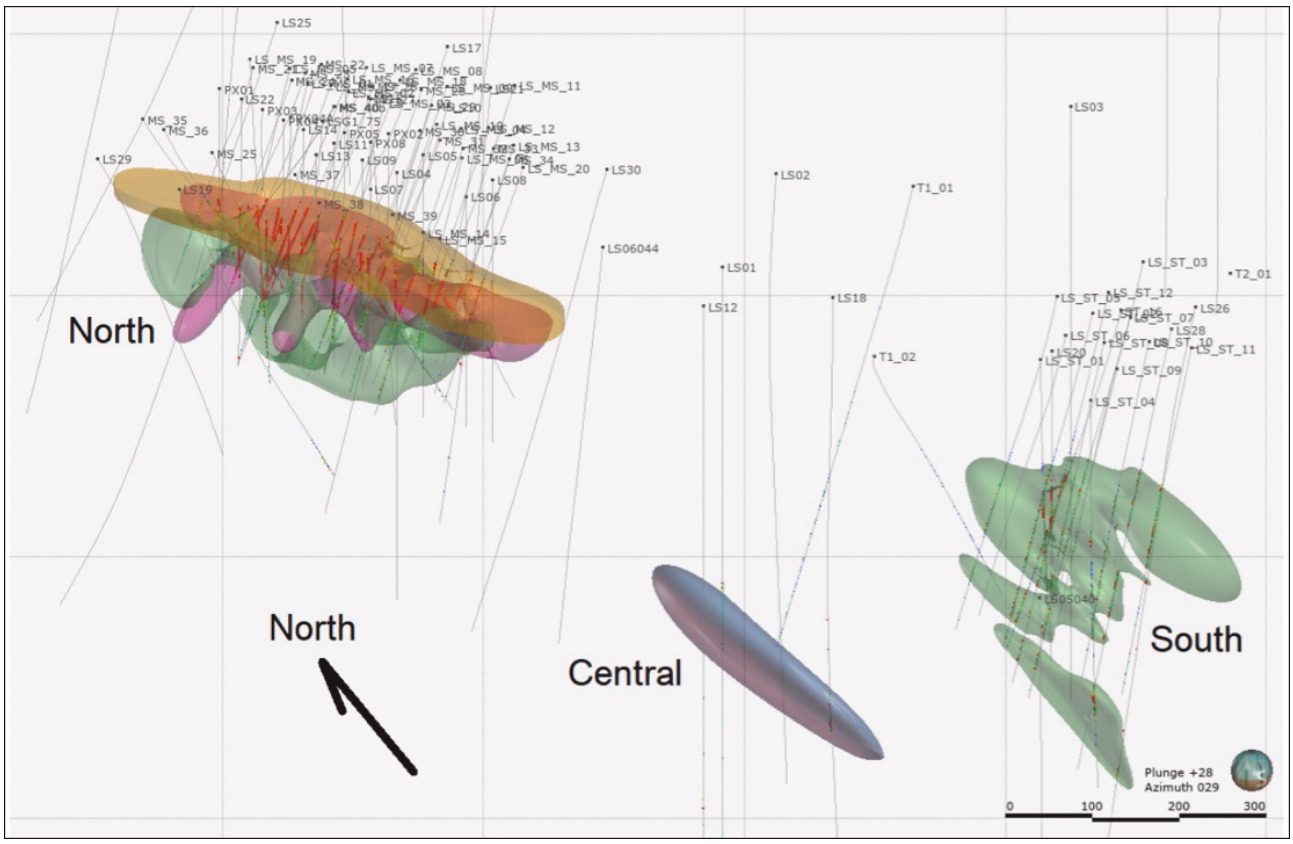


Figura 19: Esquema tridimensional de las mineralizaciones de Lagoa Salgada (Ascendant/Micon in Murahwi & Gowans, 2019). Marrón claro: *gossan*; morado: sulfuros masivos; verde y gris: venas y *stockwork*.

Figura 19: *Esquema tridimensional das mineralizações de Lagoa Salgada, (Ascendant/Micon in Murahwi & Gowans, 2019). Castanho: chapéu de ferro; púrpura: sulfuretos maciços; verde: veios e* stockwork*; cinza: veios e* stockwork.

El yacimiento de **Sesmarias (nº 48)** fue descubierto en 2014 por el consorcio Avrupa/Maepa en una zona de la FPI ubicada en una alineación del Complejo Vulcano-Sedimentario entre los yacimientos de Lousal y Montinho, en el sector sur de la Cuenca Cenozoica de Alvalade (Kuhn, 2017; Coder & Kuhn, 2020). En esta región, el zoco paleozoico está recubierto principalmente por sedimentos cenozoicos, de espesor variable, de hasta varios cientos de metros (Schermerhorn *et al.*, 1987; Oliveira *et al.*, 1988). El depósito se descubrió mediante sondeos, planificados a partir del análisis geológico-estructural, la nueva testificación de sondeos antiguos, estudios de geoquímica en suelos y rocas y, la reinterpretación de datos geofísicos.

*A jazida de **Sesmarias (nº 48)** foi descoberta em 2014 pelo consórcio Avrupa/Maepa numa área da FPI situada num alinhamento do Complexo Vulcano-Sedimentar, localizado entre Lousal e Montinho, no setor sul da Bacia Cenozoica de Alvalade (Kuhn, 2017; Coder & Kuhn, 2020). Nesta região o soco paleozoico encontra-se maioritariamente coberto por sedimentos cenozoicos, de espessura variável, até várias centenas de metros (Schermerhorn* et al.*, 1987; Oliveira* et al.*, 1988). A jazida foi descoberta por sondagens, planeadas a partir de análise geológico-estrutural, relog de sondagens antigas, estudos de geoquímica de solos e de rochas e reinterpretação de dados geofísicos.*

Hasta el momento, las campañas de perforación han revelado cuatro masas de sulfuros denomindas números 2, 8, 26 y 10, siendo esta última la de mayor dimensión (> 2,2 Mt, 600 m de largo, 400 m de ancho y potencia de hasta 25 m). El lentejón nº 2 aparece intercalado entre pizarras negras, los cuerpos nºs 8 y 26 se presentan entre rocas volcánicas básicas de tipo lava y la masa nº 10 aparece a techo de las pizarras negras y a muro de las lavas básicas (Fig. 20, Tabla 7). Todos los cuerpos se caracterizan por la presencia de *stockworks* a muro.

As campanhas de sondagem revelaram até agora quatro lentículas de sulfuretos denominadas por nº 2, 8, 26 e 10, sendo esta última a de maior dimensão (>2,2 Mt, 600 m de comprimento, 400 m de largura e espessura até 25 m). A lentícula 2 ocorre intercalada entre xistos negros, os corpos 8 e 26 surgem entre rochas vulcânicas básicas de tipo lávico e a massa 10 surge a topo de xistos negros e a muro de lavas básicas (ver corte longitudinal N-S, AVRUPA, Fig. 20, Tabela 7). Todos os corpos são marcados pela presença de stockworks *a muro dos mesmos.*

Figura 20: Corte longitudinal sobre la estructura de Sesmarias (Avrupa, 2020).

Figura 20: *Corte longitudinal sobre a estrutura de Sesmarias (Avrupa, 2020).*

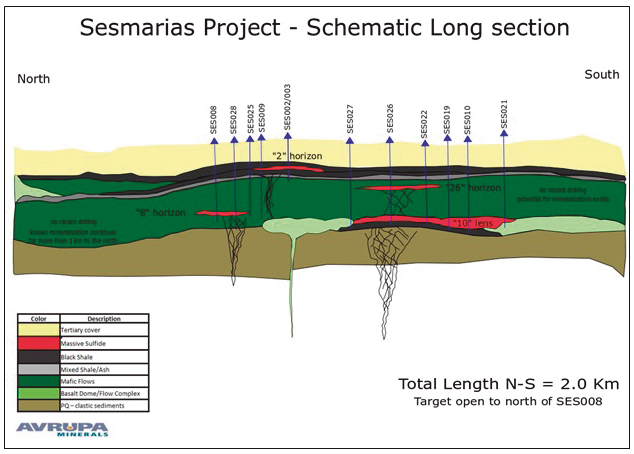


Tabla 7: Mejores resultados obtenidos en los sondeos sobre la estructura de Sesmarias (Avrupa, 2020).
Tabela 7: *Melhores resultados obtidos em sondagem sobre a estrutura de Sesmarias (Avrupa, 2020).*

Lentejón / *Lentícula*	Sondeo / *Sondagem*	Resultados obtenidos / *Resultados obtidos*
Lentejón 2 / *Lentícula 2*	SES002 (10,85 m)	1.81% Cu; 75,27 mg kg^{-1} Ag; 2,57% Pb; 4.38% Zn; 0,13% Sn
	SES006 (1,5 m)	1,66% Cu; 54 mg kg^{-1} Ag; 2,30% Pb; 3,66% Zn; 0,091% Sn
Lentejón 8 / *Lentícula 8*	SES008 (5,0 m)	0,64% Cu; 36,8 mg kg^{-1} Ag; 0,94% Pb; 1,54% Zn
Lentejón 10 / *Lentícula 10*	SES010 (57,85 m)	0,45 mg kg^{-1} Au; 25,1 mg kg^{-1} Ag; 0,32% Cu; 0,61% Pb; 1,95% Zn
	SES019 (51,70 m)	0,40 mg kg^{-1} Au; 17,35 mg kg^{-1} Ag; 0,44% Cu; 0,75% Pb; 2,71% Zn
	SES022 (52,10 m)	0,62 mg kg^{-1} Au; 17,31 mg kg^{-1} Ag; 0,43% Cu; 0,49% Pb; 0,98% Zn

Actualmente, la prospección continúa en el yacimiento de Sesmarias, bajo el contrato de investigación de Alvalade y a cargo del consorcio Avrupa/Matsa.

Atualmente a prospeção prossegue no jazigo Sesmarias, no âmbito do contrato de pesquisa de Alvalade, a cargo do consórcio Avrupa/Matsa.

El depósito de **Salgadinho (nº 50)** es la principal mineralización de sulfuros identificada en el sector de Cercal-Odemira. Después de una fase inicial de prospección (1942-1959), centrada esencialmente en los filones de Fe-Mn que cortan la estructura del anticlinal de Cercal-Odemira, el antiguo Serviço de Fomento Mineiro promovió un nuevo programa destinado a prospectar depósitos de sulfuros masivos (1970-1981, Carvalho, 1976). Se elaboró un estudio geológico, geofísico y geoquímico y una campaña de prospección mediante sondeos, concentrados en una zona al sureste del pueblo de Cercal. En 1974, el SFM corta uno

*O depósito do **Salgadinho (nº 50)** constitui a principal mineralização de sulfuretos identificada no sector Cercal-Odemira. Após uma fase inicial de prospeção (1942-1959), essencialmente voltada para os filões de Fe-Mn que cortam a estrutura do anticlinal Cercal-Odemira, o antigo Serviço de Fomento Mineiro promoveu um novo programa voltado para a prospeção de jazigos de sulfuretos maciços (1970-1981, Carvalho, 1976). Foi assim elaborado um estudo geológico, geofísico e geoquímico e um programa associado de sondagens de prospeção concentrado essencialmente numa zona alvo a sudeste da vila de Cercal. Em 1974, o Serviço de*

de los objetivos identificados por una anomalía gravimétrica y geoquímica asociada a Cu-Zn, culminando el descubrimiento del depósito de Salgadinho, en las proximidades de un antiguo molino y vértice geodésico con el mismo nombre (Carvalho, 1976), (Fig. 21).

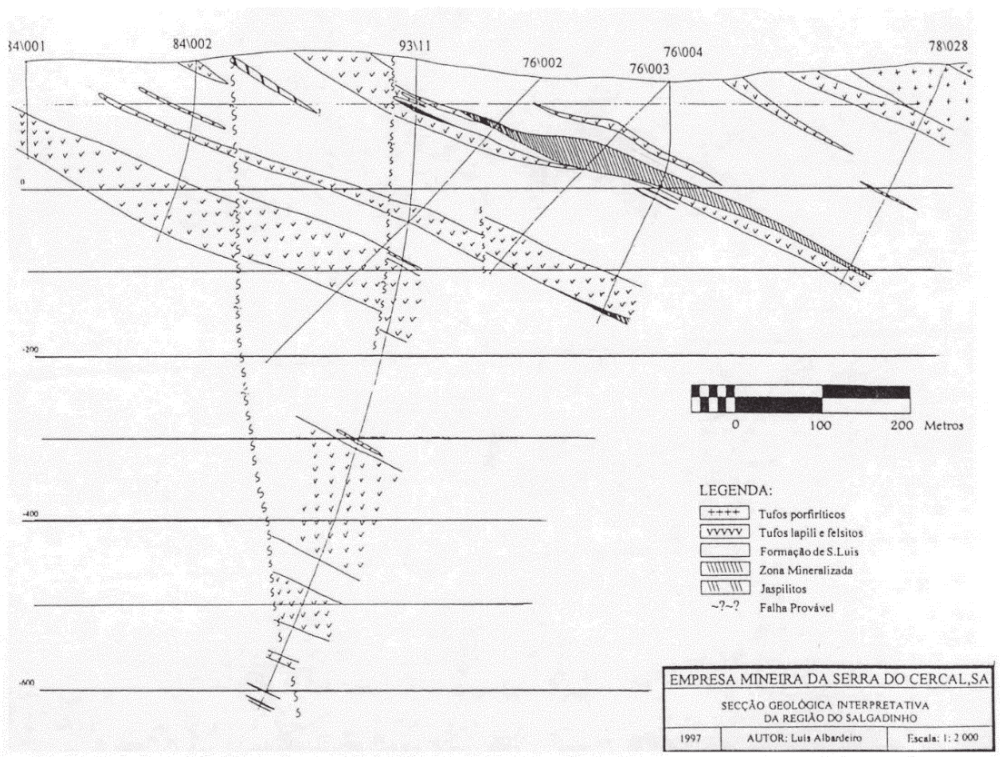
Tras este descubrimiento, el SFM realizó varios sondeos en el área, delimitando la presencia de sulfuros en unos pocos cientos de metros a lo largo de la orientación NW-SE definida por la geología regional. El sondeo que permitó el descubrimiento (SL-01) interceptó mineralización diseminada de Cu-Ag-Au a una profundidad aproximada de 60-90 metros, siendo clasificada como una mineralización de tipo *stockwork*. Este hallazgo condujo a que en las décadas siguientes, la región de Cercal haya sido recurrentemente seleccionada para proyectos de prospección, con el fin de investigar depósitos de sulfuros masivos. Así ocurrió con las compañías Elf Aquitaine (1981-1986), Rio Tinto Zinc (1991-1992 y 1997-1998), Empresa Mineira da Serra do Cercal (EMSC, 1991-1999), Northern Lion (2006-2009) y Colt Ressources (2013-2015). La investigación realizada en el área de Salgadinho y en su contexto regional incluyó cartografía geológica de detalle, levantamientos gravimétricos, levantamientos aerotransportados de magnetometría y electro-magnetometría, litogeoquímica y cerca de 13.700 m de sondeos mecánicos (1974-2008) que probaron la mineralización de Salgadinho, pero no localizaron sulfuros masivos.

Fomento Mineiro testa um dos alvos identificados por uma anomalia gravimétrica e anomalia geoquímica Cu-Zn associa, culminando com a descoberta do jazigo do Salgadinho, nas proximidades do antigo moinho e marco geodésico com o mesmo nome. (Carvalho, 1976), (Fig. 21).

Após esta descoberta, o Serviço de Fomento Mineiro realizou várias sondagens na zona, delimitando a ocorrência de sulfuretos por algumas centenas de metros ao longo da direção NW-SE definida pela geologia regional. A sondagem que permitiu a descoberta (SL-01) intercetou a mineralização disseminada de Cu-Ag-Au a cerca de 60 a 90 m de profundidade, tendo sido classificada como uma mineralização do tipo stockwork. *Esta descoberta levou que nas décadas seguintes, a região do Cercal tenha sido recorrentemente selecionada para projetos de prospeção com vista a pesquisar depósitos de sulfuretos maciços. Tal aconteceu com a Elf Aquitaine (1981-1986), a Rio Tinto Zinc (1991-1992 e 1997-1998), a Empresa Mineira da Serra do Cercal (EMSC, 1991-1999), a Northern Lion (2006-2009) e a Colt Ressources (2013-2015). A prospeção realizada na zona do Salgadinho e no seu enquadramento regional incluiu cartografia geológica detalhada, levantamentos de gravimetria, levantamentos aerotransportados de magnetometria e eletro-magnatometria, lithogeoquímica e cerca de 13 700 metros de sondagens mecânicas (1974-2008) que comprovaram a mineralização do Salgadinho, mas não identificaram sulfuretos maciços.*

Figura 21: Sección geológica interpretativa del yacimiento de Salgadinho (Emp. Min. Cercal, 1997.

Figura 21: *Secção geológica interpretativa do jazigo do Salgadinho (Emp. Min. Cercal, 1997).*



En el lado este del anticlinal de Cercal-Odemira, afloran varias unidades volcánicas (Secuencia Vulcánica Félsica Superior, facies distal o Secuencia Vulcánica do Castelo, Cinits & Albardeiro, EMSC, 1995; Albardeiro, EMSC, 1999) intercaladas en sedimentos de la Formación de S. Luis. Una de esas unidades, constituida por tobas porfídicas, con cristales de cuarzo, con alteración sericítica de moderada a intensa, incluía una mineralización *stratabound*, confinada estratigráficamente en la unidad de tobas. Estaba constituida por venas milimétricas a centimétricas de cuarzo, con vénulas y diseminaciones irregulares de pirita, con calcopirita, esfalerita y la presencia ocasional de galena. El oro parece estar relacionado, aunque no siempre, con el cuarzo (Faria, F., Northern Lion, 2008). Los diferentes sondeos, realizados por las distintas empresas antes mencionadas, interceptaron la mineralización a diferentes profundidades y con diferentes resultados en lo referente a los elementos metálicos base y preciosos. La mineralización diseminada se delimitó en un área de aproximadamente 1,3 km de largo y 650 m de ancho (Faria, F., Colt Ressources, 2013) con un espesor máximo del orden de 30 m (Tabla 8).

Las primeras estimaciones del SFM indicaron 1-7% Cu, 0,6-16 mg kg-1 Au y 0,6-81 mg kg-1 Ag correspondientes a unos recursos de 1,28 Mt con 0,90% Cu, 0,73 mg kg-1 Au y 9,48 mg kg-1 Ag (Parra, SFM, 1983); la Empresa Mineira do Cercal estimó 2 Mt con 0,54% Cu y una cantidad indeterminada de Au. Todas las compañías, coinciden en que los mejores resultados en Cu se refieren al 2-10% Cu, en un tramo de 0,22 a 1,25 metros de espesor, aproximadamente 1% Cu en un tramo de 2 metros de espesor y un máximo de 22 mg kg-1 Au en muestras individuales en tramos de aproximadamente 1 metro de espesor (Cinits & Albardeiro, EMSC, 1995; Faria, F., Northern Lion, 2008; Faria, F., Colt Ressources, 2013).

Un aspecto metalogenético interesante es la no coincidencia de secciones mineralizadas con buenos niveles de Cu y Au simultáneamente (Faria, F., Colt Ressources, 2013).

El potencial para nuevos descubrimientos de yacimientos, en particular en la región de Salgadinho y, en general, en todo el anticlinal de Cercal-Odemira, continúa despertando interés en nuevos proyectos de prospección.

Finalmente, en algunos sectores de la región NW de la Faja Pirítica Ibérica, se han identificado varias estructuras mineralizadas de tipo *stockwork*, que constituyen excelentes indicios para la prospección (Matos & Filipe Eds., LNEG 2013; Matos *et al.*, 2018). Ejemplos de este tipo de estructuras son el *stockwork* intersectado entre las minas de Lousal y Caveira en sedimentos del CVS y del Grupo PQ en Monte da Bela Vista (Kuhn, 2017). Al norte de la falla de Grândola, en las proximi-

Na zona leste do anticlinal de Cercal-Odemira afloram várias unidades vulcânicas (Sequência Vulcânica Félsica Superior, fácies distal ou Sequência Vulcânica do Castelo (Cinits & Albardeiro, EMSC, 1995; Albardeiro, EMSC, 1999) intercaladas em sedimentos da Formação de S. Luis. Uma dessas unidades, constituída por tufos quartz-eye, com alteração sericitica moderada a intensa, incluia uma mineralização do tipo stratabound*, confinada estratigraficamente à unidade de tufos. Era constituída por veios milimétricos a centimétricos de quartzo, com vénulas e disseminações irregulares de pirite, com calcopirite, esfalerite e presença ocasional de galena. O Au aparenta estar relacionado, mas nem sempre, com o quartzo (Faria, F., Northern Lion, 2008). As diferentes sondagens realizadas pelas empresas acima referidas intercetaram a mineralização a diferentes profundidades e com diferentes resultados no que respeita a resultados de elementos metálicos base e preciosos. A mineralização disseminada foi delimitada numa área de cerca de 1,3 Km de extensão por 650 m de largura (Faria, F., Colt Ressources, 2013) com espessura máxima da ordem dos 30 metros. (Tabela 8).*

As primeiras estimativas do Serviço de Fomento Mineiro indicaram 1-7% Cu, 0,6-16 mg kg-1 Au e 0,6-81 mg kg-1 Ag correspondendo a um recurso de 1,28 Mt com 0,90% Cu, 0,73 mg kg-1 Au e 9,48 mg kg-1 Ag (Parra, SFM, 1983), a Empresa Mineira do Cercal estimou 2 Mt com 0,54% Cu e quantidade indeterminada de Au. As diferentes empresas relatam que os melhores resultados em Cu referem 2-10% Cu num intervalo de 0,22 a 1,25 metros de espessura, com cerca de 1% Cu em 2 metros de espessura e um máximo de 22 mg kg-1 Au em amostra individuais com cerca de 1 metro de espessura (Cinits & Albardeiro, EMSC, 1995; Faria, F., Northern Lion, 2008; Faria, F., Colt Ressources, 2013).

Um aspeto metalogenético interessante refere-se à não coincidência de secções mineralizadas com bons teores simultâneos de Cu e Au (Faria, F., Colt Ressources, 2013).

A potencialidade para novas descobertas, nomeadamente para jazigos de sulfuretos maciços mantem-se na região do Salgadinho em particular, e em todo o anticlinal em geral, continuando a despertar interesse para novos projetos de prospeção.

Finalmente, em alguns setores da região NW da Faixa Piritosa foram identificadas várias estruturas mineralizadas de tipo stockwork*, as quais constituem excelentes indícios de prospeção (Matos & Filipe Eds., LNEG 2013; Matos* et al.*, 2018). São exemplos deste tipo de estruturas os* stockwork *intersectados entre as minas de Lousal e Caveira em sedimentos do CVS e do PQ em Monte da Bela Vista (Kuhn, 2017). A norte da falha de Grândola, próximo do vale do rio Sado, em*

dades del valle del río Sado, en terrenos de la Cuenca Cenozoica de Alvalade, el IGM (actual LNEG) identificó en 1997 el *stockwork* del Rio de Moinhos en rocas volcánicas félsicas del CVS (Oliveira *et al.*, 2001; O'Donell & Alverca, 2008; Matos *et al.*, 2018). Posteriormente, en 2008 Redcorp cortó más de 20 m de mineralización masiva (Barros & Alverca, 2008).

terrenos da Bacia Cenozoica de Alvalade o IGM (atual LNEG) identificou em 1997 o stockwork *de Rio de Moinhos, em rochas vulcânicas félsicas do CVS (Oliveira* et al.*, 2001; O'Donell & Alverca, 2008; Matos* et al.*, 2018). Posteriormente, em 2008 a Redcorp veio a intersectar ao longo de mais de 20 m mineralização maciça (Barros & Alverca, 2008).*

Tabla 8: Tramos de sondeos con los mejores resultados de mineralización de Au-Ag-Cu en las secciones cortadas en depósito de Salgadinho (Colt Ressources, 2013).
Tabela 8: *Troços de sondagem com os melhores resultados de mineralização Au-Ag-Cu nas intercepções do jazigo do Salgadinho (Colt Ressources, 2013).*

Hole No.	Company	Depth from	Depth to	Interval	ave. Au (g/t)	ave. Ag (g/t)	ave. Cu (%)	
SL-05	SFM	142.11	146.50	4.39	0.76	20.89	2.08	
	incl.:	142.11	143.57	1.46	2.28	28.50	2.31	
	and:	145.13	146.50	1.37	<0.5	26.25	3.43	
SL-09	SFM	147.45	151.18	3.73	<0.5	10.05	1.67	
	incl.:	148.45	150.45	2.00	<0.5	15.35	2.78	
SL-13	SFM	129.47	133.47	4.00	1.18	6.70	0.37	
	incl.:	129.47	130.47	1.00	3.40	12.90	0.54	
SL-14	SFM	108.52	109.52	1.00	2.40	17.30	1.25	
SL-17	SFM	72.56	73.56	1.00	0.00	12.90	1.70	
SL-24	SFM	84.00	86.20	2.20	2.40	12.10	1.56	
		88.25	88.80	0.55	16.20	14.60	0.39	
SL-26	SFM	124.20	125.47	1.27	2.90	19.20	0.49	
		139.30	140.50	1.20	0.26	5.03	0.78	(*)
		142.90	145.60	2.70	4.20	3.41	0.31	(*)
SL-28	SFM	263.60	267.35	3.75	1.44	14.65	0.63	
SL-38	SFM	318.10	321.95	3.85	<0.5	10.90	1.56	
93-01	EMSC	112.00	119.18	7.18	1.65	15.19	1.66	
	incl.:	112,00	114.20	2.20	4.93	12.73	0.58	
	and:	115.56	119.18	3.62	0.24	20.51	2.78	
93-02	EMSC	96.75	97.75	1.00	2.46	2.30	0.01	
		113.99	115.21	1.22	0.07	8.80	1.66	
		117.40	118.46	1.06	0.56	11.20	0.52	
93-11	EMSC	34.30	34.44	0.14	0.80	58.00	0.25	
SAL-01	NL	84.15	86.85	2.70	0.21	16.97	1.91	
		88.85	89.85	1.00	1.52	6.29	0.28	
SAL-02	NL	129.70	130.70	1.00	2.54	15.33	0.25	
SAL-02	NL	145.05	152.05	7.00	5.69	3.41	0.28	
	incl.:	149.05	152.05	3.00	10.08	5.53	0.43	
	incl.:	151.05	152.05	1.00	22.40	11.10	0.80	
SAL-03A	NL	193.67	195.17	1.50	21.12	4.59	0.04	
SAL-04A	NL	184.35	187.53	3.18	0.65	15.87	1.82	
	incl.:	184,35	185.65	1.30	0.59	32.44	3.79	

(*) - diluted with zero for intercalated sampling gaps

1.3. MINERALIZACIONES VULCANO-SEDIMENTARIAS DE MANGANESO EN EL SECTOR ESPAÑOL DE LA FPI

Las mineralizaciones de Mn constituyen el segundo recurso mineral en importancia económica de la FPI, con más de 140 indicios existentes. En general, y comparados con otros yacimientos existentes en el mundo, los yacimientos de Mn de la FPI son pequeños.

Las mineralizaciones de Mn en la FPI muestran una gran dispersión espacial. Los modelos de yacimientos de Mn vulcanogénicos son más escasos que los propuestos para los

1.3. MINERALIZAÇÕES VULCANO-SEDIMENTARES DE MANGANÊS NO SETOR ESPANHOL DA FPI

As mineralizações de Mn constituem o segundo recurso mineral com importância económica da FPI, com mais de 140 indícios existentes. Em geral e comparados com outros jazigos existentes no mundo, os jazigos de Mn da FPI são pequenos.

As mineralizações de Mn da FPI mostram uma grande distribuição espacial. Os modelos de jazigos de Mn vulcanogénicos são mais raros que os propostos para os jazigos de sulfuretos maciços. Em alguns casos os modelos de génese

de sulfuros masivos y, en muchas ocasiones, se integra a los de manganeso en los anteriores. En el sector portugués, este tipo de mineralizaciones están consideradas como de óxidos de Fe y Mn (Matos & Filipe, 2013).

En la FPI, la gran mayoría de las mineralizaciones de Mn aparecen en la sequencia superior del CVS, en particular asociadas al vulcanismo ácido y al nivel guía de pizarras moradas y, por lo tanto, se localizan cerca de ellas. Aparecen también, en la mayoría de las ocasiones, asociados a lentejones de jaspes con corridas kilométricas a hectométricas, con potencias de decenas de metros.

La relación con estos jaspes vulcanogénicos es variable. En las áreas mineralizadas, los jaspes muestran en general una deformación evidente y están afectados por fracturas (N30°E a N60°E). Además, están atravesados por venas de cuarzo removilizado y pueden presentar algunas diseminaciones de magnetita, pirita y/o calcopirita. Las concentraciones de minerales de Mn aparecen dentro de los jaspes, en fracturas y cavidades, reemplazándolos y, en las rocas tufíticas o cineríticas silicifidas próximas, también en venas, en reemplazamientos o formando lentejones de diseminaciones de nódulos o en pequeñas bolsadas. Las mineralizaciones no siempre aparecen en proximidad a los jaspes rojos o morados, sino que pueden surgir en forma de diseminaciones y en fracturas en determinados niveles silicificados (cherts).

Por todo ello, las mineralizaciones de Mn parecen ser posteriores en el tiempo a las de sulfuros. Si bien están clasificadas como lentejonares o estratiformes, en muchos casos tienen rasgos de removilización y de concentración epigenética.

La mineralización de Mn más importante y emblemática de la FPI es la de **La Joya o Grupo Soloviejo (nº 475)**, situada en el anticlinorio de San Telmo, o en la escama de Concepción, dentro del manto de Riotinto. El yacimiento está asociado a un gran crestón de jaspes rojos y morados de unos 3.500 m de corrida, con potencias variables entre 1 y 30 m, orientación N94°E y buzamiento 85°N, a muro de los cuales hay pizarras grises y debajo rocas piroclásticas ácidas.

Los jaspes están interestratificados con pizarras grises y, por encima, pizarras y tufitas abigarradas y vinosas. Por encima de éstas y a través de una falla longitudinal que canaliza una fuerte deformación dúctil, aparecen tobas ácidas y tufitas, con algunas intercalaciones o intrusiones de rocas lávicas ácidas.

La mineralización se halla en una banda con una deformación intensa que oblitera las relaciones iniciales entre las

dos jazigos de manganês são integrados nos modelos dos jazigos de sulfuretos. No setor português da FPI este tipo de mineralizações é considerado de óxidos de Fe e Mn (Matos & Filipe, 2013).

Na FPI, a grande maioria das mineralizações de Mn, surge no topo da sequência do CVS, nomeadamente em rochas vulcânicas ácidas e em xistos borra de vinho (nível guia na FPI) que surgem a teto dessas rochas. Apreciam também, na maioria das vezes, associadas a lentículas de jaspes com comprimentos quilométricos e hectométricos, com espessura de dezenas de metros.

A relação com estes jaspes vulcanogénicos é variável. Nas áreas mineralizadas os jaspes mostram, no geral, uma deformação evidente, encontrando-se afetados muitas vezes por falhas (N30°E a N60°E), encontrando-se atravessados por veios de quartzo remobilizado. Localmente podem apresentar disseminações de magnetita, pirite e/ou calcopirite. As concentrações de minerais de Mn surgem em jaspes, em fraturas e cavidades, substituindo-os, e em sedimentos vulcanogénicos ou siliciosos como cineritos. Podem ocorrer também em filões, em preenchimentos ou formando lentículas de disseminações de nódulos ou ainda em pequenas bolsadas. As mineralizações nem sempre ocorrem junto de jaspes vermelhos ou de cor púrpura, surgindo por vezes em forma de disseminações e em fraturas com determinados níveis de chertes.

Por tudo isto, as mineralizações de Mn parecem ser posteriores em termos temporais relativamente às de sulfuretos. Embora estejam classificadas como lentículas ou estratiformes, em muitos casos tem características de remobilização e de concentração epigenética.

*A mineralização de Mn mais importante e emblemática da FPI é a de **La Joya ou Grupo Soloviejo (nº 475)**, que se encontra situada no anticlinório de San Telmo, ou na escama de Concepcion, dentro do manto de Riotinto. O jazigo está associado a uma grande crista de jaspes vermelhos e borra de vinho com cerca de 3 500 m de comprimento, com espessura variável entre 1 e 30 m, orientação N94°E e inclinação 85°N. A muro destes jaspes ocorrem xistos cinzentos e, inferiormente a estes, surgem rochas vulcânicas piroclásticas ácidas.*

Os jaspes estão interestratificados com xistos cinzentos, tendo superiormente xistos e sedimentos vulcanogénicos finos esverdeados e vinosos. Superior a estes e através de uma falha longitudinal que concentra uma forte deformação dúctil, surgem rochas vulcânicas ácidas e sedimentos vulcanogénicos, com algumas intercalações ou intrusões de rochas lávicas ácidas.

diferentes unidades geológicas. La mineralización está asociada a un lentejón de unos 1.100 m dentro de la corrida de jaspes. El yacimiento aparece fundamentalmente en estos materiales, pizarras y tufitas silicificadas, deformadas, que componen la unidad del CVS situada justo al S de la falla.

La mineralización aparece en varias formas. Entre ellas, como rodonita (silicato) y rodocrosita (carbonato) de grano fino reemplazando a los jaspes. Aparece también, formada por óxidos de manganeso (pirolusita y criptomelano fundamentalmente), con todorokita y romanechita más accesorios, según Jorge *et al*. (1998) y hematites. Las mineralizaciones se localizan en las estructuras de deformación frágil más tardías, en diaclasas, fracturas, y otros huecos y cavidades formados en las pizarras y tufitas deformadas.

La explotación de esta mina representa un caso singular entre las mineralizaciones de Mn de la FPI, pues ha sido continua desde 1866 hasta 1983. Las labores mineras son muy numerosas y están extendidas a lo largo de un amplio segmento. En el sector oriental de la mina, fue donde se realizaron las labores mineras más importantes, con desarrollo de minería a cielo abierto, en varias cortas, y de minería subterránea, a través de galerías. La corta más importante y más reciente tiene del orden de 300 m de largo y está comunicada mediante galerías con los trabajos de interior.

En la zona de poniente (Rapiña, Pocito, Grullas), hay pequeñas labores superficiales y labores subterráneas hasta una profundidad de 36 m. El pozo maestro, situado al este, llegó a tener 130 m de profundidad. Desde 1888 hasta 1960, la mina produjo 170.000 t de mineral con leyes de 34 a 37% de Mn. Desde 1967 a 1983 fue trabajada por Manganesos de Huelva, S.A.

Además de la mina de La Joya o de Soloviejo, por toda la ZSP hay numerosos indicios de Mn que corresponden a pequeñas labores hechas con ánimo de registro. De las que han sido explotadas, una gran parte de las mineralizaciones se encuentran asociadas a fracturas, venas y reemplazamientos en jaspes. Asimismo, aparecen diseminaciones en lentejones de tufitas o cineritas silicificadas, ligadas a fracturas y reemplazamientos.

Dentro de este grupo, algunas de las más significativas son la mina del Toro (nº 339), la del Grupo Cobullos (nº 499), Maicoja (nº 424), Romerita Pimpollar (nº 431), La Laja o Casualidad (nº 465), Cascabelero (nº 389), Santa Bárbara o Los Enjambres (nº 470), Paraje de las Navas (nº 482), San José (nº 593), Cortijo de los Amantes (nº 370), mina San Fernando o la Peñita (nº 384), Soberana o la Juana (nº 402), Pancho y Santiago (nº 460), San José o Tallisca y Zaida (nº

A mineralização encontra-se numa banda de deformação complexa e intensa. Neste enquadramento foram obliteradas as relações iniciais entre as diferentes unidades. A mineralização está associada a uma lentícula com cerca de 1 100 m de comprimento, surgindo num nível de jaspes. O jazigo insere-se num enquadramento definido por estas rochas e por xistos e xistos e sedimentos vulcanogénicos siliciosos, deformados, que formam a unidade CVS situada a sul da referida falha.

A mineralização surge representada de várias formas, nomeadamente como rodonite (silicato) e rodocrosite (carbonato) de grão fino, substituindo os jaspes. Ocorre também sob a forma de óxidos de manganês (pirolusite e criptomelano essencialmente), com todorokite e romanechite como acessórios segundo Jorge et al. *(1998), e hematites. As mineralizações formaram-se em estruturas de deformação frágil mais tardias, como diáclases, fraturas, cavidades e outros espaços vazios presentes nos xistos e sedimentos vulcanogénicos deformados.*

A exploração desta mina representa um caso singular entre as mineralizações de Mn da FPI, pois esteve em laboração contínua entre 1866 e 1983. Os trabalhos mineiros foram de grande dimensão e estendem-se ao longo de uma área ampla. No setor mais oriental da mina a mineração foi feita a céu aberto, em várias cortas, e em subterrâneo através de galerias. A corta mais importante e mais recente tem cerca de 300 m de largura, tendo comunicação com a parte subterrânea da mina.

Na zona poente (Rapiña, Pocito, Grullas), há pequenos trabalhos superficiais e subterrâneos efetuados até uma profundidade 36 m. O poço mestre, situado a leste, chegou a ter 130 m de profundidade. Desde 1888 até 1960, a mina produziu 170 000 t de minério com teor de 34% a 37% Mn. Desde 1967 a 1983 foi explorada pela empresa Manganesos de Huelva, S.A.

Além das minas de La Joya e Soloviejo, existem inúmeros indícios de Mn na Zona Sul Portuguesa, em grande parte correspondentes a pequenos trabalhos efetuados para obtenção de registos de atividade extrativa. Entre as que foram exploradas, na sua maioria as mineralizações encontram-se associadas a fraturas, veios e substituições em jaspes. Ocorrem também disseminações em lentículas de sedimentos vulcanogénicos ou cineritos silicificados, nas quais surgem em fraturas ou substituições.

Dentro deste grupo, algumas das mais significativas são as de Mina del Toro (nº 339), Grupo de Cobullos (nº 499), Maicoja (nº 424), Romerita Pimpollar (nº 431), La Laja ou Casualidad (nº 465), Cascabelero (nº 389), Santa Bárbara ou Los Enjambres (nº 470), Paraje de las Navas (nº 482), San José (nº 593), Cortijo de los Amantes (nº 370), mina San Fernando ou la Peñita (nº 384), Soberana ou la Juana (nº 402), Pancho e Santiago (nº 460), San José ou Tallisca

448), Rodrigana (nº 458), España (nº 469), El Cuervo o Preciosa (nº 521), Guadiana (nº 537), Palanco (nº543), Aurora (nº 550), Santa Catalina (nº 307), Conde (nº 312) y La Calañesa (nº 484).

En el flanco sur del anticlinorio de Puebla de Guzmán hay una alineación de mineralizaciones de Mn (Santa Catalina, Conde y San Sebastián) en la cual alternan las que están estrechamente asociadas a corridas de jaspes con otras que no lo están. La más importante de este grupo fue la de **Santa Catalina (nº 307)**, que entre 1859 y 1870 tuvo una producción de 125.000 t de mineral de manganeso formado por óxidos, carbonatos y silicatos. Fue reactivada en dos ocasiones, por corto tiempo, en 1925 y 1941. La extracción de mineral se efectuaba mediante galerías a través de un pozo maestro de 90 m de profundidad, lo que coloca a esta mina entre las más profundas de la FPI en minería de Mn. La profundidad de las labores es un indicador del tipo de mineral que ha sido extraído. Al tener los minerales primarios de Mn una fuerte tendencia a la oxidación, éstos se encuentran generalmente en zonas profundas. Por ello, existen numerosas explotaciones con labores hasta los 25 m de profundidad que extraían pirolusita y psilomelano, mientras que aquellas más profundas (50 a 70 m de profundidad) extraían, además de los óxidos superficiales, rodonita y rodocrosita. En el sector Portugués de la FPI ocurría lo mismo.

Las principales mineralizaciones no asociadas a grandes corridas de jaspes y que aparecen en lentejones formados por niveles centimétricos de minerales oxidados de Mn, presentes en cineritas o tufitas, son los indicios: Registro E del dique de Campofrío (nº 530), El Pepito (nº 547), mina del Carril o de la Gozala (nº 429), mina de los Guijos (nº 452), Herculano o El Romeral (nº 388), Nuestra Señora del Pilar (nº 426), El Chaparral (nº 433), mina de Florentina o Sierpe (nº 449), Arroyo de las Bramillas (nº 434), El Alcornocal (nº 378), La Isabel (nº 325), San Matías (nº 366) y San Sebastián (nº 353).

Otra mineralización importante y ubicada próxima al mencionado grupo es la de **La Isabel (nº 325)**, localizada en el flanco N del anticlinorio de Puebla de Guzmán. En esta mina, se produjeron en el siglo XIX, 90.000 t de mineral oxidado, carbonatado y silicatado, beneficiado mediante minería subterránea.

Finalmente, hay que mencionar algunas mineralizaciones de Mn de muy poca entidad que aparecen en fracturas, y son producto de removilizaciones. Estas concentraciones filonianas de Mn, de removilización, aparecen generalmente en rocas volcánicas ácidas del techo de la secuencia del CVS o en los sedimentos turbidíticos del Culm, representados por pizarras y grauvacas. Son las siguientes mineralizaciones: los Calamo-

e Zaida (nº 448), Rodrigana (nº 458), España (nº 469), El Cuervo ou Preciosa (nº 521), Guadiana (nº 537), Palanco (nº543), Aurora (nº 550), Santa Catalina (nº 307), Conde (nº 312) e La Calañesa (nº 484).

*No flanco Sul do anticlinório de Puebla de Guzman ocorre um alinhamento de mineralizações de Mn (Santa Catalina, Conde e San Sebastián) na qual se incluem mineralizações associadas a jaspes e outras que se encontram relacionadas com outras rochas. A mais importante deste grupo foi **Santa Catalina (nº 307)**, que entre 1859 e 1870 teve uma produção de 125 000t de minério formado por óxidos, carbonatos e silicatos. Foi reativada em duas ocasiões, por um pequeno período de tempo em 1925 e 1941. Nesta mina o minério era extraído em galerias sendo o acesso assegurado pelo poço mestre com 90 m de profundidade, o que coloca esta mina entre as mais profundas da FPI, em termos de mineração em Mn. A profundidade dos trabalhos é um indicador dos tipos de minério que terem sido extraídos. Como os minerais primários de Mn tem uma forte tendência para oxidação, estes encontram-se geralmente em zonas profundas. Por esse motivo, existem várias explorações com trabalhos até 25 m de profundidade que extraiam pirolusite e psilomelano, enquanto as mais profundas (50 a 70 m), extraiam além de óxidos superficiais, rodonite e rodocrosite. No setor português da FPI ocorria o mesmo.*

Entre as principais mineralizações não associadas a grande unidades de jaspes e que surgem em lentículas formadas por níveis centimétricos de minerais oxidados de Mn, presentes em sedimentos vulcanogénicos ou cineritos, encontram-se os seguintes registos mineiros: Registro E del dique de Campofrío (nº 530), El Pepito (nº 547), mina Carril ou de la Gozala (nº 429), mina Los Guijos (nº 452), Herculano ou El Romeral (nº 388), Nuestra Señora del Pilar (nº 426), El Chaparral (nº 433), mina Florentina ou Sierpe (nº 449), Arroyo de las Bramillas (nº 434), El Alcornocal (nº 378), La Isabel (nº 325), San Matías (nº 366) e San Sebastián (nº 353).

*Outra mineralização importante situada próximo do grupo referido em cima é a mina **La Isabel (nº 325)** situada no flanco N do anticlinório de Puebla de Guzman. Aqui, produziram-se no século XIX 90 000 t de mineral oxidado, carbonatado e silicatado, extraído através de trabalhos subterrâneos.*

Finalmente, há que mencionar algumas mineralizações de Mn de dimensão muito pequena que ocorrem em fraturas, como produtos de remobilizações. Estas concentrações filonianas de Mn, surgem em rochas vulcânicas ácidas do topo da sequência do CVS ou mesmo nos sedimentos turbidíticos do Culm, representados por xistos e grauvaques. As mineralizações são as seguintes: Los Calamorros (nº 467) e Barran-

rros (nº 467) y Barranco Tamujoso (nº 438), en materiales volcánicos del CVS, y la Choza (nº 364) que aparece en el Culm.

1.4. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE HIERRO EN EL SECTOR ESPAÑOL DE LA FPI

Existe un único indicio catalogado dentro de este tipo de mineralizaciones, denominado **Mesa de Las Herrerías (nº 592)**. Aparece sobre materiales del grupo PQ. Se trata de una masa estratoide y compacta, aunque muy irregular y con un espesor medio de 3-4 m, de óxidos e hidróxidos de hierro, con algo de sílice y discordante sobre los materiales siliciclásticos infrayacentes. Tiene la apariencia de un *gossan* (Soler Sampere *et al.*, 1999).

Existen restos de antiguos pocillos de pequeña profundidad (2 a 6 m) y alguno más profundo que alcanza los 15 m, calicatas, 2 socavones que atraviesan la masa. Estos trabajos posiblemente fueron realizados en 1862, en las labores efectuadas para el registro de la concesión.

Esta masa de óxidos es un *gossan* transportado de edad cuaternaria (Soler Sampere *et al.*, 1999). Presenta características semejantes al depósito de Las Mesas en Riotinto, pudiendo representar una posible precipitación de hierro en un contexto aluvial y no tiene relación directa con una masa de sulfuros. Los minerales principales son hematites, goethita, limonita y sílice.

1.5. MINERALIZACIONES DE ÓXIDO DE HIERRO Y MANGANESO EN EL SECTOR PORTUGUÉS DE LA FPI

En el sector portugués de la Faja Pirítica Ibérica, hay docenas de antiguas explotaciones de óxidos de hierro y manganeso, todas ellas en estado de abandono o cierre. En su mayoría se trata de estructuras mineralizadas de tipo estratiforme, asociadas a niveles sedimentarios de la secuencia superior del Complejo Vulcano-Sedimentario, como pizarras hematíticas de la Formación *Xistos Borra de Vinho* (Viseense sup.), jaspe y chert. También hay estructuras de tipo filoniano asociadas a filones de cuarzo. En la mayoría de los casos, la explotación de los óxidos de hierro y manganeso comenzó en la segunda mitad del siglo XIX, continuando en el siglo XX, bien a través de pequeñas cortas, o mediante minería subterránea de pozos y galerías. La mina Rosalgar, de tipo filoniano y ubicada en la región de Cercal, cerró en 2001, siendo la última en explotar este tipo de mineral en el sur de Portugal.

En el presente trabajo se detallan las más representativas, como las minas estratiformes de Ferragudo (nº 208) y Balança (nº 220) y las minas filonianas ubicadas en la región de Cercal (Matos & Filipe, Eds., LNEG 2013).

co Tamujoso (nº 438), presentes em rochas vulcânicas do CVS e La Choza (nº 364) que ocorre no Culm.

1.4. MINERALIZAÇÕES FILONIANAS DE FERRO NO SETOR ESPANHOL DA FPI

*Existe um único indício catalogado dentro deste tipo de mineralizações, denominado **Mesa de Las Herrerías (nº 592)** que surge em sedimentos do Grupo PQ. Trata-se de uma massa estratoide e compacta algo irregular, com uma espessura de 3-4 m, formada por óxidos e hidróxidos de ferro, com alguma sílica e disposta de forma discordante sobre os sedimentos siliciclásticos subjacentes. Tem a aparência de um chapéu de ferro (Soler Sampere* et al.*, 1999).*

Existem vestígios de poços mineiros antigos, de pequena dimensão (2 a 6 m de profundidade) e um mais profundo (15 m), sanjas e 2 galerias de prospeção. Estes trabalhos foram efetuados para avaliação da mineralização, tendo sido executados provavelmente em 1862, conforme os trabalhos efetuados documentação de registo da concessão.

A estrutura é representada por óxidos e corresponde a um chapéu de ferro transportado da idade quaternário (Soler Sampere et al.*, 1999). Apresenta características semelhante ao depósito de Las Mesas situado em Riotinto, podendo testemunhar uma possível precipitação de ferro em contexto aluvial, não tendo uma relação direta com uma massa de sulfuretos. Os minerais principais são hematite, goethite, limonite e sílica.*

1.5. MINERALIZAÇÕES DE ÓXIDO DE FERRO E MANGANÊS NO SETOR PORTUGUÊS DA FPI

No setor português da Faixa Piritosa encontram-se dezenas de antigas explorações de óxidos de ferro e manganês, todas elas em estado de abandono ou fecho. Na sua maioria, trata-se de estruturas mineralizadas de tipo estratiforme, associadas a níveis sedimentares da sequência superior do Complexo Vulcano-Sedimentar, como xistos hematíticos da Formação Xistos Borra de Vinho (Viseano sup.), jaspes e chertes. Ocorrem também estruturas de tipo filoniano associadas a filões de quartzo. Na maioria dos casos a exploração de óxidos de ferro e manganês teve início na segunda metade do séc. XIX, decorrendo também no séc. XX, quer através de pequenas cortas, que em subterrâneo, em poços e galerias. A mina do Rosalgar, de tipo filoniano e situada na região do Cercal, terminou a sua lavra em 2001, sendo a última a explorar este tipo de mineral no sul de Portugal.

Apresentam-se como estudos de caso principais as minas de Ferragudo e de Balança, de tipo estratiforme e as minas filonianas localizadas na região do Cercal, ver localização em (Matos & Filipe, Eds., LNEG 2013).

La **mina de Ferragudo (nº 208)**, enclavada en materiales del CVS, se encuentra en NE del Antiforme de Rosário, en la región de Castro Verde. El primer registro minero en la mina Ferragudo data de 1859, más tarde, a finales de 1865, es otorgada la concesión minera, con número de registro 28, llamada Herdade do Ferragudo (Almeida & Fernandes, 1945; García, 1946). Esta mina se encuentra actualmente abandonada. Ferragudo tuvo una fase de intensa explotación durante los años 40 y 50, suspendiéndose las labores en 1970, por la falta de reservas (Matos & Rosa, 2001), Fig. 22. El tipo de minería era a cielo abierto para la extracción de óxidos y subterránea para los carbonatos y silicatos, hasta una profundidad de 40 m. La concesión de Ferragudo limitaba al NW con la de Felipeja. El mineral principal estaba constituido por pirolusita, psilomelana, nsutita, rodocrosita, rodonita, manganita y hematites, armado en cuarzo y carbonato (Fernandes, 1947; Silva, 1956; Goinhas, 1986; Matos & Rosa, 2001). Las reservas en 1952 eran de 51.937 t (Silva, 1956), presentando los concentardos los siguientes contenidos: óxidos: 50% Mn, 8% SiO_2; carbonatos: 38-48% Mn, 4-28% SiO_2.

*A **mina de Ferragudo (nº 208)**, encontra-se em rochas do CVS no setor NE da antiforma do Rosário, na Região de Castro Verde. O primeiro registo mineiro sobre a mina de Ferragudo data de 1859, posteriormente, em 15-12-1865, é atribuída a concessão mineira nº 28, denominada Herdade do Ferragudo (Almeida & Fernandes, 1945; Garcia, 1946). Atualmente esta mina encontra-se em fase de abandono. Ferragudo teve uma exploração mais efetiva nas décadas de 40 e 50, tendo a lavra sido suspensa por falta de reservas em 1970 (Matos & Rosa, 2001), ver Fig. 22. O tipo de exploração mineira decorreu quer a céu aberto (óxidos), quer em subterrâneo (carbonatos e silicatos) até ao piso 40 m. A concessão de Ferragudo contacta a NW com a de Felipeja. O minério principal era constituído por pirolusite, psilomelano, wad, rodocrosite, rodonite, manganite e hematite, ocorrendo em ganga de quartzo + carbonatos (Fernandes, 1947; Silva, 1956; Goinhas, 1986; Matos & Rosa, 2001). As reservas em 1952 eram de 51 937 t (Silva, 1956), apresentando os concentrados os seguintes teores: óxidos: 50% Mn, 8%SiO_2; carbonatos: 38-48% Mn, 4-28% SiO_2.*

La estructura mineralizada tiene una orientación N50°W, y un buzamiento de 45°NE, es estratiforme y está formada por bolsadas y lentejones (varios cuerpos con espesores de 1 a 12 m, en una corrida de unos 150 m) de óxidos, carbonatos y silicatos de Mn y Fe. La mineralización está asociada con litologías del CVS, representadas por pizarras, pizarras moradas, jaspe, a veces con óxidos de Mn asociado, chert y sedimentos vulcanogénicos (Matos & Rosa, 2001).

A estrutura mineralizada tem uma atitude N50°W, 45°NE, sendo de tipo estratiforme e formada por bolsadas e lentículas de óxidos, carbonatos e silicatos de Mn e Fe (vários corpos com espessuras de 1 a 12 m, numa extensão de cerca de 150 m). A mineralização está associada a litologias do Comp. Vulcano-Sedimentar, representadas por xistos, xistos borra-de-vinho, jaspes por vezes com óxidos de Mn associados, chertes e sedimentos vulcanogénicos (Matos & Rosa, 2001).

Figura 22: Mina de Ferragudo: concentrado de mineral (izq.) y pozo minero principal (der.).

Figura 22: *Mina de Ferragudo: concentrado de minério (esq.) e poço mineiro principal (dir.).*

La **Mina de la Balança (nº 220)**, situada en materiales del CVS, se encuentra localizada en la región de Corte da Velha, en Mértola. La concesión inicial de la mina Balança se llamó Cerro das Canas Frechas, con registro número 62, otorgada en 1869 (García, 1946). El mineral principal estaba formado por óxidos de Mn y Fe, con unas reservas de 35.000 t, siendo probadas 20.000 t y probables, por debajo del piso 125, 10.000 t. Los concentrados tenían los siguientes contenidos (Silva, 1956; Goinhas, 1986): 45,4-46,4% Mn; 4% de Fe y 15-22,7% de SiO_2. La mina fue explotada en superficie mediante una corta y de modo subterráneo mediante pozos y galerías hasta los 125 m de profundidad. Actualmente se encuentra

*A **mina da Balança (nº 220)**, encontra-se em rochas do CVS estando localizada na região de Corte-da Velha, município de Mértola. A concessão inicial da mina de Balança era denominada Cerro das Canas Frechas nº 62, tendo sido atribuída em 12-10-1869 (Garcia, 1946). O minério principal era formado por óxidos de Mn e Fe, com reservas 35 000 t, sendo provadas 20 000 t e prováveis, abaixo do piso 125, 10 000 t. Os concentrados tinham os seguintes teores (Silva, 1956; Goinhas, 1986): 45,4 – 46,4% Mn; 4% Fe; 15 – 22,7% SiO_2. Atualmente em fase de abandono, a mina teve lavra em corta e através de poços e galerias até 125 m de profundidade. O período mais ativo decorreu entre 1953 e*

abandonada. El período más activo fue entre 1953 y 1972, con las siguientes producciones anuales: 300 t (1955/58); 2.000-3.000 t (1959/62); 5.500 t (1963/65) 7.000-9.000 t (1966/68) y 900 t (1969).

El depósito está formado por bolsadas y lentejones de óxidos, carbonatos y silicatos de Mn y Fe (Silva, 1956; Goinhas, 1986; Matos & Rosa, 2001), con una orientación N60°W y buzamiento 80°NE. La paragénesis mineral está formada por pirolusita, psilomelana, nsutita, manganita, hematites, rodocrosita, rodonita y pitita, armada en cuarzo y carbonato. Sondeos realizados en Balança, permitieron detectar un importante lentejón entre los 17 y 98 m de profundidad. Las rocas encajantes corresponden a materiales del CSV, representado por pizarras, jaspe a veces con óxidos de Mn asociados, cherts impuros, pizarras moradas y rocas volcánicas finas sericítico-cloríticas finas (Matos & Rosa, 2001), Fig. 23.

1972, com as seguintes produções anuais: 300 t (1955/58); 2 000 – 3 000 t (1959/62); 5 500 t (1963/65) 7 000 – 9 000 t (1966/68), 900 t (1969).

O jazigo é formado por bolsadas e lentículas de óxidos, carbonatos e silicatos de Mn e Fe (Silva, 1956; Goinhas, 1986; Matos & Rosa, 2001) apresentando uma atitude N60°W, 80°NE. A paragénese mineral é formada por pirolusite, psilomelano, wad, manganite, hematite, rodocrosite, rodonite e pirite em ganga de quartzo + carbonatos. Sondagens de prospeção realizadas em Balança permitiram o reconhecimento de uma lentícula importante entre os 17 e os 98 m de profundidade. As rochas encaixantes incluem-se no Comp. Vulcano-Sedimentar sendo representadas por xistos, jaspes por vezes com óxidos de Mn associados, chertes impuros, xistos borra-de-vinho, rochas vulcânicas finas sericítico-cloríticas (Matos & Rosa, 2001), Fig. 23.

Figura 23: Mina de la Balança (Mn-Fe). A: vista general de la corta; B: escombrera con mineral situada en el sector SE de la mina.

Figura 23: *Mina da Balança (Mn-Fe). A: vista geral da corta; B: escombreira com minério situada no setor SE da mina.*

Otros yacimientos de hierro y manganeso están localizados en la región de Cercal-Odemira, en el sector occidental de la FPI. En esta región, destaca la estructura de Cercal del Complejo Vulcano-Sedimentario, formada por rocas volcánicas ácidas y básicas y por sedimentos de la Formación de São Luís, de edad Fameniense (Pereira *et al.*, 2008; Matos *et al.*, 2013). Hacia el S y NE, el CVS de Cercal está limitado por las turbiditas de la Fm. de Mira (Serpukhoviense-Bashkiriense inf.) del Grupo Flysch do Baixo Alentejo. En la región de Odemira se encuentra representada la Formación de Brejeira, también perteneciente a este Grupo, de edad Bashkiriense-Moscoviense (Pereira *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2013, 2019). En la región de Cercal-Odemira, se conocen docenas de indicios mineros explotados desde el siglo XIX, de pe-

Na região ocidental da Faixa Piritosa destaca-se a estrutura do Cercal do Complexo-Vulcano-Sedimentar, formada por rochas vulcânicas ácidas e básicas e por sedimentos da Formação de São Luís, de idade Famenniano (Pereira et al.*, 2008; Matos* et al.*, 2013). Para sul e NE, o CVS do Cercal é limitado pelos turbiditos da Fm. de Mira (Serpukhoviano – Bashkiriano inf.) do Grupo do Flysch do Baixo Alentejo. Na região de Odemira encontra-se representada a Formação de Brejeira, também pertencente a este Grupo, de idade Bashkiriano – Moscoviano, (Pereira* et al.*, 2008; Oliveira* et al.*, 2013, 2019). Na região Cercal - Odemira conhecem-se dezenas de trabalhos mineiros, de dimensão muito pequena (normalmente algumas cortas, baixadas e poços) associadas a mineralizações, atualmente sem interesse económico, de fer-*

queñas dimensiones (normalmente cortas, rampas y pozos) asociados a mineralizaciones de hierro, manganeso, cobre, plomo y bario, actualmente sin interés económico, Fig. 24 (Matos & Filipe, Eds. LNEG, 2013). La mayoría de estos indicios mineros están asociados al CVS. En los años 50 del siglo XX, estaban reconocidas por el Serviço de Fomento Mineiro, 128 minas, encontrándose 17 concesiones del Banco Burnay con labores suspendidas, 19 concesiones abandonadas y 92 sin otorgar (Gomes, 1957; Matos *et al.*, 2013). Algunas minas fueron explotadas en la época romana o incluso prerromana, concretamente en Herdade de Fonte Santa, Raco de Baixo, Serra da Mina y Vale de Bejinha. Las obras mineras romanas se reconocen por cortas a lo largo de los afloramientos, traviesas y pozos inclinados conectados a cámaras irregulares, abiertos en la parte superior (techo) de los yacimientos.

En Cercal-Odemira, existen mineralizaciones de hierro y manganeso de 5 tipos (Gomes, 1957; Carvalho, 1971): depósitos filonianos (p.e., Serra da Mina y Rosalgar), mineralizaciones estratiformes asociadas a jaspes y sedimentos vulcanogénicos, diseminados en pizarras, areniscas cenozoicas con cemento ferromanganífero y costras con estructura pisolítica.

Los depósitos filonianos son los más importantes, especialmente las minas **Rosalgar (nº 46) y Serra da Mina (nº 40)** (Cercal) registradas en 1860. La explotación de los filones afectó a varios polígonos de concesiones mineras como Serra do Rosalgar, registro 34 del 27-06-1867; Serra da Mina, registro 33 del 26-06-1867; Serra das Tulhas regitro 95 del 10-01-1874; Toca do Mocho, registro 96 del 10-01-1874 y Herdade da Mandurelha, registro 615 del 20-11-1913 (Matos *et al.*, 2013). Entre 1959 y 2001, el yacimiento de Serra da Mina fue explotado por la Empresa Mineira da Serra do Cercal (EMSC)-Concesión Serra do Cercal C-78 de 05-12-1997. Los depósitos explotados estaban constituidos por filones de óxidos de Fe y Mn, barita y cuarzo, con una potencia máxima de 18 m y una extensión superficial en ocasiones superior a 5 km (Carvalho, 1971; Matos & Rosa 2001). Estos filones estaban asociados a fallas tardi-variscas de dirección NE-SW y con inclinación 45° a 65°SE, Fig. 24. En 1998, la EMSC realizó dos sondeos que cortaron el Filón A de manganeso a 290 m de profundidad. La estructura filoniana está representada por carbonatos de Fe y Mn con blenda y galena asociadas, que pasan hacia superficie a óxidos de Fe y Mn (Mina Rosalgar). En la fase final de explotación, EMSC explotó el depósito a través de una galería longitudinal al filón, de aproximadamente 1.800 m de longitud.

Estudios de estimación de reservas realizados por el SFM entre 1942 y 1956, arrojaron los siguientes datos: (Gomes, 1957; Carvalho 1971): 2,2 Mt-Rosalgar; 1,25 Mt-Serra da Mina y 1,2 Mt-Serra da Velha. En total, 4,65 Mt de reservas,

ro, manganês, cobre, chumbo e bário, aí exploradas desde o século XIX, (Fig. 24) e Matos & Filipe, Eds. (LNEG 2013). A maioria das ocorrências mineiras está associada ao CVS. Na década de 50 do século XX encontravam-se reconhecidas pelo então Serviço de Fomento Mineiro 128 minas, estando 17 concessões do Banco Burnay com lavra suspensa, 19 concessões abandonadas e 92 em situação de campo livre (Gomes, 1957; Matos et al.*, 2013). Algumas minas terão sido exploradas na época romana ou mesmo pré-romana, nomeadamente em Herdade de Fonte Santa, Raco de Baixo, Serra da Mina e Vale de Bejinha. Os trabalhos mineiros romanos são expressos por cortas dispostas ao longo dos afloramentos, travessas e poços inclinados ligados a câmaras irregulares, abertos na parte superior (teto) dos jazigos.*

Em Cercal-Odemira são consideradas mineralizações de ferro e manganés de 5 tipos (Gomes, 1957; Carvalho, 1971): jazigos filonianos (ex. Serra da Mina e Rosalgar), mineralizações de tipo estratóide associadas a jaspes e sedimentos vulcanogénicos, impregnações em xistos, arenitos cenozóicos com cimento ferro-manganífero e crostas de estrutura pisolítica.

Os jazigos filonianos são os mais importantes, salientando-se entre eles as minas de ***Rosalgar (nº 46) e Serra da Mina (nº 40)*** *(Cercal) registadas em 1860. A exploração dos filões envolveu vários polígonos de concessão mineira como Serra do Rosalgar (nº 34) de 27-06-1867, Serra da Mina (nº 33) de 26-06-1867; Serra das Tulhas (nº 95) de 10-01-1874; Toca do Mocho (nº 96) de 10-01-1874 e Herdade da Mandurelha (nº 615) de 20-11-1913 (Matos* et al.*, 2013). Entre 1959 e 2001 o jazigo de Serra da Mina foi explorado pela Empresa Mineira da Serra do Cercal (EMSC) – concessão Serra do Cercal nº C-78 de 05-12-1997. Os jazigos explorados são constituídos por filões de óxidos de Fe e Mn, barite e quartzo, com possança máxima de 18 m e extensão em superfície por vezes superior a 5 km (Carvalho, 1971; Matos & Rosa 2001). Estes filões encontram-se instalados em falhas tardi-variscas de direcção NE-SW e pendor 45° a 65° para SE, Fig. 24. Em 1998 a EMSC realizou duas sondagens que intersectaram o Filão A de manganês a cerca de 290 m de profundidade. A estrutura filoniana é aqui representada por carbonatos de Fe e Mn com alguma blenda e galena associadas, que transitam superiormente a óxidos de Fe e Mn (Mina do Rosalgar). Na fase final da sua atividade a EMSC explorou o jazigo através de uma galeria longitudinal ao mesmo, com cerca de 1 800 m de extensão.*

Trabalhos de avaliação de reservas realizados pelo Serviço de Fomento Mineiro (SFM) entre 1942 e 1956 indicaram as seguintes reservas (Gomes, 1957; Carvalho 1971): 2,2 Mt – Rosalgar; 1,25 Mt - Serra da Mina; 1,2 Mt - Serra da Velha. No

con un contenido de 43% Fe, 8% Mn y 14% SiO_2. Bloques de mineral de la mina Rosalgar mostraron contenidos de (Matos & Rosa, 2001): 35,1% Fe; 9,6% Mn; 3.184 mg kg-1 Ba; 1.220 mg kg-1 Zn; 859 mg kg-1 Pb; 362 mg kg-1 P; 211 mg kg-1 Cu; 122 mg kg-1 Co y 11 mg kg-1 Cd. El corte geológico del yacimiento de Serra da Mina (Carvalho, 1971), encajado en rocas volcánicas ácidas porfídicas y pizarras silíceas del CVS, muestra una zonación representada a techo por óxidos de Fe y Mn, con intercalaciones de barita y por cuarzo a muro. Los espesores de óxido podrían alcanzar un máximo de 12 m (4 m de media), la barita 1 m y el cuarzo aproximadamente 15 m de potencia máxima, Fig. 25.

total foram indicadas 4,65 Mt de reservas, com teor de 43% de Fe, 8% Mn e 14% de SiO_2. Blocos de minério da mina do Rosalgar revelaram teores de (Matos & Rosa 2001): 35,1 % Fe, 9,6 % Mn, 3184 mg kg-1 Ba, 1220 mg kg-1 Zn, 859 mg kg-1 Pb, 362 mg kg-1 P, 211 mg kg-1 Cu, 122 mg kg-1 Co, 11 mg kg-1 Cd. O corte geológico do jazigo Serra da Mina (Carvalho 1971), encaixado em rochas vulcânicas ácidas porfiríticas e xistos siliciosos do CVS, mostra um zonamento representado a teto por óxidos de Fe e Mn, com intercalações de barite e por quartzo a muro. As espessuras de óxidos podiam atingir um máximo de 12 m (média de 4 m), a barite 1 m e o quartzo cerca de 15 m de possança máxima, Fig. 25.

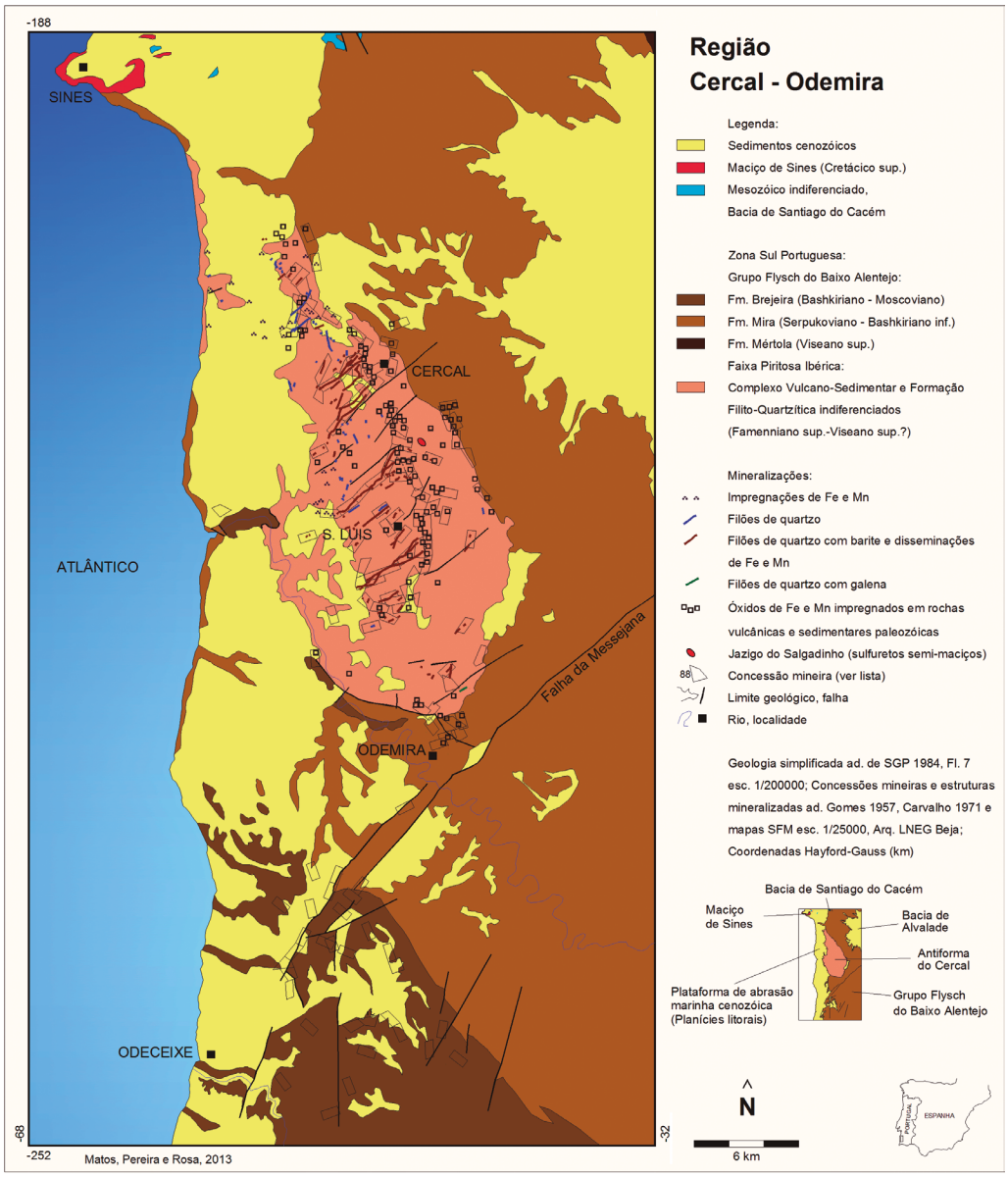
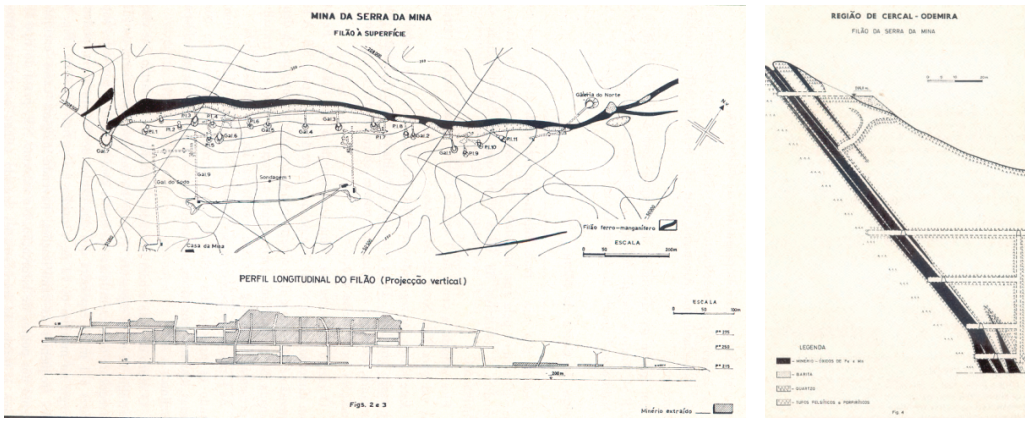


Figura 24: Mineralizaciones en la región de Cercal-Odemira de la Faja Pirítica (Matos *et al.*, 2013).

Figura 24: *Mineralizações na região de Cercal-Odemira da Faixa Piritosa (Matos* et al.*, 2013).*

Figura 25: Mapa y cortes transversal y longitudinal del yacimiento filoniano de Serra da Mina (Carvalho, 1971).

Figura 25: *Mapa, cortes transversal e longitudinal do jazigo filoniano Serra da Mina (Carvalho, 1971).*



Con el cierre del alto horno de Siderurgia Nacional en marzo de 2001, la Empresa Mineira da Serra do Cercal (EMSC) concluyó su actividad extractiva, debido a la falta de aporte de minerales de hierro y manganeso producidos en la mina del Rosalgar (Matos *et al.*, 2013), Fig. 26. La explotación se trabajaba a pequeña escala (cerca de 24.000 t de mineral/año), con el fin de abastecer a su único cliente, Siderurgia Nacional. El final de la mina se debió exclusivamente a este factor, ya que fueron reconocidas reservas en profundidad durante las labores de prospección llevadas a cabo en los años 90 por EMSC (Albardeiro & Costa 1998, Matos & Rosa, 2001).

Com o encerramento do alto-forno da Siderurgia Nacional (SN) em março de 2001, a Empresa Mineira da Serra do Cercal (EMSC) concluiu nesse ano a sua atividade extrativa, por falta de escoamento dos minérios de ferro e manganês produzidos na mina do Rosalgar (Matos et al.*, 2013), Fig. 26. A exploração decorria com sucesso, numa escala muito pequena (cerca de 24 000 t de minério/ano), adequada ao único cliente da empresa, a SN. O fim da mina deveu-se exclusivamente a este fator, tendo sido reconhecidas reservas em profundidade durante trabalhos de prospeção realizados pela EMSC na década de 90 (Albardeiro & Costa 1998, Matos & Rosa, 2001).*

Figura 26: Entrada principal de la mina de Rosalgar.

Figura 26: *Entrada principal da mina de Rosalgar.*

1.6. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE PIRITA-COBRE EN EL SECTOR ESPAÑOL DE LA FPI

En la FPI existen numerosas mineralizaciones filonianas de cobre, pirita-cobre, o pirita. Los posibles orígenes de este tipo de mineralizaciones filonianas pueden ser:

a) Filones removilizados de masas de sulfuros masivos o de *stockwork*s infrayacentes asociados a ellos.
b) Filones formando parte de los sistemas de alimentación hidrotermal, o *stockwork*s, de las masas de sulfuros, cuyos cuerpos pueden haber sido desplazados tectónicamente o erosionados.
c) Filones de origen hidrotermal tardivarisco sin estrecha relación con la formación de los sulfuros masivos.

A este grupo pertenecen más de 45 indicios mineros, los aparentemente más importantes son los de la Preciosa (nº 330), Rivera de Agua y Miel (nº 326), Pozo Herrero (nº 343), La Madroñosa (nº 393), Registro de Cuatro Amigos (nº 483), Registro de Loma Chaparra o Sta. Eulalia (nº 462), Registros del Magalejo (nº 488), Registro Monte Carmona (nº 512), Registro de El Majuelo (nº 514), Registro de Palanquilla (nº 472), Arroyo del Rey (nº 557), Ermita del Prado (nº 558), Este de la Granada de Río Tinto (nº 546), Cañada Alta (nº 598), Golondrinas (nº 613), La Llana (nº 610), minas de Valquemado (nº 602), Casa de la Constancia (nº 324), Dolo (nº 382), mina de San Martín (nº 395), Sililos (nº 432), Malpique (nº 503), minas de Huelva (nº 508), Villa Bueno (nº 506), mina de El Ejido (nº 576), Socavón de La Charca o Revuelta del Risco (nº 571), Socavón de El Parral (nº 573), El Peralejo (nº 574), Los Laureles (nº 615), Fuentezuela (nº 625), Las Peraleras (nº 638), Román (nº 635), Torilejo (nº 629), Pozos del Río (nº 639), Casa de la Obra (nº 637), mina Carmen (nº 643), Cabezo del Muchacho (nº 634), La Ratera (nº 552), minas de Buena Vista-La Viguera (nº 620), minas de Trinidad y Carmen (nº 632), Los Silos y Monterrubio (nº 296).

Desde el punto de vista de la exploración minera, las manifestaciones cuyo origen sean las dos primeras opciones son las más interesantes, ya que implicarían la existencia de masas de sulfuros masivos. Actualmente no existen datos sistemáticos de la composición isotópica en todas estas mineralizaciones. Marcoux & Sáez (1994) aportan datos de algunos de los indicios y, en base a ellos y a su estructura y morfología, destacan el interés de **La Ratera (nº 552), Sililos o los Silos (nº 432), y Monterrubio (nº 296)**. Los dos primeros, además de tener signaturas isotópicas muy análogas a las de los sulfuros masivos, muestran sistemas de filones y venas con morfología plana, de gran extensión y con alteraciones hidrotermales asocia-

1.6. MINERALIZAÇÕES FILONIANAS DE PIRITE-COBRE NO SETOR ESPANHOL DA FPI

Na FPI existem numerosas mineralizações filonianas de cobre, pirite e cobre, ou pirite. As possíveis origens deste tipo de mineralizações filonianas podem ser:

a) Filões remobilizados de massas de sulfuretos maciços ou de stockworks *subjacentes, estando associadas a estas mineralizações*
b) Filões formando parte dos sistemas de alteração hidrotermal como stockworks*, associados às massas de sulfuretos, cujos corpos podem ter sido deslocados tectonicamente ou erodidos*
c) Filões de origem hidrotermal, de idade tardi-varisca, que não estão relacionados com a formação dos sulfuretos maciços.

A este grupo pertencem mais de 45 indícios mineiros, sendo os mais importantes representados por: La Preciosa (nº 330), Rivera de Agua e Miel (nº 326), Pozo Herrero (nº 343), La Madroñosa (nº 393), Registro de Cuatro Amigos (nº 483), Registro de Loma Chaparra ou Sta. Eulalia (nº 462), Registros del Magalejo (nº 488), Registro Monte Carmona (nº 512), Registro de El Majuelo (nº 514), Registro de Palanquilla (nº 472), Arroyo del Rey (nº 557), Ermita del Prado (nº 558), Este de la Granada de Río Tinto (nº 546), Cañada Alta (nº 598), Golondrinas (nº 613), La Llana (nº 610), minas de Valquemado (nº 602), Casa de la Constancia (nº 324), Dolo (nº 382), mina de San Martín (nº 395), Sililos (nº 432), Malpique (nº 503), minas de Huelva (nº 508), Villa Bueno (nº 506), mina de El Ejido (nº 576), Socavón de La Charca o Revuelta del Risco (nº 571), Socavón de El Parral (nº 573), El Peralejo (nº 574), Los Laureles (nº 615), Fuentezuela (nº 625), Las Peraleras (nº 638), Román (nº 635), Torilejo (nº 629), Pozos del Río (nº 639), Casa de la Obra (nº 637), mina Carmen (nº 643), Cabezo del Muchacho (nº 634), La Ratera (nº 552), minas de Buena Vista-La Viguera (nº 620), minas de Trinidad y Carmen (nº 632)e Los Silos e Monterrubio (nº 296).

Do ponto de vista de prospeção mineira, o primeiro tipo de mineralizações é o mais interessante uma vez que indicia a presença provável de mineralização maciça em profundidade. Atualmente não existem dados sistemáticos sobre a composição isotópica em todas estas mineralizações. Marcoux & Sáez (1994) forneceram dados sobre alguns indícios e com base neles, na estrutura e morfologia dos sistemas filonianos destacam-se ***La Ratera (nº 552), Sigilos ou Los Silos (nº 432) e Monte Rubio (nº 296)****. Os dois primeiros, além de terem características isotópicas muito semelhantes à dos sulfuretos maciços, mostram sistemas de filões e veios com morfologia planar, de grande extensão*

das (cloritización, silicificación). Todos ellos se consideran como posibles partes de un *stockwork*, permaneciendo aún sin identificar la mineralización masiva asociada a estas estructuras.

Otras manifestaciones de este grupo pueden estar relacionadas con removilizaciones de cuerpos de sulfuros cuyo entorno geológico y morfología puede ser diferente a los de las anteriores. El conocimiento de ese tipo de manifestaciones filonianas de pirita-cobre puede ser de mucho interés en proyectos de exploración.

Finalmente, otra parte de los indicios, principalmente los situados en el sector NE y S de la FPI, son filones encajados en granitoides del Batolito de la Sierra Norte de Sevilla, concretamente en el de Campofrío, son probablemente similares a los de Pb, Pb-Zn, As. De acuerdo con estudios realizados en otras áreas, es posible que tengan relación con hidrotermalismo tardivarisco y que no deriven de reservorios de metales relacionados con los sistemas de los sulfuros masivos, al menos una proporción significativa.

1.7. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE COBRE EN EL SECTOR PORTUGUÉS DE LA FPI

En el sector portugués de la Faja Pirítica Ibérica, hay docenas de filones de cobre, caracterizados por estructuras subverticales, casi siempre discordantes (Matos & Filipe, Eds., LNEG 2013). Como ejemplo de estructuras filonianas, destacan las presentes en las regiones de Castro Verde-Almodôvar y de Martinlongo-Odeleite, ubicadas en el Baixo Alentejo y en el Algarve respectivamente. Se trata de estructuras filonias asociadas a fallas tardi-Variscas y/o alpinas, subverticales, con sulfuros, cuarzo, carbonatos y ocasionalmente sulfosales. Algunos filones son ricos en calcopirita y fueron explotados principalmente entre la segunda mitad del siglo XIX y principios del siglo XX (Matos *et al.*, 2003; 2008; Reiser *et al.*, 2011). En algunas estructuras, como las minas ubicadas cerca de Fortes, en el valle del arroyo de Odeleite, la minería tuvo lugar durante la época romana (Matos *et al.*, 2011).

Las minas de cobre de tipo filoniano en la región de Castro Verde-Almodôvar, como **Porteirinhos (nº 219) y Brancanes (nº 229)**, se formaron por el relleno de fallas por fluidos ricos en cobre, durante el periodo tardi-Varisco y el Eo-Alpino (Fig. 27). En la mina de Brancanes, ubicada en la parroquia de Almodôvar, en sedimentos turbidíticos de la Formación Mértola (Viseense sup.), todavía se observan las ruinas de la infraestructura minera, que permiten reconstruir los métodos y el tipo de la minería desarrollada. La empresa The Brancannes Copper Mining Cª comenzó su actividad en 1883, extrayendo cobre de un filón de orientación N45°W, e

e com alterações hidrotermais associadas (cloritização e silicificação). Todos eles são considerados como possíveis partes de um stockwork*, permanecendo ainda por identificar a mineralização maciça associada a estas estruturas.*

Neste grupo podem ser também consideradas mineralizações associadas a remobilizações de sulfuretos presentes em contextos geológicos distintos dos indicados anteriormente. O conhecimento sobre este tipo de mineralizações filonianas é muito importante em projetos de prospeção.

Finalmente, outra parte dos indícios, principalmente os situados no setor NE e S da FPI, são referentes a filões encaixados em rochas granitoides do Batólito da Sierra Norte de Sevilha, concretamente na região de Campofrío. Neste caso são provavelmente similares às mineralizações filonianas de Pb e Pb-Zn. De acordo com estudos feitos em outras secções é possível que tenham relação hidrotermal tardivarisca e que não resultem de reservatórios de metais relacionados com os sistemas dos sulfuretos maciços, pelo menos uma proporção significativa.

1.7. MINERALIZAÇÕES FILONIANAS DE COBRE NO SETOR PORTUGUÊS

No setor português da Faixa Piritosa ocorrem dezenas de filões de cobre, caracterizados por estruturas subverticais, quase sempre discordantes (Matos & Filipe, Eds., LNEG 2013). Como exemplo de estruturas filonianas apresentam-se os casos das regiões de Castro Verde – Almodôvar e de Martinlongo – Odeleite, situadas no Baixo Alentejo e no Algarve. Em comum, tratam-se de estruturas filonianas associadas a falhas tardi-Variscas e/ou Eo-Alpinas, subverticais, com sulfuretos + quartzo + carbonatos e raros sulfossais. Alguns filões são ricos em calcopirite tendo sido explorados sobretudo entre a segunda metade do séc. XIX e princípios do séc. XX (Matos et al.*, 2003; 2008; Reiser* et al.*, 2011). Em algumas estruturas como é o caso das minas situadas junto a Fortes, no vale da ribeira de Odeleite, ocorreu exploração mineira durante a época romana (Matos* et al.*, 2011).*

As minas de cobre de tipo filoniano da região de Castro Verde-Almodôvar, como ***Porteirinhos (nº 219) e Brancanes (nº 229)****, formaram-se pelo preenchimento de falhas por fluidos ricos em cobre, durante o período tardi-Varisco e ou Eo-Alpino (Fig. 27). A mina de Brancanes, localizada na freguesia de Almodôvar em sedimentos turbidíticos da Formação de Mértola (Viseano sup.), apresenta ainda hoje ruínas das infraestruturas mineiras, as quais permitem compreender os métodos e a escala da mineração aí efetuada. A empresa The Brancannes Copper Mining Cª iniciou a sua actividade em 1883, extraindo cobre de um filão com atitude N45°W,*

inclinación 50°E, rico en calcopirita y pirita, acompañadas de cuarzo y carbonatos (Matos, 2007). En la zona superficial del yacimiento, la mineralización de cobre estaba representada por malaquita, azurita y covellina. En 1880, las aguas de la mina y la extracción se realizaban usando fuerza animal y más tarde, con maquinas de vapor. Al describir la mina en 1894, Manuel Pego ya indicaba la presencia de numerosas labores romanas y mencionaba que la explotación se encontraba en ruinas y abandonada (Matos, 2007) Fig. 28.

50°E, rico em calcopirite e pirite, acompanhadas de quartzo e carbonatos (Matos, 2007). No sector superficial do jazigo a mineralização de cobre era representada por malaquite, rara azurite e covelite. O esgoto e a extração eram realizados em 1880 com recurso a força animal e, posteriormente, com força de vapor. Ao descrever a mina em 1894, Manuel Pego indica a presença de numerosos trabalhos romanos e refere que esta já se encontra em ruínas e em fase de abandono (Matos, 2007), Fig. 28.

Figura 27:
Parroquia de Sta. Bárbara en la FPI (Carta Geológica 1/200.000 Fl. 8, SGP, Oliveira *et al.*, 1992).

Figura 27:
Freguesia de Sta. Bárbara na FPI (Carta Geológica 1/200 000 Fl. 8, SGP, Oliveira et al.*, 1992).*

Áreas mineras activas / ***Áreas mineiras ativas:***
Sulfuros masivos / *Sulfuretos maciços* (Cu, Zn, Sn):
1-Mina de Neves Corvo

Minas abandonadas:
Filones de Cu / *Filões de cobre*
2-Porteirinhos, 3-Brancanes, 4-Algaré, 5-Barrigão
Óxidos de Mn y Fe / *Óxidos de manganês e ferro:*
6-Ferragudo, 7-Castelo e Ferrarias
Filones de Ba-Pb / *Filões de bário e chumbo:*
8-Misericórdia, 9-Serpe, 10-Chada
Formaciones geológicas: Mt-Fm. Mértola; CVS: Xv-Pizarras silíceas, x-Pizarras moradas; J-jaspes; Vα-vulcanitas ácidas; Vβ-v. básicas; Fq-Grupo PQ.
Formações geológicas: Mt-Fm. Mértola; Comp. Vulcano-Sedimentar: Xv-xistos siliciosos, x-borra-de-vinho; J-jaspes; Vα-vulcanitos ácidos; Vβ-v. básicos; Fq-Grupo Filito-Quartzítico.

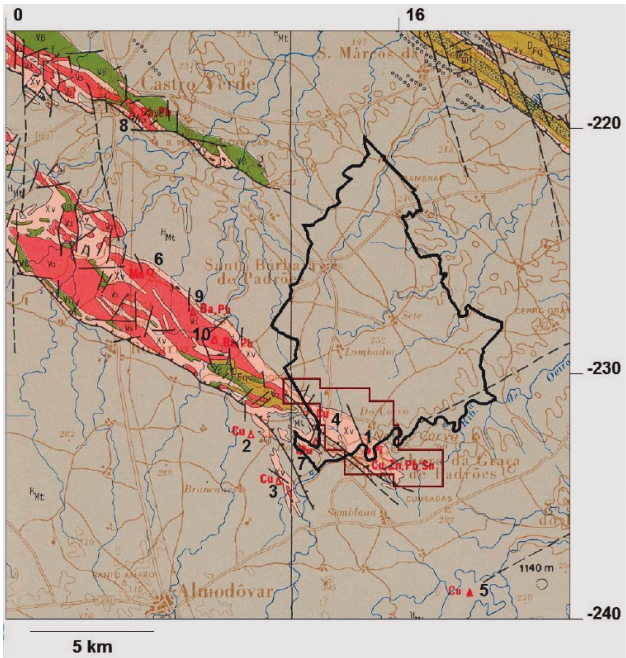


Figura 28:
Mina de cobre de Brancanes, chimenea y ruinas.

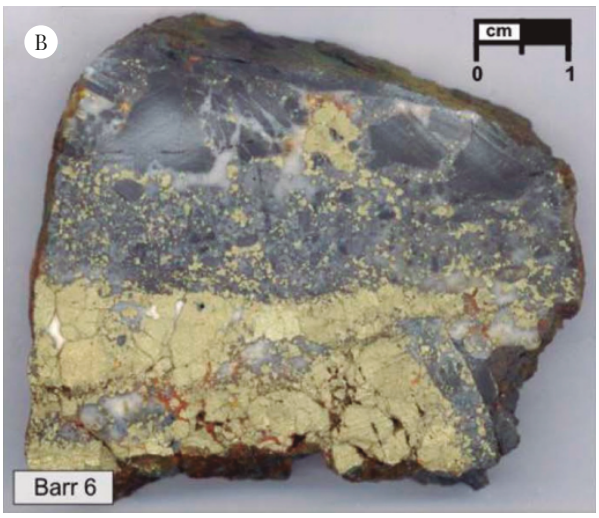
Figura 28:
Mina de cobre de Brancanes, chaminé e ruínas.

La **mina de Barrigão (nº 245)**, localizada en Almodôvar, incluye las antiguas concesiones de Cerro das Ferrarias, registro 110, Cerro de Martim Annes, registro 111 y Cerro do Monte do Gato, registro 112, todas asignadas el 16-06-1875 (García, 1946). El depósito está formado por dos sistemas filonianos principales de potencia métrica, que convergen entre sí. Las rocas encajantes son pizarras y grauvacas de la Formación Mértola, del Grupo del Flysch do Baixo Alentejo (Culm). La orientación de la estructura mineralizada es de N45°E a N25°E, con una inclinación de 80°SE (Matos & Rosa, 2001) Fig. 29, estando la paragénesis formada por calcopirita, tetraedrita, pirita y arsenopirita, con una ganga formada por cuarzo y carbonatos (calcita y siderita). La mineralización supergénica está representada por malaquita y azurita.

La exploración fue subterránea, mediante galerías y pozos con profundidades entre 20 y 45 m, extendiéndose las labores mineras sobre una extensión de 1.800 m. La estructura filoniana está asociada con fallas de desgarre, con varias fases de brechificación. Reiser *et al.* (2011) indican 4 episodios de mineralización hidrotermal de calcopirita + tennantita - tetrahedrita, con porcentajes más bajos de arsenopirita, pirita y lollingita. Estos autores también identificaron bornita, covellina y digenita supergénicas. La mineralización primaria reveló contenidos de 320 mg kg-1 en estaño y 61 mg kg-1 en germanio, encontrándose estos estos elementos en la calcopirita.

*A **mina de cobre do Barrigão (nº 245)**, localizada em Almodôvar, contempla as antigas concessões de Cerro das Ferrarias (nº 110), Cerro de Martim Anes (nº 111) e Cerro do Monte do Gato (nº 112), todas atribuídas em 16-06-1875 (Garcia, 1946). O jazigo é formado por dois sistemas filonianos principais, convergentes entre si, com possanças métricas. As rochas encaixantes são xistos e grauvaques da Formação de Mértola do Gr. do Flysch do Baixo Alentejo (Culm). A atitude da estrutura mineralizada é de N45°E a N25°E, inclinação 80°SE (Matos & Rosa, 2001, Fig. 29), sendo a respetiva paragénese é formada por calcopirite, rara tetraedrite, pirite e arsenopirite, em ganga de quartzo e carbonatos (calcite e siderite). A mineralização supergénica é representada por malaquite e azurite.*

A exploração foi subterrânea, em galerias e poços com profundidades entre 20 e 45m, sendo os trabalhos mineiros dispersos numa extensão de 1 800m. A estrutura filoniana está associada a falhas de tipo desligamento, ocorrendo várias fases de brechificação. Reiser et al. *(2011) indicam 4 episódios de mineralização hidrotermal de calcopirite + tenantite - tetraedrite, com percentagens menores de arsenopirite, pirite e lolingite. Estes autores identificaram ainda bornite, covelite e digenite supergénicas. A mineralização primária revelou teores de 320 mg kg-1 em estanho e 61 mg kg-1 em germânio, encontrando-se estes elementos inclusos na calcopirite.*



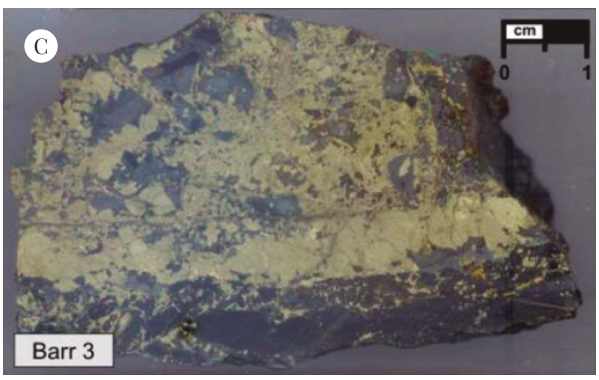


Figura 29:
A: mina de Barrigão;
B y C: mineral brechificado (calcopirita y sulfosales, en Reiser *et al.*, 2011).

Figura 29:
A: mina do Barrigão;
B e C: minério brechificado (calcopirite e sulfossais, in Reiser et al.*, 2011.*

En la región Martinlongo-Odeleite, se encuentra la **Mina de Ferrarias (nº 271)**, actualmente integrada en el Parque Mineiro Cova dos Mouros, Martinlongo. La actividad minera en esta mina, tuvo lugar en la segunda mitad del siglo XIX, de manera similar a lo que sucedió en otras minas en la región de Martinlongo-Vaqueiros-Odeleite. La concesión minera fue solicitada en 1868 por João Teixeira para una mina llamada Cova dos Mouros, en referencia a las antiguas labores realizadas por los musulmanes (Matos *et al.*, 2003). Hasta alrededor de 1890, la minería se llevó a cabo sobre dos filones asociados con zonas de falla rellenas por calcopirita, con una longitud total de 240 m (falla de Caeira) y 130 m (falla de Romeirosa). Las galerías mineras se distribuían en 5 pisos situados a cotas de 162, 152, 137, 125 y 112, este último ubicado a unos 90 m de profundidad. El mineral era extraído a través del pozo Romeirosa y a través de la galería transversal principal, que después de la trituración y clasificación permitía asegurar la producción de concentrado con un 30% de cobre. Análisis realizados en las escombreras indicaron valores de 3,51 y 1,66% de Cu (Silva, 1963), Fig. 30.

*Na região de Martinlongo- Odeleite, encontra-se a **Mina de Ferrarias (nº 271)**, atualmente integrada no Parque Mineiro Cova dos Mouros, Martinlongo. A atividade extrativa da Mina de Ferrarias ocorreu na segunda metade do séc. XIX, à semelhança do que aconteceu em outras minas da região de Martinlongo-Vaqueiros-Odeleite. A concessão mineira foi solicitada em 1868 por João Teixeira para uma mina então designada por Cova dos Mouros, por alusão a antigos trabalhos efetuados por povos muçulmanos (Matos* et al.*, 2003). Até cerca de 1890 foi feita lavra sobre dois filões associados a zonas de falha preenchidas por calcopirite, com um comprimento total de 240 m (falha da Caeira) e 130 m (falha da Romeirosa). As galerias mineiras distribuíam-se por 5 pisos situados a cotas 162, 152, 137, 125 e 112, localizando-se este último a cerca de 90 m de profundidade. Através do poço Romeirosa e pela galeria transversal principal era escoado o minério que, após trituração e escolha, permitia assegurar a produção de concentrado com 30% de cobre. Análises efetuadas nas escombreiras indicaram valores de 3,51 e 1,66% de Cu (Silva, 1963), Fig. 30.*

Figura 30:
Pozo Romeirosa de la mina de Ferrarias, actual Parque Mineiro Cova dos Mouros.

Figura 30:
Poço Romeirosa da mina de Ferrarias, atual Parque Mineiro da Cova dos Mouros.

La estructura mineralizada de Ferrarias está asociada con un sistema de fallas de dirección NE-SW y ENE-WSW y se caracteriza por la presencia de minerales secundarios de cobre en superficie, acompañados de carbonatos y algo de cuarzo. En la galerías mineras, aparecen minerales secundarios como malaquita Cu_2CO_3 $(OH)_2$, tenorita CuO, dioptasa $CuSiO_2(OH)_2$, crisocola $(Cu,Al)_2H_2Si_2O_5(OH)_4.n(H_2O)$, calcosina Cu_2S, atacamita $Cu_2Cl(OH)_3$ y clinoclasa $Cu_3(AsO_4)(OH)_3$ (Matos *et al.*, 2003b). En 1999, el Instituto Geológico e Mineiro (actual LNEG) realizó dos sondeos, en el ámbito de un proyecto de patrimonio minero (Matos & Rosa, 1999), que permitieron reconocer mineralizaciones en brechas de fallas, con un espesor máximo de 5 m. Las rocas encajantes de la mineralización son fragmentos de grauvacas, limolitas y pizarras, cementadas por carbonatos (dolomita, ankerita, siderita y calcita), calcopirita, pirita (escasa) y cuarzo. El análisis de los tramos mineralizados del sondeo CM1 reveló

A estrutura mineralizada de Ferrarias encontra-se associada a um sistema de falhas de direção NE-SW e ENE-WSW e é caracterizada pela presença de minerais secundários de cobre à superfície, acompanhados por carbonatos e algum quartzo. Nas galerias mineiras ocorrem minerais secundários como malaquite $Cu_2CO_3(OH)_2$, tenorite CuO, dioptase $CuSiO_2(OH)_2$, crisocola $(Cu,Al)_2H_2Si_2O_5(OH)_4.n(H_2O)$, calcocite Cu_2S, atacamite $Cu_2Cl(OH)_3$ e clinoclase $Cu_3(AsO_4)(OH)_3$ (Matos et al.*, 2003b). Em 1999 o Instituto Geológico e Mineiro (atual LNEG) realizou duas sondagens, no âmbito de um projeto de património (Matos & Rosa, 1999), as quais permitiram reconhecer mineralizações em brechas de falha, com uma espessura máxima de 5 m. As rochas encaixantes da mineralização são fragmentos de grauvaque, siltito e xisto, que se encontram consolidados por carbonatos (dolomite, anquerite, siderite e calcite), calcopirite, rara pirite e quartzo. A análise dos troços mineralizados da sondagem*

un contenido máximo de 4,03% Cu, Fig. 31. Debido a sus características, la mineralización de sulfuros de Ferrarias se habría originado por la ascensión de fluidos carbonatados y cupríferos a lo largo de las fallas de Caeira y Romeirosa, que ocuparon los espacios vacíos resultantes de la cataclasis de las rocas. El rejuego posterior de las fallas originó la fracturación-brechificación de las venas mineralizadas, así como de las litologías encajantes, siendo la causa de la existencia de fragmentos de calcopirita y carbonatos visibles en los huecos de fallas, así como de los clastos líticos con venas de carbonato + calcopirita (Matos & Rosa, 1999; Matos *et al.*, 2003).

CM1 revelou um teor máximo de 4,03% de Cu, Fig. 31. Pelas suas características a mineralização de sulfuretos de Ferrarias terá tido origem na ascensão de fluidos carbonatados e cupríferos ao longo das falhas Caeira e Romeirosa os quais ocuparam os espaços vazios resultantes da cataclase das rochas. A atividade posterior das falhas, ao longo do tempo, originou a fracturação dos veios mineralizados anteriormente formados, bem como das litologias encaixantes, sendo responsável pelos fragmentos de calcopirite e carbonatos visíveis nas brechas de falha, bem como pelos clastos líticos com veios de carbonatos + calcopirite (Matos & Rosa, 1999; Matos et al.*, 2003).*

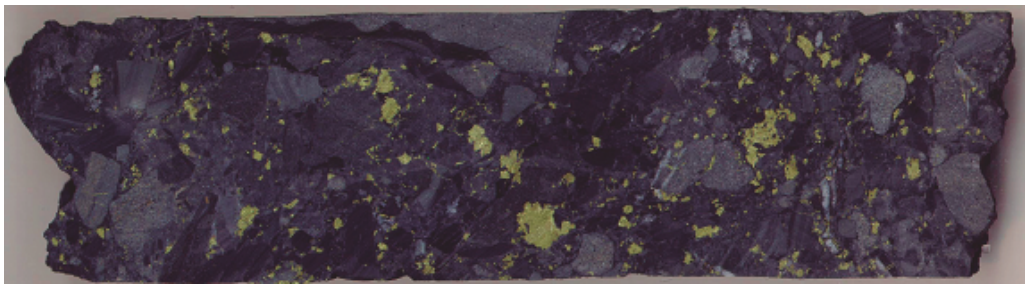


Figura 31: Brecha de falla con fragmentos de calcopirita + carbonatos (sondeo CM1-84,2m), Matos *et al.*, 2003.

Figura 31: *Brecha de falha com fragmentos de calcopirite + carbonatos (sondagem CM1-84,2m), Matos* et al.*, 2003.*

La morfología de la mineralización observada en Ferrarias permite su comparación con otras estructuras cupríferas también asociadas con fallas tardi-hercínicas de dirección NE-SW de la Zona Surportuguesa (Barrigão, Martinlongo, Alcaria Queimada, Furnazinhas y Sta. Marta), así como de la Zona de Ossa-Morena (minas Aparis y Botefa), Mateus *et al.* (2003). Los perfiles sísmicos realizados en la región SE de Neves-Corvo permitieron identificar fallas tardías de este tipo, con una extensión en profundidad superior a 5 km (Inverno *et al.*, 2015b; Carvalho *et al.*, 2016).

A morfologia da mineralização observada em Ferrarias permite a sua comparação com outras estruturas cupríferas igualmente associadas a falhas tardi-hercínicas de direção NE-SW da Zona Sul Portuguesa (Barrigão, Martinlongo, Alcaria Queimada, Furnazinhas e Sta. Marta) bem como da Zona Ossa-Morena (minas de Aparis e Botefa), Mateus et al. *(2003). Perfis de sísmica efetuados na região SE de Neves-Corvo, permitiram identificar falhas tardias deste tipo, com extensão em profundidade superior a 5 km (Inverno* et al.*, 2015b; Carvalho* et al.*, 2016).*

Finalmente, en el actual mapa 1:400.000 están representadas mineralizaciones filonianas de cobre que aparecen en rocas encajantes de edad mesozoica. Normalmente presentan una orientación discordante, caracterizándose por calcopirita y minerales secundarios resultantes de su alteración, como malaquita o azurita. Representan este tipo de mineralización las minas de **Fateota (nº 18), Ademas de Cima y Casa Telhada do Meio (nº 12)** localizadas en la región de Santiago do Cacém y las minas de **Adoalho (nº 212)**, Alte (Cerro das Minas), Pedra do Leão, Pico Alto, S. Bartolomeu de Messines, **Santo Estevão (nº 238)**, Querença y **Vendinha do Esteval (nº 291)**, localizadas en el Algarve (Matos & Filipe Eds., LNEG, 2013).

Na carta 1:400.000 estão representadas mineralizações filonianas de cobre que ocorrem em rochas encaixantes de idade mesozoica. Normalmente apresentam uma orientação discordante, sendo caracterizadas por calcopirite e minerais secundários resultantes da sua alteração, como malaquite ou azurite. Representam este tipo de mineralização as minas de ***Fateota (nº 18), Ademas de Cima e Casa Telhada do Meio (nº 12)*** *situadas na região de Santiago do Cacém e as minas de* ***Adoalho (nº 212)****, Alte (Cerro das Minas), Pedra do Leão, Pico Alto, S. Bartolomeu de Messines,* ***Santo Estevão (nº 238)****, Querença e* ***Vendinha do Esteval (nº 291)****, localizadas no Algarve (Matos & Filipe Eds., LNEG, 2013).*

Las mineralizaciones de Fateota y Ademas se caracterizan por brechas mineralizadas y venas de malaquita, cuprita, azurita (escasa) y calcosina, asociadas a niveles carbonata-

As mineralizações de Fateota e Ademas são caracterizadas por brechas mineralizadas e veios de malaquite, cuprite e rara azurite e calcocite, estando associadas a níveis car-

dos, que aparecen en areniscas y conglomerados del techo de la Formación Arenitos de Silves (Triásico superior), (Invierno *et al.*, 2013; Dias *et al.*, 2016; Matos, 2016). En la región de Deixa-o-Resto, cerca de Santiago do Cacém, también fueron identificados pequeños *gossans*, correspondientes a diseminaciones de sulfuros oxidados, presentes en calizas dolomíticas con bloques del Complejo Vulcano-Sedimentario de edad Hettangiense/Sinemuriense, Jurásico inferior. (V. Oliveira, 2000, cartografia inédita).

1.8. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE PLOMO-ZINC EN EL SECTOR ESPAÑOL DE LA FPI

En la FPI española aparecen una serie de 13 mineralizaciones filonianas de Pb y una de Pb-Zn. Son las siguientes: Sur de Higuera (nº 532), Cuatro Amigos (nº 631), mina Dedi (nº 319), mina María Cristina u Odalisca (nº 305), Diana o Tallesca (nº 606), Loma de las Peñuelas (nº 611), mina de El Rosario (nº 627), mina Aurora (nº 441) y Los Ángeles (nº 583). De ellas, las de Diana o Tallesca, Loma de las Peñuelas y la mina del Rosario corresponden a filones de Pb-Zn, la mina Aurora a un filón de Pb-Ba, mencionado en el apartado correspondiente a las mineralizaciones filonianas de barita y, Los Ángeles a un filón de F-Pb-Zn mencionado en el apartado dedicado a las mineralizaciones de fluorita-plomo.

Un grupo de estas mineralizaciones (Sur de Higuera, Los Ángeles, Diana o Tallesca, Loma de las Peñuelas, la mina del Rosario y la de Cuatro Amigos) situadas al NE de la FPI, aunque algo dispersas, tienen en común el estar encajadas sus estructuras en rocas graníticas del Batolito de la Sierra Norte, en las cercanías de la localidad de La Granada de Riotinto. Pueden también aparecer en sedimentos del Grupo PQ, en la proximidad de rocas graníticas. Tienen direcciones variables aunque todas se ajustan a los rumbos N50-60°E, N80-100°E o N130-140°E, es decir, que se adaptan a las direcciones de fracturación varisca. Todas ellas, al igual que los filones de baritina, son relacionables con las mineralizaciones tardivariscas producidas por sistemas hidrotermales someros y cuya fuente de metales puede provenir de las rocas de su entorno inmediato.

La utilización de la geoquímica isotópica del Pb (Marcoux & Sáez, 1994), ha permitido asignar a la mineralización de **Diana o Tallesca (nº 606)**, una composición isotópica que se desvía muy poco de la composición de los sulfuros masivos, por lo que los autores suponen que los fluidos hidrotermales que la formaron contenían un plomo, al menos en una parte, de posible filiación vulcanosedimentaria. Esta mineralización surge asociada a una importante fractura regional de orientación N70°E que transcurre hacia el SW en un entorno muy próximo al sulfuro masivo de mina Admirable, en

bonatados, que ocorrem em grés e conglomerados do topo da Formação Arenitos de Silves (Triásico superior), (Inverno et al.*, 2013; Dias* et al.*, 2016; Matos, 2016). Na região de Deixa-o-Resto, próximo de Santiago do Cacém, foram ainda identificados pequenos chapéus de ferro, correspondentes a disseminações de sulfuretos oxidados, presentes em calcários dolomíticos com plaquetas do Complexo Vulcano-Sedimentar de idade Hettangiano/Sinemuriano (V. Oliveira, 2000, cartografia inédita).*

1.8. MINERALIZAÇÕES FILONIANAS DE CHUMBO-ZINCO NO SETOR ESPANHOL DA FPI

No setor espanhol da FPI existem 13 mineralizações filonianas de Pb e uma de Pb-Zn, as quais são as seguintes: Sur de Higuera (nº 532), Cuatro Amigos (nº 631), mina Dedi (nº 319), mina María Cristina ou Odalisca (nº 305), Diana ou Tallesca (nº 606), Loma de las Peñuelas (nº 611), mina de El Rosario (nº 627), mina Aurora (nº 441) e Los Ángeles (nº 583). Entre essas, as de Diana ou Tallesca, Loma de las Peñuelas e mina El Rosario correspondem a filões de Pb-Zn. A mina Aurora é referente a um filão de Pb-Ba, indicado na secção correspondente às mineralizações filonianas de barite. Na mina de Los Ángeles foi explorado um filão de F-Pb-Zn, que se encontra mencionado na secção dedicada as mineralizações de fluorite- Chumbo.

Um grupo destas mineralizações (Sur de Higuera, Los Ángeles, Diana o Tallesca, Loma de las Peñuelas, mina do Rosario e Cuatro Amigos) situa-se a NE da FPI. Embora se encontrem algo dispersas estas mineralizações têm em comum o facto de se encontrarem instaladas em rochas graníticas do Batólito de Sierra Norte, localizando-se em redor de La Granada de Riotinto. Podem também encontrar-se em sedimentos do Grupo PQ, mas na proximidade das rochas graníticas. Apresentam direções variáveis, na sua maioria N50-60°E, N80-100°E ou N130-140°E, ou seja, a sua instalação foi condicionada por direções de fracturação varisca. Todas elas, tal como os filões de barite, são relacionáveis com as mineralizações tardivariscas produzidas por sistemas hidrotermais superficiais, cuja fonte de metais pode provir das rochas encaixantes.

Dados de geoquímica isótopica de Pb (Marcoux & Sáez, 1994) sobre a mineralização de ***Diana ou Tallesca (nº 606)*** *revelaram uma composição isotópica não muito distante da observada em sulfuretos maciços. Segundo estes autores, os fluidos hidrotermais que geraram as mineralizações filonianas continham chumbo, ou pelo menos uma parte, de possível afiliação vulcano-sedimentar. Esta mineralização surge associada a uma importante fratura regional de orientação N70°E, que se desenvolve para SW, num enquadramento geológico próximo dos sulfuretos maciços explorados na mina*

Castillo de las Guardas, localizado a escasos km al SW de la mina Diana. Algo similar podría ocurrir con la mina **Rosario (nº 627)**, situada en otra importante discontinuidad regional (N55°E) que se prolonga hasta el distrito de Aznalcóllar. Las restantes mineralizaciones (mina Dedi, mina María Cristina en el flanco S del anticlinorio de Puebla de Guzmán) encajan en afloramientos de escasa entidad de diabasas, pero en proximidad del núcleo de la estructura antiformal, que está constituido por pizarras y cuarcitas del Grupo PQ. Las estructuras filonianas presentan una dirección N50°E en mina Cristina y N150°E en mina Dedi.

La mineralización de más entidad es la de **mina Dedi (nº 319)**, formada por dos filones paralelos separados entre sí por una distancia de 400 m. Ambos fueron explotados por labores de interior a las que se accedía por cuatro pozos mineros, dos de 90 m de profundidad en el filón principal y otros dos, de unos 40 m de profundidad, en el filón NW. Los trabajos se desarrollaban en cinco pisos. La mina Dedi estuvo activa, con intermitencias, de 1872 a 1881. La galena extraída era de carácter argentífero, con un todo uno entre 120 y 180 mg kg-1 de Ag. Las labores mineras son actualmente irreconocibles.

Tanto esta mineralización filoniana, como la de mina María Cristina, corresponden a filones tardivariscos, cuya fuente de metales está probablemente relacionada con los materiales detríticos del Grupo PQ.

1.9. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE COBRE-PLOMO-ZINC EN EL SECTOR ESPAÑOL DE LA FPI

Existe un grupo de 8 mineralizaciones filonianas que poseen una asociación mineralógica que incluye, en forma muy extensiva, metales básicos y pirita. Normalmente suelen ir acompañados por otros minerales propios de esa paragénesis, como tetraedrita. Son ejemplos de este tipo de mineralizaciones las minas de Las Viñas (nº 497), Juncalejo (nº 628), Paraje de Juncalejo (nº 626), Meseta de los Guijos (nº 640), Las Completas (nº 618), mina Honda (nº 623), Nuestra Señora del Amparo y de la Unión (nº 624), mina de El Caliche.

Las mineralizaciones de Las Completas, Mina Honda, Nuestra Señora del Amparo y de la Unión y mina de El Caliche, constituyen una agrupación de una cierta entidad e importancia localizada en el alto Corumbel. Se trata de estructuras filonianas, orientadas en la dirección E-W, que se encuentran asociadas a fracturas extensionales, en una zona alejada de las mineralizaciones de sulfuros masivos vulcanosedimentarios. Están situadas junto a un pequeño *stockwork* intrusivo, similar a los cuerpos graníticos de Gerena (BSN). Estos factores, además del uso de los isótopos de Pb (Marcoux &

*Admirable, situada poucos quilómetros a SW, em Castillo de las Guardas. Um modelo semelhante pode ser considerado na mina **Rosario (nº 627)**, situada junto a outra fratura regional de direção N55°E, que se prolonga até ao distrito de Aznalcóllar. As restantes mineralizações (minas Dedi e María Cristina situadas no flanco S do anticlinório de Puebla de Guzman) ocorrem em afloramentos pouco abundantes de diábases que se observam nas proximidades do núcleo da estrutura antiforma, representado por xistos e quartzitos do Grupo PQ. As estruturas filonianas apresentam uma direção N50°E em mina Cristina e N150°E em mina Dedi.*

*A mineralização da **mina Dedi (nº 319)** tem maior expressão sendo formada por dois filões paralelos, separados entre si por uma distância de 400m. Ambos foram explorados através de galerias sendo o acesso assegurado por quatro poços mineiros, dois com 90 m de profundidade e situados no filão principal, e outros dois, localizados no filão NW e com 40 m de profundidade. Os trabalhos eram desenvolvidos em cinco pisos. A mina Dedi esteve ativa com algumas paragens, entre 1872 e 1881. A galena extraída era argentífera apresentando teores entre 120 e 180 mg kg-1 Ag. Os trabalhos mineiros estão atualmente irreconhecíveis.*

Esta mineralização filoniana como a da mina María Cristina, correspondem a filões tardivariscos, cuja fonte de metais está provavelmente relacionada com os sedimentos siliciclástico do Grupo PQ.

1.9. MINERALIZAÇÕES FILONIANAS DE COBRE CHUMBO ZINCO NO SETOR ESPANHOL DA FPI

Existe um grupo de oito mineralizações filonianas que possuem uma associação mineralógica que inclui de forma muito extensiva, metais básicos e pirite. Geralmente ocorrem ainda outros minerais típicos desta paragénese como tetraedrite. São exemplo deste tipo de mineralizações filonianas as minas Las Viñas (nº 497), Juncalejo (nº 628), Paraje de Juncalejo (nº 626), Meseta de los Guijos (nº 640), Las Completas (nº 618), mina Honda (nº 623), Nuestra Señora del Amparo e La Unión (nº 624) e a mina de El Caliche.

As mineralizações de Las Completas, Mina Honda, Nuestra Señora del Amparo e La Unión e mina El Caliche, constituem um agrupamento com uma certa entidade e importância localizado no alto Corumbel. Tratam-se de estruturas filonianas com direção E-W que se encontram instaladas em fraturas extensionais, localizadas numa área distal às mineralizações de sulfuretos maciços vulcano-sedimentares, surgindo, porém, próximo de pequeno stockwork *intrusivo, semelhante aos corpos graníticos de Gerena (BSN). Dados de geoquímica de isótopos de Pb (Marcoux & Sáez, 1994)*

Sáez, 1994), que indican para estos yacimientos una composición más radiogénica del Pb que las de los yacimientos de sulfuros masivos, inducen a atribuirles un origen hidrotermal tardivarisco posiblemente activado por un foco térmico relacionado con rocas ígneas subaflorantes próximas.

En el caso de la mineralización de la mina Las Viñas, situada en un entorno muy próximo a los yacimientos de Sotiel y de Migollas, Marcoux & Sáez (1994), constataron una signatura isotópica de Pb muy similar a la de los sulfuros masivos. En este modelo, la mineralización filoniana probablemente se habría formado en un proceso de removilización a partir de un protolito representado por sulfuros masivos.

Las mineralizaciones de Meseta del Guijo, Juncalejo y Paraje de Juncalejo están representadas por estructuras filonianas de orientación E-W y situadas en materiales del grupo PQ. La ausencia de datos isotópicos de Pb, no es posible atribuirles una filiación vulcanogénica o una relación con hidrotermalismo tardivarisco. Sin embargo, su relativa proximidad a un importante distrito metalogénico como la FPI, permite presuponer una probable herencia vulcanosedimentaria.

Las labores mineras existentes en la mayor parte de estas mineralizaciones, consisten en pocillos y pozos de hasta 8 m de profundidad, galerías y trincheras. Tan sólo en los indicios pertenecientes al Grupo río Corumbel, aparecen labores de mayor entidad, así, en Las Completas existe un pozo maestro profundo e inundado, varios pozos más y una serie de galerías en dirección E-W, paralelas a la dirección de las pizarras. La explotación tuvo lugar por realces. Los primeros trabajos conocidos se desarrollaron en 1871 y su mayor actividad fue entre 1893 a 1898. En 1909 cerró, debido a una gran bajada de la cotización del plomo en el mercado. Asimismo, en el indicio de Nª Sª del Amparo y de la Unión existen pocillos, pozos, socavones y trincherillas. Hay un pozo maestro de 3,20 x 1,50 m y 78 m de profundidad y un socavón emboquillado en la margen izquierda del río Corumbel de 1,30 x 1,90 m de sección y 178 m de longitud, que cortó 5 filones.

1.10. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE FLUORITA Y FLUORITA-PLOMO EN EL SECTOR ESPAÑOL DE LA FPI

Existen dos mineralizaciones filonianas de F o F-Pb en la FPI, en las proximidades del Castillo de las Guardas. Son las correspondientes a la mina de **Los Ángeles (nº 583)** y al indicio ***Norte del Cortijo del Asturiano (nº 541)***.

La mineralización de Los Ángeles, localizada en La Granada de Riotinto, está representada por filones encajados en granitos porfídicos (Granito de El Crispinejo; Díez Montes *et al.*,

indicam que estes jazigos mostram uma composição mais radiogénica de Pb relativamente às mineralizações de sulfuretos maciços, sendo a sua afiliação vulcano-sedimentar. Estes argumentos permitem atribuir uma origem hidrotermal tardi-varisca, possivelmente associada com um foco térmico, relacionado com rochas ígneas sub aflorantes próximas.

No caso da mineralização de Las Viñas, situada muito próxima dos jazigos de Sotiel e de Migollas, Marcoux & Sáez (1994), constataram a presença de um registo isotópico de Pb muito similar ao dos sulfuretos maciços. Neste modelo a mineralização filoniana terá sido formada provavelmente num processo de remobilização a partir de um protólito representado por sulfuretos maciços.

As mineralizações Meseta del Guijo, Juncalejo e Paraje de Juncalejo são representadas por estruturas filonianas de orientação E-W, que ocorrem em rochas do Grupo PQ. A ausência de dados isotópicos de Pb não lhe permite admitir uma filiação vulcanogénica ou uma relação com o hidrotermalismo tardivarisco. No entanto, a sua proximidade relativamente a um distrito metalogénico como a FPI pressupõe uma provável herança vulcano-sedimentar.

Os trabalhos mineiros existentes na maior parte destas mineralizações, consistem em poços muito pequenos e outros com profundidade até 8 m, galerias e trincheiras. Apenas no caso dos indícios atribuídos ao Grupo rio Corumbel, surgem trabalhos com maior dimensão, como em Las Completas onde existe um poço mestre profundo e inundado, vários poços e uma série de galerias com direção E-W, paralela à direção dos xistos encaixantes. A exploração mineira foi intermitente tendo os primeiros trabalhos sido desenvolvidos em 1871. O período de maior atividade decorreu entre 1893 e 1898, tendo a mina encerrado em 1909 devido a uma grande desvalorização da cotação de chumbo no mercado. No indício de Nª Sª del Amparo y de La Unión existem pequenos poços, poços, túneis e trincheiras, existindo um poço mestre de 3,20 m x 1,50 m e 78 m de profundidade e uma galeria soterrada, situada na margem esquerda do rio Corumbel, com uma seção de 1,30 m x 1,90 m e 178 m de longitude, a qual corta 5 filões.

1.10. MINERALIZAÇÕES FILONIANAS DE FLUORITE E FLUORITE-CHUMBO NO SETOR ESPANHOL DA FPI

*Existem duas mineralizações filoninanas de F ou F-Pb na FPI localizadas nas proximidades de Castillo de las Guardas, sendo respresentadas pela mina **Los Ángeles (nº 583)** e pelo indício **Norte del Cortijo del Asturiano (nº 541)**.*

A mineralização de Los Ángeles situa-se em La Granada de Riotinto e é representada por filões encaixado em granitos

1999, 2017), y en granitos y tonalitas del Batolito de la Sierra Norte. En la mina existen dos filones paralelos que constituyen el relleno de fracturas asociadas a una importante falla regional que afecta al granito. El filón S tiene una potencia máxima de 2,5 m y una corrida de 850 m en la dirección N110°E con buzamiento al S.

El filón N o filón Los Ángeles, es el principal, tiene 2,5 km de corrida 0,15 a 15 m de potencia y un buzamiento de 60-80°S. En su estructura filoniana aparece un pórfido granítico brechoide además del propio relleno de cuarzo. La mineralización tiene una disposición discontinua, teniendo los lentejones mineralizados dimensiones de 200 m por 100 de profundidad. Las estructuras más frecuentes presentan 50 m por 100 m de profundidad y están separadas por zonas estériles de casi las mismas dimensiones. Las rocas graníticas de caja muestran efectos de una reducida silicificación. La paragénesis filoniana está formada por cuarzo con fluorita, galena, esfalerita, como componentes principales y calcopirita, arsenopirita, tetraedrita, cobaltina y hematites como minerales secundarios, apareciendo también covellina, calcosina, bornita y cerusita como minerales de origen supergénico. El relleno filoniano muestra localmente estructuras brechoides, estructuras zonadas (con el cuarzo en las zonas externas) o masivas, con los minerales metálicos diseminados sin aparente organización. En general, la galena y la esfalerita aparecían preferentemente en la mitad superior del filón (en su lado S), caracterizada por una alta proporción de cuarzo, mientras que en el borde N, que es más regular, presenta mayores concentraciones de fluorita.

Este pequeño yacimiento se explotó mediante minería subterránea en tres niveles de galerías en dirección situadas a profundidades de 60, 90 y 120 m, a las que se accedía a través de un pozo de 120 m. En superficie existen numerosos trincherones en dirección que hacen suponer una extracción inicial a cielo abierto. La última empresa explotadora finalizó la actividad minera en 1975, después de unos 10-12 años de labores mineras. El mineral explotado tenía unos contenidos medios de 50% de F_2Ca, 2% de Pb, 2,5% de Zn. La distribución de leyes en el yacimiento mostraba una disminución de éstas en profundidad. Los concentrados producidos eran de fluorita (vendidos como fluorita ácida) de Pb y de Zn. Hasta 1974 se produjeron un total de 330.000 t de todo uno, de las que se beneficiaron 86.400 t de fluorita de calidad ácida, 7.350 t de concentrado de Pb, con un contenido de 61% de Pb y 700 mg kg-1 de Ag y 7.530 t de concentrados de Zn, con contenidos de 50% de Zn. El cierre estuvo causado por la disminución de potencia y ley del filón en profundidad.

La mineralización filoniana de Norte del Cortijo del Asturiano está localizada unos 10 km al N de la anterior. Está

porfiríticos (Granito de El Crispinejo, Díez Montes et al.*, 1999, 2017) e em granitos e tonalitos do Batólito da Sierra Norte. Na mina existem dois filões paralelos que constituem o preenchimento de fraturas associadas a uma importante falha regional que afeta o granito. O filão sul tem uma espessura máxima de 2,5 m e um comprimento de 850 m na direção N110°E, apresentando inclinação para sul.*

O filão norte, ou filão Los Ángeles, é considerada a estrutura principal, apresentando um comprimento de 2,5 km, 0,15 a 15 m de espessura e uma inclinação de 60-80°S. Na sua estrutura filoniana surge um pórfiro granítico brechóide para além do próprio preenchimento de quartzo. A mineralização tem uma disposição irregular tendo as lentículas mineralizadas 200 m de extensão por 100 m de profundidade. As estruturas mais frequentes apresentam 50 m de extensão por 100 m de profundidade. As zonas mineralizadas encontram-se separadas por zonas estéreis quase da mesma dimensão. As rochas graníticas encaixantes mostram efeitos reduzidos de silicificação. A paragénese filoniana é formada por quartzo com fluorite, galena, esfalerite, como componentes principais e por calcopirite, arsenopirite, tetraedrite, cobaltite e hematite, como minerais secundários, surgindo também covelite, calcocite, bornite e cerusite de origem supergénica. O preenchimento filoniano mostra localmente estruturas brechóides, estruturas zonadas (com quartzo nas zonas externas) ou maciças, com os minerais metálicos disseminados e sem aparente organização. No geral a galena e a esfalerite surgem sobretudo na metade superior do filão (do lado S) caracterizada por maior percentagem de quartzo. O bordo N é mais regular, apresentando maiores concentrações de fluorite.

Este pequeno jazigo foi explorado de forma subterrânea em três níveis de galerias longitudinais situadas a 60, 90 e 120 m de profundidade, às quais se acedia através de um poço com 120 m. À superfície observam-se numerosas trincheiras que supõem uma extração inicial a céu aberto. A última empresa exploradora concluiu a sua atividade em 1975, encerrando um ciclo de lavra ativa iniciado cerca de 10 a 12 anos. O mineral explorado tinha um teor médio de 50% de F_2Ca, 2% Pb e 2,5% Zn. A distribuição de teores no jazigo mostrava uma diminuição em profundidade. Os concentrados produzidos eram de fluorite (vendidos como fluorite ácida) e de Pb e Zn. Até 1974 foram produzidas um total de 330 000 t de concentrados, repartidos por 86 400t de fluorite de qualidade ácida, 7 350 t de concentrado de Pb (com 61% Pb e 700 mg kg-1 Ag) e 7 530 t de concentrados de Zn (com 50% Zn). O encerramento da mina foi provocado pela redução da espessura e teores do filão em profundidade.

A mineralização filoniana de Norte del Cortijo del Asturiano está localizada a cerca de 10 km a N da anterior, encontran-

encajada en un afloramiento de rocas lávicas básicas del CVS, situado en proximidad al granito de Campofrío. Tiene orientación N135°E y está formada por cuarzo y fluorita verde. Sobre la estructura filoniana se observa una calicata de unos 60 m de longitud en dirección.

Este tipo de yacimientos, entre los que puede haber concentraciones de pequeña entidad pero económicamente explotables (como el filón de Los Ángeles), en general corresponden a filones extensionales tardivariscos de baja temperatura, relacionados con sistemas hidrotermales poco profundos y precipitación de metales lixiviados de fuentes litológicas próximas. Díez-Montes *et al.* (2017) relacionan la presencia del granito de El Crispinejo, 300.5 +0.5/-1.5 Ma, con el desarrollo de procesos de fusión cortical y formación de yacimientos de este tipo. Estos procesos son distintos a los observados en los yacimientos de sulfuros masivos.

1.11. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE BARITA EN EL SECTOR ESPAÑOL DE LA FPI

Existen en la FPI ocho manifestaciones de mineralizaciones filonianas de barita que, por su ubicación, pueden tratarse en dos grupos. El primero, formado por los indicios mineros de Seto (nº 422), Socavón El Coso (nº 396), Casa Madroño (nº 404), El Depósito (nº 423) y Aurora (nº 441), siendo este último de Pb-Ba. En general, este grupo presenta una cierta dispersión espacial y se presenta en rocas volcánicas del CVS o en sedimentos del Culm. Aunque situados en estructuras de orientaciones diferentes, este grupo de mineralizaciones presenta similitudes entre sí, apareciendo en estructuras extensionales de potencia métrica. Las paragénesis son simples y el relleno de los filones muestra tendencia a formar estructuras zonadas, con la barita ocupando la zona central y el cuarzo las zonas laterales o de borde.

La mineralización **Aurora (nº 441)** muestra una zonación más evidente, con cuarzo en las zonas externas del filón, barita hacia el interior y galena y esfalerita ocupando el núcleo o zona central del filón. Este tipo de filones son muy parecidos a los que se encuentran en otras zonas del Macizo Ibérico, caracterizados por concentraciones de Ba o de Pb-Ba. Los filones son considerados como tardivariscos, formados por mezcla de disoluciones hidrotermales de temperaturas medias a bajas y en los que la fuente de los metales son las rocas subyacentes y/o encajantes.

El segundo grupo de mineralizaciones está formado por los indicios del Valle de la Sepultura (nº 350), Pasada de los Caballos (nº 351) y Doña Alonso (nº 442), situados mucho más al S, en la zona de Sanlúcar de Guadiana y Lepe. Las estructuras mineralizadas son análogas a las anteriores, apareciendo

do-se entre rochas lávicas básicas do CVS e nas proximidades do granito de Campofrío. Com orientação N135°E, é formada por quartzo e fluorite verde. Sobre a estrutura filoniana observa-se uma sanja longitudinal ao filão, com 60 m de comprimento.

Este tipo de jazigos, podem existir concentrações de pequeno volume, mas com interesse económico sendo exemplo o filão de Los Ángeles. No geral os filões correspondem a estruturas distensivas tardi-variscas, relacionadas com sistemas hidrotermais de baixa temperatura e pouco profundos, onde ocorre a precipitação de metais lixiviados a partir de fontes litológicas próximas. Díez-Montes et al. *(2017) relacionam a presença do granito de El Crispinejo, de idade 300,5 +0,5/-1,5 Ma, com o desenvolvimento de processos de fusão crustal e formação de jazigos deste tipo. Estes processos são distintos dos observados nos jazigos de sulfuretos maciços.*

1.11. MINERALIZAÇÕES FILONIANAS DE BARITE NO SETOR ESPANHOL DA FPI

Existem na FPI oito indícios de mineralizações filonianas de barite que devido à sua localização se podem dividir em dois grupos. O primeiro grupo é formado pelos inícios Seto (nº 422), Socavón El Coso (nº 396), Casa Madroño (nº 404), El Depósito (nº 423) e Aurora (nº 441), sendo este último de Pb-Ba. No geral este grupo apresenta uma certa dispersão espacial ocorrendo em rochas vulcânicas do CVS ou em sedimentos do Culm. Embora apresentem orientações distintas, este tipo de mineralizações é similar ente si, surgindo em estruturas de extensão com espessura métrica. As paragéneses são simples sendo o preenchimento dos filões zonado, ocupando a barite a zona central e o quartzo as zonas laterais ou de bordadura.

A mineralização ***Aurora (nº 441)*** *mostra um zonamento claro com quartzo nas zonas externas do filão e barite no seu interior, sendo o núcleo ou zona central marcado pela presença de galena e esfalerite. Este tipo de filões é muito semelhante aos que ocorrem em outras zonas do Maciço Ibérico sendo caracterizados por concentrações de Ba ou de Pb-Ba. Os filões são considerados como tardivariscos sendo formados pela mistura de soluções hidrotermais de temperatura média a baixa onde a fonte dos metais provém das rochas subjacentes e/ou encaixantes.*

O segundo grupo de mineralizações é formado pelos indicios de Valle de la Sepultura (nº 350), Pasada de los Caballos (nº 351) e Doña Alonso (nº 442), situados muito mais a sul do primeiro e na região de Sanlucar de Guadiana e Lepe. As estruturas mineralizadas são análogas às anteriores, surgindo em sedimentos do Culm ou em

en sedimentos del Culm o en las rocas volcánicas del CVS, en el contacto con las pizarras del Culm. Presentan orientación N-S a N160°E, salvo el filón de Doña Alonso, E-W.

Los trabajos mineros desarrollados en estos indicios son esencialmente de investigación, con pozos de pocos metros de profundidad, trincheras cortando los filones o pequeños socavones. La mina Aurora es la única en la que se desarrolló actividad extractiva para laboreo de plomo.

1.12. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE BARIO Y PLOMO EN EL SECTOR PORTUGUÉS DE LA FPI

En el Bajo Alentejo aparecen mineralizaciones de barita asociadas con estructuras tardi-Variscas y/o Eo-Alpinas, en ocasiones, acompañadas de galena. La extracción de barita siempre ha estado condicionada a las necesidades del mercado, siendo las explotaciones pequeñas y con labores irregulares y llevadas a cabo tanto en cortas como mediante galerías y pozos. Las explotaciones más importantes se encuentran en Cercal (barita como subproducto de la extracción de óxidos de Mn y Fe en las minas de Serra da Mina y Rosalgar, Carvalho, 1971) y en la región de Castro Verde, donde destaca la **mina Branca (nº 187)** (Matos, 2007), ubicado en la Herdade das Pestanas. En esta antigua mina se explotó un filón de barita con galena (escasa) asociada. El filón tenía una orientación N-S, buzamiento 85°E y 1,5 m de potencia, y fue explotado a través de pequeñas cortas y pozos de unos 10 m de profundidad. La técnica de extracción se realizaba a lo largo de la estructura filoniana mediante escalones invertidos. En el año 1924, se extrajeron 1.000 t de barita (Matos, 2007).

1.13. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE ARSÉNICO EN EL SECTOR ESPAÑOL DE LA FPI

Existen ocho indicios de As catalogados en el ámbito de la ZSP. Aparecen formando dos agrupaciones con una fuerte cohesión espacial.

El primer grupo está localizado en la zona de El Castillo de las Guardas, en el entorno de la aldea de Peralejo. Todas las mineralizaciones de este grupo encajan en el granito de Campofrío, que en la zona presenta fracturación de direcciones norteadas y contiene numerosos diques de pórfidos graníticos (incluso aplíticos) y de microgranitos. Este grupo engloba a los indicios de Norte de Peroamigo (nº 579), Cerro del Lobo (nº 607), Santa Lucía (nº 595) y Huerto del Cabo (nº 564). Cerro del Lobo presenta una orientación N145°E, mientras que el resto de las mineralizaciones presentan direcciones que oscilan entre N-S y N40°E. Las estructuras son subverticales excepto Peroamigo, que buza 50°N.

rochas do CVS, no contacto com os xistos do Culm. Apresentam orientação a norte (N-S a N160°E, salvo o filão de Doña Alonso que é E-W).

Os trabalhos mineiros desenvolvidos nestes indícios são essencialmente de prospeção sendo caracterizados por poços com poucos metros de profundidade, trincheiras cortando os filões e pequenos túneis. A mina Aurora é a única onde ocorreu atividade extrativa dedicada ao chumbo.

1.12. MINERALIZAÇÕES FILONIANAS DE BÁRIO E CHUMBO NO SETOR PORTUGUÊS DA FPI

*No Baixo Alentejo ocorrem mineralizações de barite associadas a estruturas filonianas tardi-Variscas e/ou Alpinas, estando por vezes acompanhadas de galena. A extração de barite foi sempre condicionada às necessidades do mercado, sendo as explorações pequenas e de lavra irregular, feita quer em cortas, quer ao longo de galerias e poços. As explorações mais importantes situam-se no Cercal (barite como subproduto da extração de óxidos de Mn e Fe nas minas de Serra da Mina e Rosalgar, Carvalho, 1971) e na região de Castro Verde onde sobressai a **mina Branca (nº 187)** (Matos, 2007), situada na Herdade das Pestanas. Nesta antiga mina explorou-se um filão de barite com rara galena associada. O filão apresentava uma atitude N-S, 85°E e 1,5 m de possança, tendo sido trabalhado através de pequenas cortas e poços com cerca de 10 m de profundidade. A técnica de extração fazia-se ao longo da estrutura filoniana por degraus invertidos. No ano de 1924 terá sido feita a extração de 1 000 t de barite (Matos, 2007).*

1.13. MINERALIZAÇÕES FILONIANAS DE ARSÉNIO NO SETOR ESPANHOL DA FPI

Existem oito indícios de As catalogados no âmbito da ZSP, formando dois agrupamentos com uma forte coesão espacial.

O primeiro grupo localiza-se na zona de Castillo de las Guardas, próximo de Peralejo. Todas as mineralizações deste grupo surgem no granito de Campofrío, que nesta zona apresenta fraturas com direção a norte muitas vezes com diques associados de pórfiros graníticos (incluindo aplitos) e de microgranitos. Este grupo engloba os indícios de Norte de Peroamigo (nº 579), Cerro del Lobo (nº 607), Santa Lucía (nº 595) e Huerto del Cabo (nº 564). Cerro do Lobo apresenta uma direção N145°E enquanto que as restantes mineralizações surgem com direções que oscilam entre N-S e N40°E. As estruturas são verticais exceto Peroamigo que inclina a 50° para N.

En los indicios Huerto del Cabo y Norte de Peroamigo la mineralización aparece en filones de cuarzo, encajados en granitos o en tonalitas del BSN, respectivamente. Los rellenos filonianos están diseminados, siendo representados por algunos cristales de arsenopirita, pirita y calcopirita o tetraedrita. Localmente se observan zonas de silicificación en las rocas graníticas, presentes en los hastiales de los filones. El filón de Peroamigo induce también una pequeña banda de alteración clorítica y de epidotización en la tonalita encajante.

La mina de **Santa Lucía (nº 595)** consiste en una diseminación de sulfuros en un dique de granófido encajado en granodiorita y granito granofídico porfídico. El dique presenta alteración hidrotermal interna, de tipo argílico (caolinita, sericita y silicificación), con contenidos puntuales de 440 mg kg-1 de Cu. La textura interna es granofídica y, en zonas, micrográfica. Los minerales metálicos aparecen diseminados en el cuarzo, estando representados por arsenopirita, con pirita y tetraedrita como accesorios. La arsenopirita contiene Au dentro de su red cristalina del orden de 0,5 a 1,5 mg kg-1 Au. Los contenidos medios estimados para el mineral extraído eran de 20% de As_2O_3. Esta mineralización fue explotada por Indumetal hasta 1950 mediante minería de interior.

La mineralización del indicio de **Cerro del Lobo (nº 607)**, aparece diseminada en un dique de pórfido granítico de dirección N140°E, intruido en una facies granítica porfídica del granito de Campofrío. La intrusión del dique ha provocado una alteración en el granito encajante que consiste en una pequeña diseminación de arsenopirita así como una tenue cloritización. Los minerales metálicos que acompañan a la arsenopirita mayoritaria son pirita y calcopirita, siendo las diseminaciones escasas. Internamente, el dique muestra procesos de silicificación y de cloritización tenues. En este indicio tan sólo ha habido actividades de investigación y registro, consistentes en cinco calicatas de 1,5 m de anchura y 2 m de profundidad en la dirección del dique. A 1,5 km al E existe una calicata en la misma dirección. Las estructuras mineralizadas son de pequeña dimensión, estando relacionadas con fracturas extensionales tardivariscas, comunes en los macizos graníticos y relacionadas con sistemas hidrotermales tardíos y con participación de fluidos de origen ígneo. Estas estructuras son coherentes con la existencia en proximidad de la mineralización filoniana de wolframio de Peralejo, que también contiene arsenopirita.

Los restantes cuatro indicios de As, tienen en común con los anteriores su conexión espacial y su congruencia con la presencia de algunas mineralizaciones de Sn-W cercanas, se trata de **Peña Caballero (nº 616), Charca de los Patos (nº**

Nos indícios Huerto del Cabo e Norte de Peroamigo a mineralização surge em filões de quartzo, encaixados respetivamente em granitos e em tonalitos do BSN. Os preenchimentos filonianos estão disseminados, sendo representados por alguns cristais de arsenopirite, pirite e calcopirite, ou tetraedrite. Localmente observam-se zonas de silicificação nas rochas graníticas, presentes nos hasteais dos filões. O filão de Peroamigo induz também uma pequena banda de alteração clorítica e de epidotização na tonalito encaixante.

*A mina de **Santa Lucía (nº595)**, consiste numa disseminação de sulfuretos num dique de granofíro encaixado em granodioritos e granitos granofíricos e porfiríticos. O dique apresenta alteração hidrotermal interna do tipo argilítico (caulinite, sericite e silicificação) apresentando pontualmente teores de 440 mg kg-1 de Cu. A textura interna é granofírica e em determinadas zonas micrográfica. Os minerais metálicos surgem disseminados entre quartzo, sendo representados por arsenopirite e por pirite e tetraedrite como acessórios. A arsenopirite contém ouro dentro da sua rede cristalina da ordem dos 0,5 a 1,5 mg kg-1 Au. Os teores médios estimados para o minério extraído no filão eram de 20% de As_2O_3. Esta mineralização foi explorada por Indumetal até 1950 sendo os trabalhos mineiros subterrâneos.*

*A mineralização do índicio **Cerro del Lobo (nº 607)** surge disseminada num dique de pórfiros graníticos de direção N140°E, o qual intrui uma fácies granítica porfirítica do granito de Campofrío. A intrusão do dique terá provocado uma alteração no granito encaixante a qual consiste numa pequena disseminação de arsenopirite bem como uma ténue cloritização. Acompanham a arsenopirite outros minerais metálicos como a pirite e a calcopirite sendo as disseminações esparsas. Internamente o dique mostra um processo de silicificação e de cloritização ténues. Neste indício ocorreram apenas atividades de prospeção, com o objetivo de fundamentar o registo mineiro, sendo estas marcadas pela abertura de 5 sanjas longitudinais, com 1,5 m de largura por 2 m de profundidade. A 1,5 km a E existe uma outra sanja longitudinal. As estruturas mineralizadas são de pequena dimensão sendo relacionadas com fraturas extensionais tardi-variscas, as quais são comuns nos maciços graníticos, correspondendo a sistemas hidrotermais tardios, com o contributo de fluidos de origem ígnea. Estes filões são coerentes com a mineralização de volfrâmio de Peralejo, que também contém arsenopirita.*

*Os restantes quatro indícios de As têm em comum com os anteriores a sua conexão espacial e a correlação com a proximidade de algumas mineralizações de Sn-W. São representados por **Peña Caballero (nº 616), Charca de los Patos (nº***

614), mina de El Carrizo (nº 565) y Pipero (nº 612), todas situadas al N de la Palma del Condado y al S de la confluencia de los ríos Corumbel y Tinto.

Los indicios de El Carrizo y Peña Caballera corresponden a filones de cuarzo mineralizados y subverticales, de dirección N-S y N110°E, respectivamente. En el primer caso, la roca encajante son las pizarras grises de la base del Culm, mientras que Peña Caballera aparece en pizarras grises pertenecientes probablemente al Grupo PQ. En el relleno de cuarzo aparecen micas blancas muy accesorias y algunos granos dispersos de arsenopirita, galena e hidróxidos de hierro.

Los indicios de Charca de los Patos y Pipero tienen en común que las mineralizaciones aparecen diseminadas en diques graníticos hipoabisales, que se encuentran encajados en pizarras grises de la base del Culm, en un entorno de intensa fracturación. Las estructuras son subverticales y con orientación N90°E a N110°E. En el indicio de Pipero, se manifiesta una importante alteración hidrotermal, consistente en silicificación, moscovitización (inicio de greisenización) y una albitización incipiente de los feldespatos potásicos y formación de microlitos de albita de neoformación. En el contacto con los filones, las pizarras encajantes muestran también fenómenos de moscovitización y de silicificación. La mineralización diseminada en la mesostasis granítica está formada por cristales subidiomorfos de hasta 3 mm y, accesoriamente, por pirita. La mineralización de Charca de los Patos está localizada, al igual que la anterior, en un dique hipoabisal de una roca de composición leucogranítica y textura algo porfídica, de potencia métrica y dirección N90-100°E. La estructura muestra una fuerte alteración hidrotermal asociada a procesos metasomáticos tardíos y marcada por una intensa moscovitización y silicificación que transforman localmente a la roca en un greisen. La asociación mineral, además de cuarzo, moscovita, albita, feldespato potásico, clorita (secundaria), rutilo y circón, contiene arsenopirita relativamente abundante, pirita, hidróxidos de hierro y covellina supergénica. Los trabajos mineros están representados por pocillos y calicatas sobre el dique. Unos centenares de metros al sur hay un pocillo de 5 m de profundidad y socavones en dirección N170°E.

1.14. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE ANTIMONIO EN EL SECTOR ESPAÑOL DE LA FPI

Las tres mineralizaciones de antimonio inventariadas, aparecen en una zona geológicamente homogénea en los Montes de San Benito, en un área inferior a los 12 km^2.

Fueron estudiadas por Jubé *et al.* (1923) y por Gumiel (1982). Los primeros señalan la existencia de, al menos,

***614), mina de El Carrizo (nº 565) e Pipero (nº 612)**, encontrando-se situados a norte de La Palma del Condado e a sul da confluência dos rios Corumbel e Tinto.*

Os indícios mina de El Carrizo e Peña Caballero são caracterizados por filões de quartzo mineralizados e subverticais, respetivamente de direção N-S e N110°E. No primeiro caso a rocha encaixante são xistos cinzentos da base do Culm enquanto que Peña Caballero ocorre em xistos cinzentos pertencentes provavelmente ao Grupo PQ. No seu preenchimento de quartzo ocorrem micas brancas muito acessórias e alguns grãos dispersos de arsenopirite, galena e hidróxidos de ferro.

Os indícios Charca de los Patos e Pipero têm em comum o facto das mineralizações surgirem disseminadas em diques graníticos hipoabissais, que se encontram encaixados em xistos cinzentos da base do Culm, num enquadramento marcado por intensa fraturação. As estruturas são subverticais e apresentam uma orientação N90°E a N110°E. Em Pipero observa-se uma forte alteração hidrotermal marcada por silicificação, muscovitização (inicio de greisenização) e uma albitização incipiente dos feldspatos potássicos e formação de palhetas de albite por neoformação. No contacto com os filões os xistos encaixantes mostram também fenómenos de muscovitização e de silicificação. A mineralização disseminada na matriz granítica é formada por cristais subidiomóficos de arsenopirite com dimensão até 3 mm e, acessoriamente, por pirite. A mineralização de Charca de los Patos está localizada como a anterior, num dique hipoabissal de composição leucogranítica e textura algo porfirítica, apresentando uma espessura métrica e direção N90-100°E. A estrutura mostra uma forte alteração hidrotermal associada a processos metassomáticos tardios e marcada por intensa muscovitização e silicificação que transformam localmente a rocha num greisen. A paragénese mineral inclui quartzo, muscovite, albite, feldspato potássico, clorite (secundária), rútilo e zircão e ainda arsenopirite relativamente abundante, pirite, hidróxidos de ferro e covelite supergénica. Os trabalhos mineiros são representados por pequenos poços e sanjas efetuados sobre o dique. Cerca de umas centenas de metros a sul do indício existe um poço com 5 m de profundidade e galerias com direção N 170°E.

1.14. MINERALIZAÇÕES FILONIANAS DE ANTIMÓNIO NO SETOR ESPANHOL DA FPI

As três mineralizações de antimónio inventariadas surgem numa zona geologicamente homogénea situada nos Montes de San Benito, com uma área inferior a 12k km^2.

Foram estudadas por Jubé et al. *(1923) e por Gumiel (1982). Os primeiros autores assinalam a existência de pelo menos*

otras tres mineralizaciones (Mina Angelita y La Alquería del Pozo, situadas al W de la mina Nerón y, la del Aguijón ubicada al S de La Alquería). Estos indicios se concentran en un área reducida, donde no existen mineralizaciones de sulfuros masivos. Los autores señalan, además, la existencia de posibles indicios en el área de Paymogo y en Cabezas del Pasto.

Las tres mineralizaciones consideradas en este estudio son la mina **Nerón (nº 394), La Esmeralda (nº 368) y El Chaparral (nº 381)**, que aparecen en pizarras y grauvacas del Culm. Los filones tienen morfología de capa, adaptándose a la estratificación de los materiales encajantes. Todas muestran orientaciones análogas, de dirección E-W, aunque por efecto la disposición en relevo de los lentejones, la orientación media es de N70-80°E.

La más importante ha sido la mina Nerón, donde los primeros trabajos surgieron en 1850, cuando se encontró en superficie una bolsada de 1,5 m de potencia y 6 m de longitud de estibina. La explotación se inició en 1900 y cesó en 1903. El filón tiene 300 m de longitud y alcanzaba los 50 m de profundidad, siendo concordante con la roca de caja en la que ha intruido. Su estructura es discontinua, por estar muy boudinado, variando la potencia del filón entre 80 cm y 5 cm, considerándose a efectos mineros una potencia media de 25 cm. La estructura mineralizada estaba definida por una sucesión de pequeñas bolsadas unidas entre sí por un fino nivel de estibina. El sistema hidrotermal se encuentra asociado a una fractura extensional y contiene fragmentos de las rocas encajantes (pizarras y grauvacas).

La explotación se hizo por minería de interior en tres pisos. La paragénesis de la mineralización es del tipo Qz-Sb-Cu (Gumiel, 1982) y consiste en estibina, pirita y arsenopirita como componentes principales y, calcopirita, famatinita y tetraedrita como accesorios, siendo los minerales supergénicos representados por covellina, calcosina y ocres de antimonio (estibiconita, senarmontita y bindheimita).

Las mineralizaciones se encuentran en una ganga formada por cuarzo, existiendo dos generaciones, una de cuarzo translúcido y granular y otro posterior, más lechoso y con texturas en mosaico. La estibina es posterior a los dos, rellenando fisuras y huecos en ambos tipos de cuarzo. La pirita y arsenopirita parecen ser los primeros minerales en surgir y aparecen diseminados en el cuarzo en granos euhedrales. La estibina aparece en masas, a veces muy deformadas e incluyendo cristales de pirita y arsenopirita aislados en granos con textura en mosaico, apareciendo también en formas más tardías en rellenos de huecos miarolíticos. La calcopirita, a menudo asociada con tetraedrita, está siendo reemplazada por covellina y calcosina.

outras três mineralizações (Mina Angelita e La Alquería del Pozo, situadas a W da mina Nerón, e Aguijón localizada a sul de La Alquería). Estes indícios mostram a concentração de mineralizações de Sb numa área reduzida onde não existem mineralizações de sulfuretos maciços conhecidas. Estes autores assinalam também, a existência de possíveis indícios na zona de Paymogo e em Cabezas del Pasto.

*As três mineralizações consideradas neste estudo dizem respeito às minas **Nerón (nº 394), La Esmeralda (nº 368) e El Chaparral (nº 381)** que ocorrem em xistos e grauvaques do Culm. Os filões têm uma morfologia de soleira adaptando-se à estratificação dos sedimentos encaixantes. Todas mostram uma atitude semelhante, de direção E-W, surgindo também, com uma orientação média de N70-80°E.*

A mais importante terá sido a mina Nerón onde os primeiros trabalhos surgiram em 1850, quando se encontrou à superfície uma bolsada de 1,5 m de espessura e 6 m de comprimento de estibina. A exploração iniciou-se em 1900, tendo terminado em 1903. O filão tem 300 m de extensão e alcança cerca de 50 m de profundidade, sendo concordante com as rochas onde se encontra interestratificado. A sua estrutura é irregular por se encontrar boudinada, variando a espessura do filão entre 80 cm e 5 cm, sendo considerada para efeitos mineiros uma espessura média de 25 cm. A estrutura mineralizada era assim definida por pequenas bolsadas unidas entre si por níveis muito finos de estibina. O sistema hidrotermal encontra-se associado a uma fratura extensional ocorrendo fragmentos das rochas encaixantes (xistos e grauvaques).

A exploração realizou-se por mineração subterrânea em três pisos. A paragénese é do tipo Qz-Sb-Cu (Gumiel, 1982) e consiste em estibina, pirite e arsenopirite como componentes principais e calcopirite, famatinite e tetraedrite como acessórios, sendo os minerais supergénicos representados por covelite, calcocite e ocres de antimónio (estibiconite, senarmontite e bindheimite).

As mineralizações encontram-se numa ganga formada por quartzo, existindo duas gerações, uma de quartzo translúcido e granular e outro posterior, mais leitoso e com texturas em mosaico. A estibina é posterior aos dois, preenchendo fissuras e vazios em ambos os tipos de quartzo. A pirite e a arsenopirite parecem ser os primeiros minerais a surgir sob a forma disseminada no quartzo, em grãos euédricos. A estibina ocorre em massas, por vezes muito deformadas, incluindo cristais de pirite e arsenopirite isolados em grãos com textura de mosaico, dispostos de forma isolada na matriz de quartzo, ocorrendo também em formas mais tardias no preenchimento de vazios miarolíticos. A calcopirite surge frequentemente associada a tetraedrite, sendo substituída por covelite e calcocite.

En las mineralizaciones de El Chaparral y La Esmeralda, existen trabajos mineros representados por un pozo de 5 m en la primera y pozos alineados con trinchera y galería en dirección en la segunda. En La Esmeralda, se observa el filón en la trinchera y en una parte de la galería, presentando potencias del filón muy variables, entre 60 y 1 cm (media de 5 cm) y una dirección de N75°E y buzamiento al N.

1.15. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE ANTIMONIO EN EL SECTOR PORTUGUÉS DE LA FPI

Cerca de la frontera con España y ubicada a unos 3 km al NW de Alcoutim, se encuentra la **mina Cortes Pereiras (nº 318)** Fig. 32, la explotación de antimonio más importante del sur de Portugal. Con una orientación WNW-ESE y un buzamiento hacia el norte, el depósito está formado por estibina en una ganga formada por cuarzo, carbonatos (siderita y calcita) y barita (Matos & Rosa, 2001; Mateus *et al.*, 2006). La estructura filoniana está asociada a un cabalgamiento en los sedimentos turbidíticos de la Formación Mértola (Viseense sup., Leca, 1976). La concesión con registro 14 de Cortes Pereiras, se otorgó el 27-08-1860 y la minería se llevó a cabo mediante galerías y pozos con profundidades de hasta 43 m. Las labores mineras se llevaron a cabo a lo largo de unos 500 m. La producción anual máxima fue en 1869, con 148 t de concentrado con cerca de un 60% de Sb. Los estudios isotópicos de Pb indican una edad de 313 Ma (Moscoviense) para esta mineralización (Mateus *et al.*, 2006).

La mina **Fonte do Rebentão (nº 172)** se encuentra cerca de la falla de Messejana, en sedimentos turbidíticos de la Formación Mira, mientras que la mina **Vale de Espadas (nº 274)** se encuentra en el valle del río Chança, junto a la frontera con España, en sedimentos de la Formación Pulo do Lobo (Matos & Filipe, Eds., LNEG 2013).

As mineralizações El Chaparral e La Esmeralda exibem trabalhos mineiros caracterizados respetivamente por um poço de 5 m e por poços entivados, trincheiras e galerias longitudinais. Em La Esmeralda é possível observar o filão numa trincheira e num troço de galeria, apresentando este com uma espessura muito variável, entre 60 cm e 1 cm (média de 5 cm) e uma direção N75°E e inclinação a N.

1.15. MINERALIZAÇÕES FILONIANAS DE ANTIMÓNIO NO SETOR PORTUGUÊS DA FPI

*Próximo da fronteira com Espanha e localizada cerca de 3 km a NW de Alcoutim, ocorre a **mina de Cortes Pereiras (nº 318)** Fig. 32, considerada a exploração de antimónio mais importante no sul de Portugal. Com uma orientação WNW-ESE e inclinação para norte o jazigo é formado por estibina em ganga de quartzo, carbonatos (siderite e calcite) e barite (Matos & Rosa, 2001; Mateus* et al.*, 2006). A estrutura filoneana está associada a um cavalgamento que ocorre em sedimentos turbidíticos da Formação de Mértola (Viseano sup., Leca, 1976). A concessão Cortes Pereiras nº 14 foi atribuída em 27-08-1860, tendo a lavra decorrido em galerias e poços com profundidades até 43 m. Os trabalhos mineiros desenvolveram-se numa extensão de aproximadamente 500 m. A produção anual máxima ocorreu em 1869 e foi de 148 toneladas métricas de concentrado com cerca de 60% de Sb. Estudos isotópicos de Pb indicam uma idade de 313 Ma (Moscoviano) para a mineralização de Cortes Pereiras (Mateus* et al.*, 2006).*

*A mina de **Fonte do Rebentão (nº 172)** situa-se perto da Falha da Messejana, em sedimentos turbidíticos da Formação de Mira, enquanto que a **mina Vale de Espadas (nº 274)** está situada no vale do rio Chança, junto à fronteira com Espanha, em sedimentos da Formação Pulo do Lobo (Matos & Filipe, Eds., LNEG 2013).*

Figura 32: Mina de Cortes Pereiras: mineral de estibina (izq.) y textura de brecha con cuarzo (der.).

Figura 32: *Mina de Cortes Pereiras: minério de estibina (esq.) e textura de brecha com quartzo (dir.).*

1.16. MINERALIZACIONES FILONIANAS DE WOLFRAMIO EN EL SECTOR ESPAÑOL DE LA FPI

Existe un único indicio catalogado dentro de este tipo de mineralizaciones en este trabajo, se localiza en la Carretera de **Peralejo (nº 590)**, en el borde S del batolito granítico de la Granada de Riotinto, en el entorno del paraje de El Peralejo.

La mineralización filoniana aparece encajada en una zona de diferenciación del batolito, formada por granitos de dos micas con rasgos de moscovitización y una incipiente albitización. Existe una densa fracturación en toda el área. Los filones mineralizados se presentan en haces de filones subparalelos, algunos de los cuales alcanzan potencias variables de 15 a 45 cm.

El relleno filoniano está constituido por cuarzo translúcido, con textura granular y algunas cavidades miarolíticas. La wolframita, muy poco frecuente, se presenta en pequeños cristales tabulares en las zonas de borde, casi en los contactos de las venas. Aparecen también algunos cristales prismáticos de turmalina y granos idio- a subidiomorfos de arsenopirita, en general, próximos a las zonas de borde. La pirita aparece en zonas aisladas, englobada en el cuarzo y en el centro de la estructura filoniana.

Sobre estos filones aparecen algunas labores mineras de registro, como dos calicatas de 1,3 m de anchura y en dirección longitudinal a los filones, así como un pocillo de 5 m de profundidad.

A un centenar de metros al E, y también en granito de dos micas, se encuentra otro conjunto de filones con direcciones N5°E, N175°E y N145°E, con buzamientos 60°W, 35°W y 78°W, respectivamente.

Sus características mineralógicas y alteración hidrotermal son similares, aunque hay un menor espesor de la estructura, relacionado con la rareza de los minerales que acompañan al cuarzo. A 2 km al N de estos indicios se encuentra otro registro, denominado Gato, caracterizado por un filón de cuarzo con orientación N12°E, sin mineralización visible. Sobre este filón, se observan trabajos de prospección, como una calicata de 0,50 m de anchura y varios metros de longitud. En estas labores quedan expuestos filones que son comunes en facies graníticas algo evolucionadas, como es el caso.

1.17. DEPÓSITOS ALUVIONARES (ORO Y TITANIO) EN EL SECTOR PORTUGUÉS

En el mapa metalogenético 1:400.000, se han representado depósitos aluvionares localizados en la Cuenca Cenozoica del Tajo y en la zona costera, al sur del Cabo de Sines. En el primer

1.16. MINERALIZAÇÕES FILONIANAS DE VOLFRÂMIO NO SETOR ESPANHOL DA FPI

*Existe um único indício de mineralizações de volfrâmio considerado neste trabalho, qual se encontra localizado na estrada de **Peralejo (nº 590)** na bordadura sul do batólito de La Granada de Riotinto, perto do lugar de El Peralejo.*

A mineralização filoniana surge encaixada numa zona de diferenciação do batólito, formada por granitos de duas micas com traços de muscovitização e uma albitização incipiente. Existe uma fracturação intensa em toda a área. Os filões mineralizados apresentam-se em feixes subparalelos alguns dos quais alcançam espessuras variáveis de 15 a 45 cm.

O preenchimento filoniano é constituído por quartzo translucido com textura granular e algumas cavidades miarolíticas. A volframite é muito pouco frequente e apresenta-se em pequenos cristais tabulares nas zonas de bordadura, quase nos contactos dos veios. Surgem também alguns cristais prismáticos de turmalina e grãos idio- a subidomorfos de arsenopirite, geralmente próximos da salbanda dos filões. A pirite aparece em zonas isoladas, inserida em quartzo e no centro da estrutura filoniana.

Sobre estes filões encontram-se alguns trabalhos mineiros associados ao pedido de registo de concessão como duas sanjas com 1,3 m de largura longitudinal aos filões, tal como um poço com 5 m de profundidade.

A cerca de uma centena de metros a E do início observa-se também num granito de duas micas, um conjunto de filões com direções N5°E, N175°E e N145°E, com inclinações 60°W, 35°W e 78°W respetivamente.

As suas características mineralógicas e alteração hidrotermal são similares, embora se verifique uma menor espessura da estrutura, relacionada com a raridade dos minerais que acompanham o quartzo. A 2 km a norte destes indícios encontra-se outro registo, denominado Gato, caracterizado por um filão de quartzo com orientação N12°E, sem mineralização visível. Sobre este filão podem ser observados trabalhos de prospeção como uma sanja com 0,50 m de largura e alguns metros de comprimento. Nestas escavações encontram-se expostos uns filões que são comuns em fácies graníticas algo evolucionadas, como é o caso.

1.17. DEPÓSITOS ALUVIONARES (OURO E TITANIO) NO SETOR PORTUGUÊS

No mapa 1:400.000 estão indicados depósitos aluvionares localizados na Bacia Cenozoica do Tejo e na área costeira, a sul do cabo de Sines. No primeiro caso trata-se de antigas

caso, se trata de antiguas explotaciones de la época romana y del siglo XIX, trabajadas para beneficiar los depósitos de tipo placer, localizados en niveles arenosos. De acuerdo con Salgueiro *et al.* (2000) en el yacimiento de oro de **Cruz de Pau (nº 3)**, en el municipio de Seixal, de edad pliocena, se observa la presencia de oro, monacita nodular y clásica, xenotima, casiterita, espinela *s.l.*, ilmenita y rutilo. Las características morfológicas de los granos de oro y otros minerales pesados sugieren un transporte de origen fluvial y eólico. Estos autores indican un contenido medio de 3,2 mg kg-1 de Au.

En la playa de **São Torpes (nº 17)**, localizada al sur del Maciço de Sines, formado por gabros, dioritas y sienitas (Inverno *et al.*, 1993), aparecen concentraciones de ilmenita y magnetita de tipo aluvionar. La presencia de estos minerales está asociada con la erosión de esas rocas ígneas y su transporte hacia el sur mediante las corrientes de deriva litoral. Según Canilho (1989) en Inverno *et al.* (1993), la magnetita presenta valores de 90% de FeOt y hasta 0,4% de V_2O_3, mientras que la ilmenita se caracteriza por niveles de 50% de TiO_2 y hasta 0,5% de V_2O_3.

explorações de época romana e do século XIX dedicadas às explorações de depósitos de tipo placer, *que ocorrem entre níveis arenosos. Segundo Salgueiro* et al. *(2000) no depósito aurífero de* ***Cruz de Pau (nº 3)****, concelho do Seixal, de idade pliocénica, observa-se a presença de ouro, monazite nodular e clássica, xenótimo, cassiterite, espinelas* s.l.*, ilmenite e rútilo. As características morfológicas dos grãos de ouro e de outros minerais pesados sugerem um transporte de origem fluvial e eólica. Estes autores indicam um teor médio de 3,2 mg kg-1 Au.*

Na Praia de ***São Torpes (nº 17)****, localizada a sul do Maciço de Sines, formado por gabros, dioritos e sienitos (Inverno* et al.*, 1993) ocorrem concentrações de ilmenite e magnetite de tipo aluvionar. A presença destes minerais estará associada à erosão daquelas rochas ígneas e no seu transporte para sul, devido às correntes de deriva litoral. Segundo Canilho (1989) in Inverno* et al. *(1993), a magnetite apresenta valores de 90% FeOt e até 0,4%* V_2O_3*, enquanto a ilmenite se caracteriza por teores de 50%* TiO_2 *e até 0,5%* V_2O_3*.*

2. Potencialidad minera
Potencialidade mineira

La Faja Pirítica Ibérica, que se extiende por la ZSP en Portugal y España, está reconocida como una de las provincias metalogenéticas más importantes del mundo, por la existencia de un número elevado de yacimientos de sulfuros masivos piríticos y polimetálicos de génesis volcanogénica, 12 de los cuales son considerados como gigantes a escala mundial.

En la FPI, existen además otros recursos cuyo beneficio incluye metales como manganeso, cobre, plomo, zinc, plata, oro y pirita para la producción de ácido sulfúrico.

El potencial de la FPI, ha suscitado la realización de nuevas campañas de exploración, desarrolladas en base a técnicas y herramientas de prospección modernas y según modelos y estrategias innovadoras y, basadas en un conocimiento geológico más profundo. Prueba de ello ha sido la continua actividad en la FPI, con la reapertura de minas o el descubrimiento de nuevos yacimientos tras intensas y novedosas investigaciones (p.e. Sotiel, Aguas Teñidas Este, Mina Magdalena y Elvira en España y, Semblana, Monte Branco y Sesmarias en Portugal).

Tradicionalmente, las zonas consideradas como potencialmente fértiles se limitaban a los afloramientos de CVS y, en concreto, a sus horizontes de rocas volcánicas. Como áreas de menor interés se consideraban los afloramientos del Grupo PQ y del Culm, en estrecha relación estructural con las primeras. Los conocimientos geológicos y, en particular estructurales, adquiridos en los últimos años, muestran una estructura controlada por numerosos cabalgamientos que interrumpen las relaciones estratigráficas iniciales entre unidades y las hacen muy complejas en algunas áreas. Desde el punto de vista de la exploración, supone la consideración de los afloramientos del Grupo PQ como prospectivos, sobre todo cuando en ellos ocurren estructuras de tipo *stockwork*.

El Culm había sido también considerado como terreno sin posibilidades metalogénicas y apenas se había realizado en él actividad exploratoria. Sin embargo, con apoyo de la geofísica (gravimetría y sísmica), ha sido posible identificar estructuras no aflorantes del CVS, que pueden incluir depósitos de sulfuros masivos (p.e. Masa Valverde).

Por otro lado, una parte sustancial de la ZSP, se encuentra recubierta por materiales cenozoicos, impidiendo conocer

A Faixa Piritosa Ibérica, que se estende pela Zona Sul Portuguesa entre Portugal e Espanha, é reconhecida como a principal província metalogénica do mundo, devido à existência de um grande número de jazigos de sulfuretos maciços piritosos e polimetálicos de origem vulcanogénica, 12 dos quais são considerados como gigantes à escala mundial.

Na FPI existem ainda outros recursos onde se exploram metais como manganês, cobre chumbo, zinco, prata, ouro ou pirite para a produção de ácido sulfúrico.

O potencial da FPI, tem promovido a realização de novas campanhas de prospeção desenvolvidas com base em técnicas e ferramentas modernas e segundo modelos e estratégias inovadoras e fundamentadas num conhecimento geológico mais profundo. Prova disso tem sido a continua atividade na FPI, com a reabertura de minas ou a descoberta de novos jazigos após intensas e inovadoras investigações (ex. Sotiel, Aguas Teñidas Este, Mina Magdalena e Elvira em Espanha e Semblana, Monte Branco e Sesmarias em Portugal).

Tradicionalmente, as zonas consideradas potencialmente férteis limitam-se aos afloramentos do CVS, concretamente aos seus horizontes de rochas vulcânicas. Como áreas com de menor interesse eram considerados os afloramentos do grupo PQ e do Culm, em estreita relação estrutural com as primeiras. Os conhecimentos geológicos, sobretudo os estruturais, adquiridos nos últimos anos, mostram uma estrutura controlada por numerosos cavalgamentos que interrompem as relações estratigráficas iniciais entre unidades e as fazem muito complexas em algumas áreas. Do ponto de vista da exploração consideram-se os afloramentos do Grupo PQ como alvos de prospeção, sobretudo quando ocorrem nestes sedimentos estruturas de tipo stockwork.

O Culm foi também considerado como terreno sem possibilidades metalogénicas, existindo apenas atividades de prospeção exploratórias. No entanto, com apoio de geofísica (gravimetria e sísmica), tem sido possível identificar estruturas ocultas do CVS, as quais podem incluir depósitos de sulfuretos maciços (ex. Massa Valverde).

Por outro lado, uma parte substancial da ZSP, se encontra coberta por materiais cenozoicos, impedindo conhecer a

la estructura del Paleozoico infrayacente. La aplicación de técnicas geofísicas, ha permitido la localización de anomalías con importantes resultados (Los Frailes, Las Cruces, Lagoa Salgada y Sesmarias). En este contexto se destaca la importancia de la explotación de *gossan* y de las zonas de enriquecimiento supergénico en metales.

Todo lo anterior justifica la definición de una amplia zona con gran potencialidad minera para yacimientos masivos polimetálicos (pirita, Cu, Zn, Pb, Au, Ag, y Mn), que incluye el área cubierta por los materiales de CVS, parte del grupo PQ y un área significativa con sedimentos cenozoicos situada en los sectores S, SE y NW de la FPI.

A fecha de 2020, en la parte española de la Faja Pirítica Ibérica existen activos un total de 25 permisos de investigación de elementos metálicos (cobre, cinc, antimonio, cobalto, estaño, oro y plata).

En la provincia de Sevilla, las investigaciones se centran en el entorno de las minas de Cobre las Cruces y Aznalcóllar y se focalizan principalmente en la búsqueda de cobre y cinc. La inversión media anual asciende a unos 1,5 M€. La investigación se concentra claramente en los materiales volcánicos de la FPI y su continuación bajo los materiales recientes de la cuenca del Guadalquivir en las zonas de Aznalcóllar, Gerena y la provincia limítrofe de Huelva. Las empresas Cobre las Cruces y Pan Global son algunas de las exploradoras.

En la provincia de Huelva, con cerca de una veintena de investigaciones activas, los trabajos se centran en las franjas de materiales volcánicos de la FPI que hay entre las localidades de Nerva y Paymogo, una segunda zona se localiza entre los municipios de Calañas y Valverde del Camino y, una tercera en los materiales del Culm (Fm. Mértola) buscando estructuras de rocas volcánicas pertenecientes al CVS en el entorno de Villablanca y San Silvestre de Guzmán. La principal empresa exploradora es Minas de Aguas Teñidas S.L. y la inversión media anual supera los 6 M€.

Igualmente, existe un importante programa de exploración minera, llevado a cabo por la empresa Tharsis Mining and Metallurgy S.L., en las concesiones de Tharsis, La Zarza y San Telmo, con el objetivo de localizar nuevos recursos.

Finalmente, destacar que en los municipios de Almonaster y El Cerro del Andévalo, MATSA ha referido reservas interesantes de cobre, plomo y cinc, lo que ha permitido solicitar la concesión de explotación de los permisos Patrás y Los Toscanos. Asimismo, la empresa Pan Global han reportado información sobre contenidos metálicos de interés en la

estrutura do Paleozóico subjacente. A aplicação de técnicas geofísicas permitiu a deteção de anomalias com importantes resultados (Los Frailes, Las Cruces, Lagoa Salgada e Sesmarias). Neste contexto destacam-se a importância da exploração de chapéus de ferro e das zonas de enriquecimento supergénico em metais.

O acima descrito justifica a definição de uma ampla região com uma grande potencialidade mineira para jazigos maciços polimetálicos (pirite, Cu, Zn, Pb, Au, Ag e Mn), a qual inclui a área coberta pelas litologias do CVS, parte do Grupo PQ e uma área significativa com sedimentos cenozoicos situada nas regiões S, SE e NW da FPI.

Em 2020, na parte espanhola da FPI, existem um total de 25 autorizações para investigação de elementos metálicos (cobre, zinco, antimónio, cobalto, estanho, ouro e prata).

Na província de Sevilha, as investigações estão centradas em torno das minas de Cobre las Cruces e Aznalcóllar, sendo a atividade focada na extração de cobre e zinco. O investimento anual ascende 1,5 M€. A investigação concentra-se nas rochas vulcânicas da FPI e sua continuidade, sob os sedimentos mais recentes da Bacia de Guadalquivir, nas regiões de Aznalcóllar, Gerena e na província limítrofe de Huelva. As empresas Cobre las Cruces e Pan Global são algumas das companhias mineiras em laboração.

No caso da província de Huelva, encontram-se ativas cerca de 20 áreas de prospeção. Os trabalhos encontram-se nos alinhamentos de rochas vulcânicas da FPI, que ocorrem entre as localidades Nerva e Paymogo. Outras zonas de prospeção encontram-se localizadas entre os municípios de Calañas e Valverde del Camino e próximo de Villablanca e San Silvestre de Guzmán. Esta última área é caracterizada por uma grande extensão de rochas sedimentares do Culm, sendo o CVS investigado em profundidade. A principal empresa de prospeção é Minas de Aguas Teñidas S.L., com um investimento anual superior aos 6 M€.

Existe ainda um importante programa de prospeção mineira, a cargo da empresa Tharsis Mining and Metallurgy S.L., nas concessões de Tharsis, La Zarza e San Telmo com o objetivo de localizar novos recursos.

Finalmente, é de destacar que nos polígonos de prospeção de Patrás e Los Toscanos, situados respetivamente em Almonaster e em El Cerro del Andévalo, a empresa MATSA identificou reservas importantes de cobre, chumbo e zinco. Estes recursos fundamentaram o pedido de concessão de exploração das áreas de Patrás e Los Toscanos. A empresa Pan Global reportou informação sobre ocorrências de mineralizações me-

zona de Escacena, tras la realización de una campaña de sondeos que cortaron mineralización.

En el sector portugués de la FPI destacan las inversiones en curso por parte de las concesionarias mineras de las minas Neves-Corvo (Somincor / Lundin Mining) y Aljustrel (Almina). En Neves-Corvo, la empresa minera tiene previsto desarrollar una nueva fase de exploración de minerales de zinc, con una inversión de más de 250 M€. También se espera ampliar las labores mineras al depósito de Semblana, ubicado al este de la mina. En el caso de Aljustrel, las nuevas inversiones también se centran en los minerales de zinc de las masas Feitais y Moinho, habiéndose realizados reconocimientos en otros sectores de la mina. Una de las áreas en investigación es el yacimiento de Gavião, donde el consorcio EDM-Almina prevé el diseño de una exploración experimental, con recursos estimados en 30 Mt de sulfuros masivos.

Igualmente en la región de Grândola, el consorcio Redcorp-Ascendant-EDM es concesionaria del yacimiento de sulfuros masivos de Lagoa Salgada, habiendo presentado un proyecto minero para la futura explotación de los recursos inferidos que ascienden a 12,8 Mt.

En el sector sur de la Cuenca Cenozoica de Alvalade, está enclavado el yacimiento de cobre y zinc de Sesmarias, dentro de un área de mineralización de sulfuros masivos polimetálicos con gran potencial. A finales de 2019, las empresas Minas de Aguas Teñidas (MATSA) y Avrupa Minerals, cerraron un acuerdo para realizar trabajos de investigación conjuntos en el sector portugués de la FPI, con el objetivo de solicitar a la Administración portuguesa la concesión de la Licencia de Explotación Experimental (ELL) para el proyecto Alvalade, en el que se encuentra incluido el yacimiento de Sesmarias.

En la región de Salgadinho y en general en todo el anticlinal de Cercal-Odemira, existe un alto potencial para nuevos descubrimientos de yacimientos, por lo que son continuos los nuevos proyectos de prospección. En otras regiones como Albernôa y São Domingos también están previstas nuevas inversiones.

Finalmente, en algunos sectores de la región NW de la Faja Pirítica Ibérica, en Portugal, se han identificado varias estructuras mineralizadas de tipo *stockwork*, que constituyen excelentes indicios para la prospección. Ejemplos de este tipo de estructuras son el *stockwork* intersectado entre las minas de Lousal y Caveira en sedimentos del CVS y del Grupo PQ en Monte da Bela Vista. Al norte de la falla de Grândola, en las proximidades del valle del río Sado, en terrenos de la Cuenca Cenozoica de Alvalade, se encuentra el *stockwork* del río de Moinhos en rocas volcánicas félsicas del CVS, donde también se ha identificado mineralización masiva.

tálicas com interesse na área de Escacena, tendo estas sido identificadas através de uma campanha de sondagens.

No setor português da FPI destacam-se os investimentos em curso pelos concessionários mineiros das minas de Neves--Corvo (Somincor/Lundin Mining) e de Aljustrel (Almina). Em Neves-Corvo a empresa mineira tem em projeto o desenvolvimento de uma nova fase de exploração dos minérios de zinco, prevendo-se um investimento superior a 250 M€. Prevê-se também o alargamento da lavra mineira ao jazigo de Semblana, situado a este da mina. No caso de Aljustrel, os novos investimentos recaem também sobre os minérios de zinco das massas de Feitais e de Moinho, sendo feitos reconhecimentos em outros setores da mina. Uma das áreas em investigação é a do jazigo do Gavião, onde o consórcio EDM-Almina, detém a conceção de uma exploração experimental, com recursos estimandos em 30 Mt de sulfuretos maciços.

Igualmente, na região de Grândola o consórcio Redcorp-Ascendant-EDM, concessionário do jazigo de sulfuretos maciços de Lagoa Salgada, apresentou um projeto mineiro para uma futura exploração dos recursos que se encontram inferidos em 12, 8 Mt.

No setor sul da bacia Cenozoica de Alvalade, está localizado o jazigo de cobre e zinco de Sesmarias, dentro de uma área de mineralização de sulfuretos maciços polimetálicos com um grande potencial. Em finais de 2019, as empresas Minas de Aguas Teñidas (MATSA) e Avrupa Minerals, acordaram a realização de trabalhos de investigação conjuntos no setor português da FPI, com o objetivo de solicitar a administração portuguesa a concessão da Licença de Exploração Experimental (ELL) para o projeto de Alvalade, onde se encontra incluído o jazigo de Sesmarias.

Na região de Salgadinho e em geral em todo o anticlinal de Cercal- Odemira, existe um alto potencial para novos descobrimentos de jazigos, pois são contínuos aos novos projetos de prospeção. Em outras regiões como Albernôa e São Domingos estão previstos novos investimentos.

Finalmente, em alguns setores da região NW da Faixa Piritosa, em Portugal, foram identificadas várias estruturas mineralizadas de tipo stockwork*, as quais constituem excelentes indícios de prospeção. São exemplos deste tipo de estruturas os* stockwork *intersectados entre as minas de Lousal e Caveira em sedimentos do CVS e do PQ em Monte da Bela Vista. A norte da falha de Grândola, próximo do vale do rio Sado, em terrenos da Bacia Cenozoica de Alvalade encontra-se o* stockwork *de Rio de Moinhos, em rochas vulcânicas félsicas do CVS, onde foi também reconhecida mineralização maciça.*

3. Bibliografía
Bibliografia

Abreu, M., Batista, M.J., Magalhães, M.C.F. & Matos, J.X., 2010. Acid Mine Drainage in the Portuguese Iberian Pyrite Belt. Cap. II. In: *Mine Drainage and Related Problems Book*, Editor Brock C. Robinson, Nova Science Publishers, ISBN: 978-1-60741-285-4, New York, USA, 51p.

Albardeiro, L. & Costa, A.,1998. *Projecto de Prospecção de S. Luís. Rel. Técnico Área de Odemira, 1º Sem. 98* – Emp. Mineira da Serra do Cercal, Arq. Beja LNEG.

Albardeiro, L., Solá, R., Salgueiro, R., Morais, I., Matos, J.X., Mendes, M., Pereira, Z., Batista, M. J., Inverno, C., Oliveira, D., Rosa, D. & Pacheco, N., 2017. Insights into timing of mineralization in the Neves-Corvo VMS deposit (Iberian Pyrite Belt). *Proceedings of the 14th SGA Biennial Meeting - Mineral Deposits to Discover*, vol. 3, 20-23 agosto 2017, Québec City, Canada, 989-992.

Albuy, L., Conde, L., Foglierini, F., Leça, X., Morikis, A., Callier, L., Carvalho, P. & Songny, J., 1981. Le gisement de sulfures massifs polymétalliques de Neves-Corvo (Baixo Alentejo, Sud Portugal). *Chronique Recherche Miniére*, nº 460, BRGM, 30pp.

Almeida, F., Guerra, A., Ramalho, E.C., Matos, J.X., 2018. Recovering TURAM geophysical data towards 3D modelling of the Caveira - Lousal mining area, southern Portugal. First Break, V. 36, Special Topic: Near Surface Geoscience, 75-81.

Almeida, J. & Fernandes C., 1945. *Minas de manganésio da Herdade de Ferragudo e Felipeja*. Relatório Interno SFM, 34p..

ALMINA, 2016. Website da empresa Almina, Minas do Alentejo, SA. www.almina.pt, acedido em 2 dezembro, 2016.

Almodóvar, G.R., Saez, R., Pons, J.M., Maestre, A., Toscano, M. & Pascual, E., 1998. Geology and genesis of the Aznalcollar massive sulphide deposits, Iberian Pyrite Belt, Spain. *Mineralium Deposita* 33, 111-136.

Álvarez-Valero, A.M., Pérez-López, R., Matos, J.X., Capitán, M.A., Nieto, J.M., Saez, R., Delgado, J. & Caraballo, M., 2008. Potential environmental impact at São Domingos mining district (Iberian Pyrite Belt, SW Iberian Peninsula): evidence from a chemical and mineralogical characterization. *Environ Geology*, 55, DOI 10.1007/s00254-007-1797-1809.

Andrade R. & Schermerhorn, L., 1971. Aljustrel and Gavião. In: Carvalho, D., Goinhas, J., Schermerhorn, L.J.S., (Eds.). Livro guia da excursão 4. I *Congresso Hipano-Luso-Americano de Geologia Económica*, 32-59.

Andrade, R.F., 1967. As minas de Aljustrel. Boletim de Minas, v. 4, 73-90.

Ascendant Resources Inc., 2020. Lagoa Salgada Project, Portugal. Website institucional acedido em 28-01-2020. https://www.ascendantresources.com/English/Operations/Lagoa-Salgada-Project/default.aspx

Barrett, T.J., Dawson, G.L. & MacLean, W.H., 2008. Volcanic stratigraphy, alteration, and sea-floor setting of the Paleozoic Feitais massive sulfide deposit, Aljustrel, Portugal. *Economic Geology*, SEG, v. 103, 215-239.

Barrie, C., Amelin, Y. & Pascual, E., 2002. U-Pb geochronology of VMS mineralization in the Iberian Pyrite Belt. *Mineralium Deposita* 37/8, 684-703. Arquivo LNEG ID 12379.

Barriga, F., 1990. Metallogenesis in the Iberian Pyrite Belt, In: Dallmeyer, R.D., Martinez García, E., (Eds.), *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, 369-379.

Barriga, F., Carvalho, D. & Ribeiro, A., 1997. Introduction to the Iberian Pyrite Belt. *SEG Neves Field Conference*. Guidebook Series, Vol.27. 1-20.

Barros, J. & Alverca, R., 2011. Área Lagoa Salgada, Relatório 1º Semestre 2011. Redcorp, Arquivo LNEG ID 11352, 110p.

Batista, M.J., Matos, J.X. & Abreu, M.M., 2012. Acid Drainage Potential at S. Domingos Mine. In, E. F. Silva, A. P. Reis, C. Patinha, E. Pereira, S. Rodrigues. (Eds.), Multidisciplinary contribution for environmental characterization and improvement at the S. Domingos mining site. Field Trip Guidebook of the *9th Int. Symposium on Environmental Geochemistry*, (Batista *et al.*). PLM-Plural S. A. ISBN:978-972-789-367-6, 26-36.

Brilha, J., Andrade, C., Azeredo, A., Barriga, F.J.A.S., Cachão, M., Couto, H., Cunha, P.P., Crispim, J.A., Dantas, P., Duarte, L.V., Freitas, M.C., Granja, M.H., Henriques, M.H., Henriques, P., Lopes, L., Madeira, J., Matos, J.M.X., Noronha, F., Pais, J., Piçarra, J., Ramalho, M.M., Relvas, J.M.R.S., Ribeiro, A., Santos, A., Santos, V. & Terrinha, P., 2005. Definition of the Portuguese frameworks with international relevance as an input for the European geological heritage characterisation. *Episodes*, Vol. 28, (3), 177-186.

Cabral, J., Monteiro, S. & Barata, J., 1889. Catalogo Descriptivo da Secção de Minas Gr. I e II. Associação Industrial Portugueza, *Exposição Nacional das Industrias Fabris*, Lisboa, Imprensa Nacional, 502p.

Carvalho, D., 1971. *Jazigos de Fe-Mn da região Cercal-Odemira. Principais Jazigos Minerais do Sul de Portugal*, Livro-Guia nº4, pp. 59-73.

Carvalho, D., 1976. Considerações sobre o vulcanismo da região de Cercal-Odemira. Suas relações com a Faixa Piritosa. *Com. SGP T. LX*, pp. 215-238.

Carvalho, D., 1979. Geologia, metalogenia e metodologia da investigação de sulfuretos polimetálicos do Sul de Portugal. *Com. Serviços Geológicos de Portugal*, t.pp. 65, 169-191.

Carvalho, D., 1982. New paths to massive sulphide exploration in the Iberian Pyrite Belt. *Com. Serviços Geológicos de Portugal*, t. 68, fasc. 2,pp. 149-162.

Carvalho, D., 1991. A Case History of the Neves Corvo Massive Sulfide Deposit, Portugal, and Implication for Future Discoveries. *Economic Geology Monograph* 8, 314-334.

Carvalho, D., Barriga, F. & Munhá, J., 1999. Bimodal Siliciclastic systems: The case of the Iberian Pyrite Belt. In: Barrie, C.T., Hannington, M.D. (Eds,), Volcanic associated massive sulfide deposits: Processes and examples in modern and ancient settings. *Reviews Economic Geology*, 375-408.

Carvalho, J., Inverno, C., Matos, J.X., Rosa, C., Granado, I., Branch, T., Represas, P., Carabaneanu, L., Matias, L. & Sousa, P., 2016. Subsurface Mapping in the Iberian Pyrite Belt Using Seismic Reflection Profiling and Potential Field Data. *International Journal of Earth Sciences, Geol Rundschau*, Ed. Springer Verlag, DOI 10.1007/s00531-016-1340-1, 19p.

Castelo Branco, J.M., 1994. Área Grândola-Alcácer do Sal, Relatório 2º Semestre 1994. Sociedade Mineira Rio Artezia, Arquivo LNEG ID 12989, 297p.

Castelo Branco, J.M., 1995. Área Grândola-Alcácer do Sal, Relatório 1º Semestre 1995. Sociedade Mineira Rio Artezia, Arquivo LNEG ID 12727, 18p.

Castroviejo, R., Quesada, C. & Soler, M. 2010. Post-depositional tectonic modification of VMS deposits in Iberia and its economic significance. *Mineralium Deposita*, 46, 615-637.

Clark, N., 1984. Área de Mértola e Ferrarias/Alcoutim. Billiton Portuguesa - Rel. 1º Sem. de 1984. Arquivo LNEG ID 11861, 119p.

Coder, J. & Kuhn, P., 2019. *Alvalade jv opportunity – fast track from brownfields exploration to development in a 50+ million tonne copper-zinc district in the Iberian Pyrite Belt, Portugal*.

Coelho, C., Valente, S., Figueiredo, E., Ribeiro, C. & Matos, J.X., 2007. Avaliação dos impactos socioeconómicos da actividade mineira na Vila de Aljustrel: O contributo do Projecto EVALUSE. IX *Semana do Ambiente, Universidade de Aveiro*, 25-32.

Conde, C. & Tornos, F., 2020. Geochemistry and architecture of the host sequence of the massive sulfides in the northern Iberian Pyrite Belt. *Ore Geology Reviews*. En prensa. https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.103042.

Costa, L. & Parrilla F., 1992. Structure économique et minière de la bande pyritique ibérique. In: R. Mañana (ed.), *World Mining Congress*, Madrid, 25-29 May, 1992, 617-625.

Custódio, J., 1996a., *Sistemas de Lavra na Mina de São Domingos (1854-1966). Mineração no Baixo Alentejo, CM Castro Verde*, ISBN 972-96296-5-5, 176-185.

Custódio, J., 1996b. *James e a Construção da Mina de São Domingos. Mineração no Baixo Alentejo, CM Castro Verd*e, ISBN 972-96296-5-5, 199-229.

Custódio, J., 1999. Documentos para a história da mina de S. Domingos - O relatório do geólogo Carlos Ribeiro. Arqueologia Medieval, nº 6. *Campo Arqueológico Mértola*, ISSN 0872-2250, 255-265.

Custódio, J., 2013. *Mina de S. Domingos. Território, História e Património Mineiro*. Ed. Socius, Iseg Univ. Lisboa, 180p.

Daigle, P., 2018. Technical Report for Redcorp Lda. - *Lagoa Salgada Project Setúbal District, Portugal*. AGP Mining Consultants Inc., 124p.

De Oliveira, D.P.S., Matos, J.X., Rosa, C.J.P., Rosa, D.R.N., Figueiredo, M.O., Silva, T.P., Guimarães, F., Carvalho, J.R.S., Pinto, A.M:M., Relvas, J.R.M.S., Reiser, F.K.M., 2011. The Lagoa Salgada orebody, Iberian Pyrite Belt, Portugal: Geology, distribution, mineralogy and geochemistry of Indium. *Economic Geology*, SEG, Colorado USA, v. 106, 1111-1128.

De Oliveira, D.P.S., Rosa, C.J.P., Guimarães, F.M.G., Matos, J.X., Rosa, D.R.N., Pereira, Z., Frias, V.C.S. & Branco, J.M.C., 2013. Late-stage Gold (*Electrum*) in the Lousal Mine, Iberian Pyrite Belt, Portugal. Mineral Deposit Research for a High Tech World *12th SGA Biennial Meeting Proceedings*, V. 2, 564-567.

Desneulin, J., 1986. *Permis de Cercal - Ourique, Sondage MO 1 sur la zone de Montinho. In Área de Prospeção de Cercal-Ourique, Relatório 1º Sem. 1986*, Elf Aquitaine. Arquivo LNEG, ID 12505, 332p.

Díez-Montes, A., Bellido Mulas, F., Sánchez-García, T. & García Crespo, J., 2017. *Lithogeochemistry of volcanic rocks in the Río tinto Mine, Iberian Pyrite Belt (Huelva, Spain).* Madrid, Instituto Geológico y Minero de España. Informes Técnicos, 9, 54 pp.

Díez-Montes, A., García-Crespo, J., Ayala, C., García-Lobón, J.L., Sánchez-García, T., Rey-Moral, C., Bellido, F., Rubio, F., Mediato, J.F. & Tornos, F., 2015. Modelling of the Río Tinto Area. In: 3D, 4D and Predictive Modelling of Major Mineral Belts in Europe (P. Weihed, Ed.). Springer International Publishing Switzerland, *Mineral Resource Reviews*. Chapter 10, 209-229.

Díez-Montes, A., Leyva, F., Matas, J. & Martín Parra, L.M., 1999. *Mapa Geológico a escala 1:50.000 y Memoria de El Castillo de las Guardas (939). Investigación Geológica y Cartografía Básica en la Faja Pirítica y Áreas Aledañas*. Available on line at: www.juntadeandalucia.es/economiainnovacioncienciayempleo/pam.

Díez-Montes, A., Valverde-Vaquero, P., Rey-Moral, C. & Sánchez-García, T., 2017. Late Variscan, Permo-Carboniferous, Al-K plutonism in the South Portuguese Zone: El Crispinejo cordierite-bearing granite. *Geologica Acta*, 15 (4), 429-442.

Dirección General de Minas e Industria de la Construcción, 1990. *Proyecto de Exploración de la Faja de Minerales Piríticos del SO de España*. Ministerio de Industria y Energía. Informe inédito, 216 pp.

Dirección General de Minas, 1968. *Reservas de sulfuros complejos en el SO de España*. Ministerio de Industria. Madrid. Informe inédito, 111 pp.

Domergue, C., 1983. *La mine antique d'Aljustrel (Portugal) et les tables de bronze de Vipasca*. Conimbriga, XXII, 35.

Domergue, C., 2002. La mina romana de Aljustrel (Portugal) y el património minero a princípios del tercer milénio. *Actas Cong. Int. Património Geológico e Mineiro*, IGM, 231-238.

Domergue, C., 2011. Les Mines romaines du sud-ouest de la Péninsule Ibérique. In: *Río Tinto, Historia, Patrimonio Minero y Turismo Cultural*. Servicio publicaciones, Universidad de Huelva, 27-45.

Donaire, T., Pascual, E., Sáez, R., Pin, C., Hamilton, M. & Toscano, M., 2020. Geochemical and Nd isotopic signature of felsic volcanic rocks as a proxy of volcanic-hosted massive sulphide deposits in the Iberian Pyrite Belt (SW, Spain): The Paymogo Volcano-Sedimentary Alignment. *Ore Geology Reviews*, 120. 103408, 15p. https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103408

Dunning, G.R.; Díez Montes, A., Matas, J.; Martín Parra, L.M. Almarza, J. & Donaire, M., 2002. Geocronología U/Pb del volcanismo ácido y granitoides de la Faja Pirítica Ibérica (Zona Surportuguesa). *Geogaceta*, 32, 127-130.

Earhart, R.L., Carvalho, D., Oliveira, V. & Oliveira, J.T., 1998. Geologic setting and geochemical controls on the distribution of gold in the Portuguese Pyrite Belt. In Grimes and Kropschot Eds., Geochemical Studies of Rare Earth Elements in the Portuguese Pyrite Belt, and Geologic and Geochemical Controls on Gold Distribution, *US Geological Survey Professional Paper* 1596-B, 14-40.

Fernandes C., 1947. *Jazigos de Mn do Alentejo. Breve estudo das minas de Mn do concelho de Castro Verde*. Rel. Interno SFM.

Fuente, F., 1993. Área Castro Verde, Relatório 1º Sem. 1993. Consórcio Minaport, EDM, Bilinton. Arquivo LNEG ID 11886, 161p.

García de Miguel, J. M., 1990. Mineralogía, paragénesis y sucesión de los sulfuros masivos de la Faja Pirítica en el suroeste de la Península Ibérica. *Boletín Geológico y Minero*, vol. 101-1, 73-105.

García Palomero, F., 1977. Estudios geológicos y relaciones morfológicas y genéticas de las minerqalizaciones del anticlinal de Riotinto. Resumen de la Tesis Doctoral, 19 pp. *Separata de Acta Salmanticensia*. Universidad de Salamanca.

García Palomero, F., 1980. *Caracteres geológicos y relaciones morfológicas y genéticas de los yacimientos del anticlinal de Riotinto.* Instituto de Estudios Onubenses «Padre Marchena». Excelentísima Diputación de Huelva, 264 pp.

García, F., 1946. *Minas concedidas no continente (1836-1946).* Dir. Geral Minas e Serv. Geol., 161p.

Globe News Wire, 2019. Ascendant Lagoa Salgada Project. Website insitucional acedido em 20-08-2019.
https://www.globenewswire.com/news-release/2019/04/02/1794944/0/en/Ascendant-Resources-Announces-2019-Exploration-Program-at-Its-Lagoa-Salgada-Project-in-Portugal.html;
https://www.globenewswire.com/news-release/2019/07/24/1887016/0/en/Ascendant-Resources-Intersects-High-Grade-Intervals-at-the-Lagoa-Salgada-VMS-Project-in-Portugal.html.

Goinhas, J., 1986. *Minas de Manganês do Baixo Alentejo*. Rel. Interno DGGM.

Gomes, R., 1957. Jazigos ferro-manganíferos de Cercal-Odemira. Relatório Serviço de Fomento Mineiro, Arquivo LNEG Beja, 73p.

González-Clavijo, E.J. & Díez-Montes, A., 2010. Propuesta de estructura geológica para el depósito gigante de sulfuros masivos volcanogénicos de Río Tinto, Faja Pirítica Ibérica. Geogaceta, 48, 203-206.

Granda Sanz, A., Granda París, T., Pons Valens, J.M. & Videiraet, J.C., 2019. El descubrimiento del Yacimiento de la Magdalena. Protagonismo de los métodos geofísicos en la exploración de yacimientos tipo sulfuros masivos vulcanogénicos (vms) profundos en la faja pirítica ibérica. *Boletín Geológico y Minero*, 130 (2): 213-230. ISSN: 0366-0176

Gumiel, P., 1982. *Metalogenia de los yacimientos de antimonio de la Península Ibérica*. Tésis Doctoral. Universidad de Salamanca, 324 pp.

Gumiel, P., Ruiz-Montes, M., Boixereu, E., Locutura, J., Sánchez Valverde, J., Fernández-Leyva, C., García-Cortés, A., Florido, P., Bellido, F., Díez Montes, A., González Sanz, F.J., Palero, F., Rodríguez López, M., & Feixas, C., 2011. Mapa Metalogenético de Andalucía a escala 1:400.000. En *Cartografía de recursos minerales de Andalucía* (A. García- Cortés, Ed. ppal.), IGME-Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía. Madrid.

IGME. 1982. *Síntesis geológica de la Faja Pirítica del SO de España*. Instituto Geológico y Minero de España. Colección Memorias. Tomo 98, 106 pp.

IGME. 1982a. *Reconocimiento de indicios mineros en la Faja Pirítica*. Informe de proyecto no publicado.

IGME. Base de Datos de Recursos Minerales (BDMIN) (http://doc.igme.es/bdmin/)

Inverno, C., 1976. *Rel. Int. sobre cartografia geológica na Mina do Chança*, SFM, 8p., 5an.

Inverno, C., Díez-Montes, A., Rosa, C., García-Crespo, J., Matos, J., García-Lobón, J.L., Carvalho, J., Bellido, F., Castello-Branco, J.M., Ayala, C., Batista, M.J., Rubio, F., Granado, I., Tornos, F., Oliveira, J.T., Rey, C., Araújo, V., Sánchez-García, T., Pereira, Z., Represas, P., Solá, A.R. & Sousa, P., 2015a. Cap. 9 - Introduction and Geological Setting of the Iberian Pyrite Belt. P. Weihed (Ed.), 3D, 4D and Predictive Modelling of Major Mineral Belts in Europe, Springler Verlag, *Mineral Resource Reviews*, DOI 10.1007/978-3-319-17428-0_9, 191-208.

Inverno, C., Manuppella, G., Zbyszewski, G., Pais, J. & Ribeiro, M.L., 1993. *Notícia Explicativa da Folha 42-C - Santiago do Cacém. Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50 000*. Serviços Geológicos de Portugal, 1993

Inverno, C., Matos, J.X., Rosa, C., Castelo-Branco, J.M., Granado, I., Carvalho, J., Baptista, M.J., Represas, P., Pereira, Z., Oliveira, T. & Araujo, V., 2013. Massive sulfide exploration models of the Iberian Pyrite Belt Neves Corvo mine region, based in a 3D geological, geophysical and geochemical ProMine study. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 15, EGU2013-13350-1, European Geosciences Union General Assembly, Viena.

Inverno, C., Rosa, C., Matos, J., Carvalho, J., Castello-Branco, J.M., Batista, M.J., Granado, I., Oliveira, J.T., Araújo, V., Pereira, Z., Represas, P., Solá, A.R. & Sousa, P., 2015b. Cap. 11 - Modelling of the Neves Corvo Areation and Geological Setting of the Iberian Pyrite Belt. P. Weihed (ed.), 3D, 4D and Predictive Modelling of Major Mineral Belts in Europe, Springler Verlag, *Mineral Resource Reviews*, DOI 10.1007/978-3-319-17428-0_9, 231-261.

Jorge, R. C., Barriga, F. J. & Relvas, J. M., 1998. Soloviejo manganese deposit: mineralogy, and geochemistry, progress report. Comunicaçoes. *Actas V Congresso Nacional de Geología*, 84-1.

Jubé, E. & Carbonell, A., 1923. Estudio geológico-minero de los yacimientos de Sb de los campos de San Benito (términos municipales de El Cerro, Cabezas Rubias y Calañas, provincia de Huelva). *Bol. Of. Min. y Met*., año VII, 79, 3-83.

Kuhn, P., 2017. *Alvalade Project Sesmarias Dicovery*. Avrupa Minerals, PDAC 2017, Abs.

Leca, X., 1976. Le volcano-sédimentaire de la région d´Alcoutim (Baixo Alentejo, Portugal). *Com. SGP T. LX*, pp. 139-150.

Leca, X., Ribeiro, A., Oliveira, J.T., Silva, J.B., Albouy, L., Carvalho, P., Merino, H., 1983. Cadre géologique des minéralisations de Neves Corvo (Baixo-Alentejo, Portugal) - Lithostratigraphie, paléogéographie et tectonique. Mémoires BRGM 121-1983. Éditions du BRGM, Orléans, France, 79.

Leistel, J., Marcoux, E., Thieblemont, D., Quesada, C., Sánchez, A., Almodóvar, G., Pascual, E. & Sáez, R., 1998. The volcanic-hosted massive sulphide deposits of the Iberian Pyrite Belt. Review and preface to the special issue. *Mineralium Deposita* 33, 2-30.

Leitão, J., 1992. The Aljustrel overthrust problem in the view of the new evidence from the Sto Antão area. *Comun. Serv. Geol. Portugal*. Lisboa, 78 (2), 97-102.

Leitão, J., 1998. Geologia dos depósitos de sulfuretos maciços de Aljustrel. Liv.-*Guia V Cong. Nac. Geologia*, IGM, 91-100.

Leitão, J.C.R., 2009. *Geodinâmica varisca, vulcano-sedimentar e tectónica, na área de Aljustrel*. Tese PhD, Univ. Trás-os-Montes e Alto Douro (não publicada).

Locutura, J., 2011. Descripción de las mineralizaciones de la Zona Sudportuguesa. En: *Cartografía de recursos minerales de Andalucía* (A. García-Cortés, Ed. ppal.), IGME-Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía. Madrid, 108-190.

Macias, J.A.P., Matos, J.X. & Martins, A., 2011. Los Scavrarii de Vipasca. *Actas V Cong. Int. Minería y Metalurgia Históricas SW Europeo*, León, Libro Homenaje a Claude Domergue, Eds. J.M. Mata-Perelló, L.T. Iabat, M.N.F. Prieto, SEDPGYM Spain, 410-425 ISBN 978-99920-1-790-6.

Marcoux, E. & Sáez, R., 1994. Geoquímica isotópica de plomo de las mineralizaciones hidrotermales tardihercínicas de la Faja Pirítica Ibérica. *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 17-1, 202-203.

Marcoux, E., Moëlo, Y. & Leistel, J. M., 1996. Bismuth and cobalt minerals: indicators of stringer zones to massive sulphide deposits, Iberian Pyritic Belt. *Mineralium Deposita*, 31, 1-26.

Martin-Izard, A., Arias, D., Arias, M., Gumiel, P., Sanderson, D.J., Castañon, C., Lavandeira, A. & Sanchez, J., 2015. A new 3D geological model and interpretation of structural evolution of the world-class Rio Tinto VMS deposit, Iberian Pyrite Belt (Spain). *Ore Geology Review*, 71, 457-476.

Martins, A., 1996. *Aljustrel, a mina e a mineração na antiguidade. Mineração no Baixo Alentejo*, CM Castro Verde, ISBN 972-96296-5-5, p.

Martins, A., Alves, H. & Costa, T., 2003. *2000 anos de mineração em Aljustrel*. Câmara Municipal de Aljustrel, Portugal, 78p.

Mason & Barry Company, 1962. *Cartografia mineira do jazigo de São Domingos*, Arquivo LNEG, Alfragide, Portugal.

Mason & Barry Company, 1973. *Relatórios Técnicos referentes à área mineira de São Domingos*. Arq. LNEG, Alfragide, Portugal.

Mateus A., Figueiras J., Matos J.X., Gonçalves M.A., Lopes R., Labaredas J. & Beleque A., 2008. *Condicionantes impostas à dispersão de metais acumulados em escombreiras: o exemplo de Caveira (Faixa Piritosa Ibérica).* A Terra: Conflitos e Ordem. Livro de Homenagem ao Professor Ferreira Soares, MMGUC, Coimbra (ISBN: 978-989-95994-0-6): 373-382.

Mateus, A., Matos J.X., Rosa, C. & Oliveira, V., 2003. Cu-ores in quartz-carbonate veins at Estremoz-Alandroal and Barrancos-Sto Aleixo regions (Ossa Morena Zone): a result of Late-Variscan hydrothermal activity? *Ciências da Terra V (UNL),* Lisboa, F90-F93.

Mateus, A., Munhá, J., Andráš, P. & Matos, J.X., 2006. Lead isotope geochemistry in hydrothermal, antimony-bearing mineralising systems of South Portugal. *VII Congresso Nacional de Geologia*, Univ. Évora, 4p.

Mateus, A., Pinto, A., Alves, L.C., Matos, J.X., Figueiras, J. & Neng, N., 2011. Roman and modern slag at S. Domingos mine (IPB, Portugal): compositional features and implications for their long-term stability and potential re-use. *International Journal of Environment and Waste Management Inderscience Publishers Ltd*, Vol. 8, nº 1/2, 133-158p.

Matos, J. X., 2009. *Ampliação e desenvolvimento da Rota da Pirite através da inclusão dos jardins geológicos de Algares e Lousal, Faixa Piritosa Ibérica, Portugal*. Projecto RUMYS, programa CYTED, Livro Rutas Minerales y Sostenibilidad, Ed. Paul Carrion, Esc. Sup. Politécnica del Litoral, Guayaquil, Equador, pp 113-121.

Matos, J. X., Pereira, Z., Rosa, C.J.P., Rosa, D.R.N., Oliveira, J.T. & Relvas, J.M.R.S., 2011b. Late Strunian age: a key time frame for VMS deposit exploration in the Iberian Pyrite Belt. *11th Biennial SGA Meeting*, Antofagasta, Chile, 790-792.

Matos, J., Barriga, F., Oliveira, V., Relvas, J. & Conceição, P., 2000. The structure and hydrothermal alteration of the Lagoa Salgada orebody (Iberian Pyrite Belt - Sado Tertiary Basin). Volcanic Environments and Massive Sulfide Deposits - *SEG/CODES Int. Conf. Abstract*, Tasmania, 119-121.

Matos, J., Martins, L. & Rosa, C., 2003b. Parque Mineiro da Cova dos Mouros - IGM contribute for the sustainable development of the mining park. IGME, *Pub. Museo Geom*. 2, 487-494.

Matos, J., Oliveira, J., Farinha, J., Ávila, P., Rosa, C., Leite, M., Daniel, F. & Martins, L., 2002. Património mineiro português: estado actual da herança cultural de um país mineiro. *Actas do Congresso Internacional Sobre Património Geológico e Mineiro*, IGM/SEDPGYM, Beja, Portugal, 539-554.

Matos, J.X. & Filipe, A., Coord. 2013. *Carta de Ocorrências Mineiras do Alentejo e Algarve à escala 1:400.000*, versão digital. Edição LNEG/ATLANTERRA, Lisboa. ISBN: 978-989-675-029-9.

Matos, J.X. & Martins, L., 2003. Itinerários geo - eco - educacionais como factor de desenvolvimento sustentado do turismo temático associado à Faixa Piritosa Ibérica. *Actas IV Cong. Int. Património Geológico y Minero*, SEDPGYM, Utrillas, Espanha, 539-557.

Matos, J.X. & Martins, L., 2006 Reabilitação ambiental de áreas mineiras do sector português da Faixa Piritosa Ibérica: estado da arte e perspectivas futuras. IGME, *Bol. Geológico y Minero España*, v. 117, nº2, pp. 289-304. ISSN: 0366-0176.

Matos, J.X. & Oliveira, V., 2003. Mina do Lousal (Faixa Piritosa Ibérica) - Percurso geológico e mineiro pelas cortas e galerias da antiga mina. IGME, *Pub. Museo Geominero* 2, 117-128.

Matos, J.X. & Pereira, Z., 2012. The LNEG ATLANTERRA South Portuguese Zone Geosite characterization Program. Proceedings of the *11th European Geoparks Conference 2012* (Eds: Sá, A., Rocha, D., Paz, A., Correia, V.), Arouca, pp. 189-190.

Matos, J.X. & Pereira, Z., 2013. Aplicação e divulgação de modelos geológicos complexos no âmbito de projetos de património geológico-mineiro na Faixa Piritosa Ibérica. Liv. res. *9ª Conf. Anual, Grupo Geologia Estrutural e Tectónica, Soc. Geológica Portugal*, Moreira, Dias, Araújo Eds., Un. Évora, 165-169.

Matos, J.X. & Relvas, J.M.R.S., 2006. Mina do Lousal (Faixa Piritosa Ibérica). Livro Guia Excursão C.4.1, *VII Cong. Nac. Geologia*, Estremoz, Un. Évora, Portugal, 23-25.

Matos, J.X. & Rosa C., 1999. Estudo geológico-mineiro da Mina de Ferrarias (Vaqueiros - Alcoutim), actual Parque Mineiro da Cova dos Mouros. *X Congresso do Algarve*, Racal Clube, 877-888.

Matos, J.X. & Rosa, C., 2001. *Diagnóstico Preliminar de Minas Abandonadas - Área Sul*. Rel. Int. IGM, 276p.

Matos, J.X., 2004. *Carta geológico-mineira de São Domingos, escala 1/5000*, INETI.

Matos, J.X., 2005a. *Carta geológico-mineira de Aljustrel, escala 1/5000*, INETI.

Matos, J.X., 2005b. *Carta geológico-mineira do Lousal, escala 1/5000*, INETI.

Matos, J.X., 2007. *Geologia*. Cap. Livro Santa Bárbara de Padrões - Fragmentos da Memória. Ed. Miguel Rego, Junta de Freguesia de Sta. Bárbara, CM Castro Verde, 11-23. ISBN: 978-972-99886-4-6

Matos, J.X., 2012. Geologia e mineração em Aljustrel. In Macias, J.A.P., Martins, A., Alvarez, M.B., Rivero, J.L. (Eds), In *Abditas Terras, Investigações Arqueológicas em Aljustrel*. Ediciones Consulcom, Huelva, Espanha. ISBN:978-84-939602-2-3. 29-35 p.

Matos, J.X., 2016. Cap. Recursos Minerais Metálicos. In Dias *et al.* (2016) *Notícia exp. Fl. 42-A Grândola, Carta Geológica de Portugal 1/50 000*, Ed. LNEG/UGHGC, ISBN: 978-989-675-049-7, 4 p.

Matos, J.X., Barriga, F., Oliveira, V., 2003a. Alunite veins versus supergene kaolinite/halloysite alteration in the Lagoa Salgada, Algares and S. João (Aljustrel) and S. Domingos massive sulphide deposits, Iberian Pyrite Belt, Portugal. *Ciências da Terra* (UNL) 5, B56-B59.

Matos, J.X., Barriga, F.J.A.S. & Relvas, J.M.R.S., 2017a. Acid sulphate alteration in the Iberian Pyrite Belt. Proceeding of the *14th SGA Biennial Meeting*, Mineral Resources to Discover vol. II, Québec City, Canada, 625-628, ISBN .9782981689801.

Matos, J.X., Batista, M.J., Represas, P. & Pereira, Z., 2015. Soil geochemistry and gravity inversion modelling of the Caveira massive sulphide deposit, Iberian Pyrite Belt. *Cong. Ibérico Geoquímica/XVIII Semana Geoquímica*, LNEG, ISBN 978-989-675-039-8, 108-111.

Matos, J.X., de Oliveira, D.P.S., Pereira, Z., Batista, M.J., Carvalho, J., Represas, P., Sousa, P., Solá, R., Salgueiro, R., Mendes, M., Morais, I., Albardeiro, L. & Inverno, C., 2017c. The Iberian Pyrite Belt geological, geophysical and geochemical LNEG mapping program, Portugal. *PDAC 2017*, Session "Riches of the Iberian Peninsula", 2p.

Matos, J.X., Inverno, C., Morais, I., Albardeiro, L., 2017b. Field Exploration Workshop I – *Mining Companies/Universities, Hydrothermal alteration related with massive sulphide mineralization*. EXPLORA Project, São Domingos and Chança mines (Mértola, Iberian Pyrite Belt), 9th May, 2017, LNEG, 14p.

Matos, J.X., Martins, A., Rego, M., Mateus, A., Pinto, A., Figueiras, J. & Silva, E., 2011a. Roman slag mine wastes distribution in the portuguese sector of the Iberian Pyrite Belt. *Actas V Cong. Int. Minería y Metalurgia Históricas SW Europeo,* León, Libro Homenaje a Claude Domergue, Eds. J.M. Mata-Perelló, L.T. Iabat, M.N.F. Prieto, SEDPGYM Spain, 563-572 ISBN 978-99920-1-790-6.

Matos, J.X., Martins, L., Rosa, C., 2003. Parque Mineiro da Cova dos Mouros - IGM contribute for the sustainable development of the mining park. IGME, *Pub. Museo Geom*., nº2, 487-494.

Matos, J.X., Martins, L.P., 2006. Reabilitação ambiental de áreas mineiras do sector português da Faixa Piritosa Ibérica: estado da arte e perspectivas futuras, *Boletín Geológico y Minero*, Espanha, 117 (2), 289-304. ISSN: 0366-0176.

Matos, J.X., Martins, L.P., Oliveira, J.T., Pereira, Z., Batista, M.J. & Quental, L., 2008b. *Rota da pirite no sector português da Faixa Piritosa Ibérica, desafios para um desenvolvimento sustentado do turismo geológico e mineiro*. Projecto RUMYS, programa CYTED, Livro Rutas Minerales en Iberoamérica, Ed. Paul Carrion, Esc. Sup. Politécnica del Litoral, Guayaquil, Equador: 136-155.

Matos, J.X., Oliveira, J.M.S., Farinha, J.B., Ávila, P., Rosa, C., Leite, M.R.M., Daniel, F. & Martins, L., 2002a. Património mineiro português: estado actual da herança cultural de um país mineiro. *Actas do Congresso Internacional Sobre Património Geológico e Mineiro*, IGM/SEDPGYM, Beja, Portugal, 539-554.

Matos, J.X., Oliveira, V. & Barriga, F., 1998. Contribuição para o conhecimento geológico e metalogenético da Jazida de Lagoa Salgada, Faixa Piritosa Ibérica - Bacia Terciária do Sado. *Actas V Cong. Nacional de Geologia*, Com. IGM T. 84 F. 2, 11-14, Lisboa.

Matos, J.X., Oliveira, V., Alves, H. & Carvalho, R., 2002b. Património geológico-mineiro e histórico da Mina de S. Domingos, Faixa Piritosa Ibérica. *Actas do Congresso Internacional Sobre Património Geológico e Mineiro*, IGM/SEDPGYM, Beja, Portugal, 517-535.

Matos, J.X., Pereira, Z. & Oliveira, J.T., 2010. A Rota da Pirite, uma rede de sítios geológicos e mineiros dedicada ao património e história da Faixa Piritosa Ibérica. *VIII Cong. Nac. Geologia*, Rev. Ciências da Terra GEOTIC/Soc. Geol. Portugal, 4pp.

Matos, J.X., Pereira, Z., 2012b. The LNEG ATLANTERRA South Portuguese Zone Geosite characterization Program. Proceedings of the *11th European Geoparks Conference 2012* (Eds: Sá, A., Rocha, D., Paz, A., Correia, V.), Arouca, 189-190.

Matos, J.X., Pereira, Z., Batista, M.J., De Oliveira, 2012. The S. Domingos Mine site - Iberian Pyrite Belt. In, E. F. Silva, A. P. Reis, C. Patinha, E. Pereira, S. Rodrigues. (Eds), Multidisciplinary contribution for environmental characterization and improvement at the S. Domingos mining site. Field Trip Guidebook *9th Int. Symposium on Environmental Geochemistry*, (Batista *et al.*). PLM-Plural S. A. ISBN:978-972-789-367-6. 15-25.

Matos, J.X., Pereira, Z., Fernandes, P., Rosa, D. & Oliveira, J.T., 2010. Contribution to the understanding of the structure of Aljustrel mine Iberian Pyrite Belt, based in new palynostratigraphical data obtained in the Volcano-Sedimentary Complex and Mértola Formation. *VIII Congresso Nacional de Geologia, e-Terra*, 21, 10, 1-4.

Matos, J.X., Pereira, Z., Oliveira, J.T., 2011b. Iberian Pyrite Belt Geosites - valorisation of the geodiversity based in the Geological parks model. Abs, Book, *Int. Cong. Geotourism*, Arouca Geopark, 189-192.

Matos, J.X., Pereira, Z., Oliveira, V. & Oliveira, J.T., 2006a. The geological setting of the S. Domingos pyrite orebody, Iberian Pyrite Belt. In: *VII Congresso Nacional de Geologia*, Mirão, J., Balbino, A. Eds., Vol 1: 283-286.

Matos, J.X., Pereira, Z., Rosa, C. & Oliveira, J.T., 2014. High resolution stratigraphy of the Phyllite-Quartzite Group in the northwest region of the Iberian Pyrite Belt, Portugal. *Comunicações Geológicas* 101, Esp. I, 489-493, IX CNG/2º CoGePLiP, Porto, ISSN: 0873-948X, e-ISSN: 1647-581X.

Matos, J.X., Pereira, Z., Rosa, C.J.P., Rosa, D.R.N., Oliveira, J.T., Relvas, J.M.R.S., 2011c. Late Strunian age: a key time frame for VMS deposit exploration in the Iberian Pyrite Belt. *11th Biennial SGA Meeting*, Antofagasta, Chile, 790-792.

Matos, J.X., Pereira, Z., Solá, R., Represas, P. & Dias, R., 2018. The NW region of the South Portuguese Zone, a contribution of the LNEG regional mapping and mineral exploration programs. *Abs. X Cong. Nac. Geologia, Vulcânica* II: 191-192, ISSN 1646-3269.

Matos, J.X., Rosa, C. & Pereira, Z., 2013. Cap. Geologia e mineralizações da região de Odemira. *Livro de Atas do Colóquio Ignorância & Esquecimento*, Coord. P. Prista, Edição Câmara Municipal de Odemira, p. 249-273. ISBN 978-989-8263-07-0.

Matos, J.X., Soares, S. & Claudino, C., 2006b. Caracterização Geológica-geotécnica da corta da mina de São Domingos, FPI. *X Cong. Nac. Geotecnia*, SPG/UNL, v. 3, 741-752.

Matzke, K., 1971. *Mina do Lousal. Jazigos Minerais Sul de Portugal*, Liv.-Guia nº4, 25-32.

Matzke, K., 1974. *Unpublished Exploration Report Mine Et Industrie*, SA, Caveira Area, LNEG Archive ID 12658 doc, 23p.

Mendes, M., Pereira, Z., Matos, J.X., Albardeiro, L., Morais, I., Solá, R., Salgueiro, R., Pacheco, N., Araújo, V., Inverno, C. & Oliveira, J.T., 2020, submitted. New insights on the middle Givetian/middle Frasnian palynofloras from the Phyllite-Quartzite Formation in the Neves-Corvo mine region (Iberian Pyrite Belt, Portugal). *Revue de Micropaléontologie*, Elsevier, 40p.

Mendes, M., Pereira, Z., Matos, J.X., Morais, I., Albardeiro, L., Solá, R., Pacheco, N. & Araújo, V., 2018. New preliminary data from Phyllite-Quartzite Formation age based on palynomorphs from Middle-Upper Devonian in Neves-Corvo mine region, Iberian Pyrite Belt (Portugal). *Abs. X Cong. Nac. Geologia, Vulcânica II*: 191-192, ISSN 1646-3269.

Mitchell, K. & Vaillancourt, J., 2017. Investment Update: TH Crestgate Initiates Drilling Program to Expand Lagoa Salgada LS-1 Resource. Mineral & Financial Investments, web notice, 7 p., http://www.mineralandfinancial.com/wp-content/uploads/2016/11/MAFL-Final-PR-on-LS1-Resource-Expansion-prog.pdf, acedido em 7 setembro 2017.

Mora, J.M., 2002. Área de Prospeção de Ourique, Relatório Final. Sociedade Mineira Rio Artezia. Arquivo LNEG, ID 12752, 29p.

Murahwi, C, Gowans, R., 2019. *Technical Report Resource Estimate Update for the Lagoa Salgada Project, Setúbal District*, Portugal. MINCON/Redcorp - Ascendant Resources, Toronto, Canada, 152p.

Murahwi, C., 2019. NI 43-101 *Technical Report Resource Estimate for the Lagoa Salgada Project, Setúbal District, Portugal*. MINCON/Redcorp - Ascendant Resources, Toronto, Canada, 117 p.

O'Donell, M. & Alverca, R., 2008. REDCORP *Lagoa Salgada Relatório de Atividades de Prospeção e Pesquisa, 1º Sem. 2018*, Arquivo LNEG ID 12383, 186p.

Oliveira, J.T, Silva, J., Oliveira, V., Munhá, J. & Matos, J., 1998. Geologia da região compreendida entre Mértola, Pomarão e Mina de São Domingos. In: Oliveira, J.T., Dias R.P. (Eds.), Livro Guia de Excursões. *V Congresso Nacional de Geologia*, Instituto Geológico e Mineiro, 101-110.

Oliveira, J.T. & Matos, J.X., 2004. O caminho-de-ferro da Mina de S. Domingos ao Pomarão: um percurso geo-educacional na Faixa Piritosa Ibérica. *XXIV Encontro de Prof. de Geociências*, Assoc. Portuguesa de Geólogos, Beja, 19p.

Oliveira, J.T., 1988. Editor. Carta Geológica de Portugal na esc. 1/200 000, Fl. 7. Serviços Geológicos de Portugal.Oliveira J.T., Pereira Z., Carvalho P., Pacheco N. & Korn P., 2004. Stratigraphy of the tectonically imbricated lithological succession of the Neves Corvo mine area, IPB, Portugal. *Mineralium Deposita* 39: 422-436.

Oliveira, J.T., 1988. Estratigrafia, sedimentologia e estrutura do Flysch da Formação de Mértola, na região de Mértola. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal* 74, 3-19

Oliveira, J.T., Pereira, Z., Rosa, C., Rosa, D. & Matos, J., 2005. Recent advances in the study of the stratigraphy and the magmatism of the Iberian Pyrite Belt, Portugal. In: *The southern Variscan belt*. Carosi, R., Dias, R., Iacopini, D., Rosenbaum, G., Eds. Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition, 19 (9), 1441- 8142.

Oliveira, J.T., Quesada, C., Pereira, Z., Matos, J.X., Solá, A.R., Rosa, D., Albardeiro, L., Díez-Montes, A., Morais, I., Inverno, C., Rosa, C., Relvas, J., 2019. South Portuguese Terrane: A Continental Affinity Exotic Unit. Cap. 6, C. Quesada and J. T. Oliveira Eds., *The Geology of Iberia: A Geodynamic Approach, Regional Geology Reviews*, 173-206. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10519-8_6.

Oliveira, J.T., Relvas, J., Pereira, Z., Matos, J.X., Rosa, C., Rosa, D., Munhá, J.M., Fernandes, P., Jorge, R. & Pinto, A., 2013b. Cap. II.2.7. - Geologia da Zona Sul Portuguesa, com ênfase na estratigrafia e na vulcanologia física, geoquímica e mineralizações da Faixa Piritosa. Geologia de Portugal Vol. I - *Geologia Pré-mesozóica de Portugal.* Eds. Dias, Araújo, Terrinha e Kullberg, Escolar Editora, 673 - 767.

Oliveira, J.T., Romão, J., Matos, J.X., Leal, J. & Rosa, C., 2016. *Folha 46-C (Almodôvar) da Carta Geológica de Portugal, à escala 1:50 000*, Un. Geologia, Hidrogeologia e Geologia Costeira, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Lisboa.

Oliveira, J.T., Rosa, C., Rosa, D., Pereira, Z., Matos, J.X., Inverno, C. & Andersen, T., 2013a. Geology of the Neves-Corvo antiform, Iberian Pyrite Belt, Portugal: New insights from physical volcanology, palynostratigraphy and isotope geochronology studies. *Mineralium Deposita* 48: DOI 10.1007/s00126-012-0453-0, 749-766.

Oliveira, M., Ferreira, T., Relvas, J.M.R.S., Pinto, A.M.M., Matos, J.X., Pereira, Z., Fernandes, C., 2013. Lousal, Portugal: Património Geológico e Mineiro de uma antiga mina na Faixa Piritosa Ibérica. XIV Cong. Patrimonio Geológico y Minero. Castrillón (Asturias), *XVIII Sesión Científica de SEDPGYM*, 20p.

Oliveira, M.L.F. & Matos, J.X., 2002. The exploitation of copper ores and the settlements of Estremadura and south of Portugal during the Calcolithic. *Rev. Ciências Históricas*, Univ. Portucalense, Porto, p.123-138.

Oliveira, V., Matos, J. X. & Rosa, C., 2001. The NNW sector of the IPB - new exploration perspectives for the next decade. *Geode Workshop*, Aracena, Spain: 34-37.

Oliveira, V., Matos, J., Bengala, J., Silva, M., Sousa, P. & Torres, L. 1993. *Lagoa Salgada um novo depósito na F.P.I., Bacia Terciária do Sado: Estudos Notas e Trabalhos*, Instituto Geológico e Mineiro 35, 55- 89.

Oliveira, V., Matos, J., Bengala, M. & Sousa, P., 1998b. Principais alinhamentos vulcânicos a norte da Falha de Grândola, sob formações da Bacia Terciária do Sado e sua potencialidade mineira no contexto da Faixa Piritosa Ibérica. *Actas V Cong. Nacional deGeologia*, Com. IGM T. 84 F. 2, p.F15-18, Lisboa.

Oliveira, V., Matos, J.X., Bengala, M., Silva, N., Sousa, P. & Torres, L., 1998a. Geology and Geophysics as Successful Tools in the Discovery of the Lagoa Salgada Orebody (Sado Tertiary Basin - Iberian Pyrite Belt), Grândola, Portugal. Rev. *Mineralium Deposita*, Ed. Springer Verlag, t.33, 170-187.

Palomero F.G., 1990. Rio Tinto deposits — geology and geological models for their exploration and ore-reserve evaluation. In: Gray P.M.J., Bowyer G.J., Castle J.F., Vaughan D.J., Warner N.A. (eds) *Sulphide deposits—their origin and processing*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-0809-3_2

Pereira, Z, Matos, J.X., Fernandes, P. & Oliveira J.T., 2008. *Palynostratigraphy and Systematic Palynology of the Devonian and Carboniferous Successions of the South Portuguese Zone, Portugal*. Mem. INETI (34): 1-176.

Pereira, Z., Fernandes, P., Matos, J.X., Jorge, R.S. & Oliveira, J.T., 2018. Stratigraphy of the Northern Pulo do Lobo Domain, SW Iberia: a palynological contribution. *Geobios* 81-5, DOI: 10.1016/j.geobios.2018.04.001.

Pereira, Z., Matos, J., Fernandes, P. & Oliveira, J.T., 2007. Devonian and Carboniferous palynostratigraphy of the South Portuguese Zone, Portugal - An overview. *Comunicações Geológicas*, 94, 53-79.

Pereira, Z., Matos, J.X., Batista, M.J., Solá, R., Oliveira, D., Salgueiro, R., Inverno, C., Oliveira, J.T. & Rosa, C., 2014. *IPB Vectors - Caracterização geológica, estratigráfica e litogeoquímica das unidades geológicas da zona do Algaré, antiforma do Rosário e da mineralização de sulfuretos maciços da Semblana*. Relatório Final Contrato LNEG/Lundin Mining, 150p., 2an.

Pereira, Z., Matos, J.X., Rosa, C. & Oliveira, J.T., 2012. Palynostratigraphic importance of the Strunian in the Iberian Pyrite Belt. Joint Meeting of the *45th Annual Meeting of American Association Stratigraphic Palynology* (AASP) - The Palynological Society and Meeting of Int. Commission of Paleozoic Microflora (Cimp), Lexington, KY, USA, Abstract Book, 42-43.

Pérez-López, R., Álvarez-Valero, A.M., Nieto, J.M., Sáez, R. & Matos, J.X., 2008. Use of sequential extraction procedure for assessing the environmental impact at regional scale of the São Domingos Mine (Iberian Pyrite Belt). *Applied Geochemistry*, 23, 3452-3463.

Pinedo Vara, I., 1963. *Piritas de Huelva, su historia, minéria y aprovechamiento*. Ed. Summa, Madrid, 1003p.

Pons J.M., Sáez R., Almodóvar, G.R., López, J.R., Moreno, C., Toscano, M., Donaire, T., Maestre, A.J. & Pascual, E., 1993. Geología y estructura de los yacimientos de sulfuros masivos de Aznalcóllar y Los Frailes. In: *Symposium on the polymetallic sulphydes of the Iberian Pyrite Belt*, Evora, Portugal, 1.9.1-1.9.16.

Queiroz, N., Pereira, F., Bengala, J., Moreira, J., Freire, J., Viegas, L., Viana, M., Gaspar, O., Pereira, V. & Borralho, V., 1989. Est. Not. *Trabalhos SFM*, T. 50º Aniversário, Porto.

Rego, M., 2004. *Mina de S. Domingos 150 anos de História*. Fotogramas da memória. CM Mértola, 85p.

Reis, A. P., Silva, E.F., Fonseca, E.C., Patinha, C., Barrosinho, C. & Matos, J.X., 2012. *Environmental Assessment of the Caveira Abandoned Mine (Southern Portugal)*: Part 1: Characterization of Metal Contaminated Soil. Soil and Sediment Contamination: An International Journal, 21:2, 227-254, DOI: 10.1080/15320383.2012.649377.

Reiser, F.K.M., Rosa, D.R.N., Pinto, A.M., Carvalho, J.R.S., Matos, J.X., Guimarães, F., Alves, L.C. & De Oliveira, D.P.S., 2011. Mineralogy and geochemistry of tin- and germanium bearing copper ore from the Barrigão remobilised vein deposit, Iberian Pyrite Belt, Portugal. *International Geology Review*, 53 (10), 1212-1238.

Relvas J.M.R.S., Barriga F.J.A.S. & Longstaffe F., 2006b. Hydrothermal alteration and mineralization in the Neves-Corvo volcanic-hosted massive sulfide deposit, Portugal: II. Oxygen, Hydrogen and Carbon Isotopes. *Economic Geology* 101 (4), 791-804.

Relvas J.M.R.S., Barriga, F.J.A.S., Ferreira, A., Noiva, P.C., Pacheco, N. & Barriga, G., 2006. Hydrothermal alteration and mineralization in the Neves-Corvo volcanic-hosted massive sulfide deposit, Portugal: I. Geology, Mineralogy, and Geochemistry. *Economic Geology* 101 (4), 753-790.

Relvas, J., 1991. *Estudo Geológico e Metalogenético da Área de Gavião, Baixo Alentejo*: Unpublished MSc. thesis, Portugal, University of Lisbon, 248p.

Relvas, J., 2000. *Geology and metallogeny at the Neves Corvo deposit, Portugal*. Ph. D. Thesis, University Lisbon, 319 p.

Relvas, J., Barriga, F., Pinto, A., Ferreira, A., Pacheco, N., Noiva, P., Barriga, G., Baptista, R., Carvalho, D., Oliveira, V., Munhá, J. & Hutchinson, R., 2002. The Neves Corvo deposit, Iberian Pyrite Belt, Portugal: impacts and future, 25 years after the discovery. *Society of Economic Geologists Special Publication* 9, 155-177.

Relvas, J.M.R.S., Barriga, F.A.S., Carvalho, J.R.S., Pinto, A.M.M., Matos, J.X., Rosa, C.J.P. & Pereira, Z., 2011. Structure, stratigraphy and hydrothermal alteration at the Gavião orebodies, Aljustrel: reconstruction of a dismembered ore-forming system at the Iberian Pyrite Belt and implications for exploration. *11th Biennial SGA Meeting*, Antofagasta, Chile, 772-774.

Relvas, J.M.R.S., Pinto, A.M.M. & Matos, J.X., 2012. Lousal, Portugal: a successful example of rehabilitation of a closed mine in the Iberian Pyrite Belt. *Society for Geology Applied to Mineral Deposits SGA News*, Nº 31, June 2012, 1-16.

Rosa, D., Finch, A., Andersen, T. & Inverno, C., 2009. U-Pb geochronology and Hf isotope ratios of magmatic zircons from the Iberian Pyrite Belt. *Miner Petrol*., 95, 47-69.

Ryall, W.R., 1974. T*he geology of the São Domingos mine. Relatório Técnico Amax Exploration, Circunscrição Mineira do Sul*. Arquivo LNEG ID 11831, 89p.

Saez, R., Pascual, E., Toscano, M. & Almodóvar, G. R., 1999. The Iberian type of volcano-sedimentary massive sulphide deposits. *Mineralium Deposita*, 34, 549-570.

Santos, A., Caballero, B. & Prada, J. M., 1996. Descripción geológica de los yacimientos de Sotiel Coronada. *Boletín Geológico y Minero*, IGME, 107, 31-38.

Santos, A., Prada, J. M. & Rosales, F., 1993. Aspectos geológicos y geofísicos del yacimiento de Migollas. *Symp. of the polymetallic sulphides of the Iberian Pyrite Belt*. Evora. Portugal, 3-6 Oct. 1993, 1.8.1-1.8.20.

Schermerhorn L., Zbyzewski, G. & Ferreira, V., 1987. *Notícia Explicativa da Carta Geológica 42D Aljustrel*, SGP, 55p.

Schermerhorn, L., 1971. An outline stratigraphy of the Iberian Pyrite Belt. *Boletin Geologico y Minero*, IGME, 82/3-4: 239-268.

Schermerhorn, LJG, Stanton, W. I., 1969. Folded overthrusts at Aljustrel (South Portugal): *Geological Magazine*, v. 106-2: 130-141.

Silva F., 1956. Géologie et génese des gisements de Manganese du Baixo Alentejo Portugal. *Est. Not. Trab. SFM*, v. XI, f.3-4, pp. 28-66.

Silva, E.A.F., Bobos, I., Matos, J.X., Patinha, C., Reis, A.P. & Fonseca, E.C., 2009. Mineralogy and geochemistry of trace metals and REE in volcanic massive sulfide host rocks, stream sediments, stream waters and acid mine drainage from the Lousal mine area (Iberian Pyrite Belt, Portugal). *Applied Geochemistry* 24, Elsevier Ed., 383-401p.

Silva, E.F., Fonseca, E.C., Matos, J.X., Patinha, C., Reis, P. & Santos Oliveira, J.M., 2005. *The effect of unconfined mine tailings on the geochemistry of soils, sediments and surface waters of the Lousal area (Iberian Pyrite Belt, Southern Portugal)*. Land Degradation & Development, Wiley InterScience Ed., 16, 213-228.

Silva, E.F., Patinha, C., Reis, P., Fonseca, E.C, Matos, J.X., Barrosinho, J. & Oliveira, J.M.S., 2006. Interaction of acid mine drainage with waters and sediments at the Corona stream, Lousal mine (Iberian Pyrite Belt, Southern Portugal). *Environ Geology* Vol. 50, 7, DOI 10.1007, Springer Verlag, 0943-0105 (Print) 1432-0495 (Online).

Silva, F., 1968. As Minas do Lousal. *Bol. Minas*, Dir. Geral de Minas e SGP, 5 (3), 161-181.

Silva, J.M.L., 1996. À laia dum esboço histórico sobre a utilização industrial contemporânea das pirites do Alentejo. Mineração no Baixo Alentejo, CM Castro Verde, ISBN 972-96296-5-5, 230-252.

Silva, M., 1963. *Relatório da 1ª fase do estudo económico - mineiro da área da Secção de Alcoutim. Rel. int. SFM, Brigada de Levantamentos Litológicos*. Arquivo de Beja do IGM, 63pp.

Solá, A. R., Rosa, D., Albardeiro, L., Díez-Montes, A., Morais, I., Inverno, C., Matos, J. X. & Rosa, C., 2019b. Characteristics and Petrogenesis of Volcanic and Plutonic Rocks in the IPB Cap. 6.2.1.2., C. Quesada and J. T. Oliveira Eds., *The Geology of Iberia: A Geodynamic Approach*, Regional Geology Reviews, 189-195. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10519-8_6.

Solá, A.R., Albardeiro, L., Morais, I., Rosa, D., Matos, J.X. & Salgueiro, R., 2018. Space and Time Evolution of The Volcanism in the Iberian Pyrite Belt. Abs, *X Cong. Nac. Geologia, Rev. Vulcância* II, 49-50, ISSN 1646-3269.

Solá, A.R., Albardeiro, L., Salgueiro, R., Morais, I., Díez-Montes, A. & Matos, J.X., 2019a. U-Pb ages of South Portuguese Volcano Sedimentary rocks: preliminary results of Regional Mapping programs of Geo-FPI project. Abs, *XII Cong. Ibérico Geoquímica*, Univ. Évora, 87-90.

Solá, A.R., Salgueiro, R., Pereira, Z., Matos, J.X., Rosa, C., Araújo, V., Neto, R. & Lains, J.A., 2015. Time span of the volcanic setting of the Neves-Corvo VHMS deposit. *Livro de Resumos do X Congresso Ibérico de Geoquímica/XVIII Semana de Geoquímica*, 122-125. ISBN: 978-989-675-039-8.

Soler Sampere, M., Monteserín, V., López Sopeña, F. & Lillo Ramos, J., 1999. *Mapa Geológico y Memoria a escala 1:50.000 de Paymogo (936). Investigación Geológica y Cartografía Básica en la Faja Pirítica y Áreas Aledañas*. Junta de Andalucía. Disponible on line.

Soler, M., 1995. *Estudio estructural de la mina de La Zarza.* Informe para la Dirección General de Minas. Ministerio de Industria y Energía. Inédito.

Sousa, C., 2011. *Controlos lito-estratigáfico e estrutural da mineralização de Montinho (S de Aljustrel); implicações para a prospecção e pesquisa mineral no sector NW do anticlinório do Rosário*. Fac. Ciências da Univ. Lisboa, Tese de Mestrado, 64p.

Strauss, G. K. & Beck, J., 1990. Gold mineralisations in the SW Iberian Pyrite Belt. *Mineralium Deposita*, 25, 237-245.

Strauss, G. K. & Madel, J., 1974. Geology of massive sulphide deposits in the Spanish Portuguese Pyrite Belt. *Geol. Rdsch.*, 63 (1), 191-211.

Strauss, G., 1970. Sobre la geología de la provincia piritífera del SW de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de pirita de Lousal (Portugal). *Mem. ITGE* T. 77, p.266.

Tornos, F. 2006. Environment of formation and styles of volcanogenic massive sulfides: The Iberian Pyrite Belt. *Ore Geology Reviews*, 28, 259-307.

Tornos, F., 2008. La geología y metalogenia de la Faja Pirítica Ibérica. *Macla*, 10, 13-23.

Tornos, F., González Clavijo, E. & Spiro, B., 1998. The Filon Norte orebody (Tharsis, Iberian Pyrite Belt): a proximal low-temperature shale-hosted massive sulphide in a thin-skinned tectonic belt. *Mineralium Deposita*, 33, 150-169.

Viana, A., Andrade, R. & Ferreira, O.V., 1954. Minerações romanas de Aljustrel. *Com. Serv. Geológicos Portugal*, t. XXXV, 79-92.

Webb, J., 1958. Observations on the geology and origin of the San Domingos pyrite deposit. Portugal. *Com. SGP*, t. 42, 119-143.

Yesares, L., Sáez, R., Nieto, J.M., Almodóvar, G.R., Gómez, C. & Escobar, J.M., 2015. The Las Cruces deposit, Iberian Pyrite Belt, Spain. *Ore Geology Review*, 66, 25-46.

Yesares, L., Sáez, R., Ruiz De Almodóvar, G., Nieto, J.M., Gómez, C. & Ovejero, G., 2017. Mineralogical evolution of the Las Cruces *gossan* cap (Iberian Pyrite Belt): From subaerial to underground conditions. O*re Geology Review*, 80, 377-405.

Anexo I: Lista de mineralizaciones
Anexo I : Lista de mineralizações

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
1	Asfamil	472219	4289658	Irregular	Fe
2	Torre de S Julião da Barra	471452	4280955	Aluvionar	Au
3	Cruz de Pau	488121	4275499	Aluvionar	Au
4	Adiça	483314	4268573	Aluvionar	Au
5	Serrinha (Mn)	541317	4260424	Filoniana	Mn
6	Penedo do Frade	541022	4259921	Filoniana	Mn
7	Clérigos	543435	4258444	Filoniana	Ba
8	Cordoeira	547154	4260291	Filoniana	Cu
9	Herdade dos Montinhos	551322	4248922	Estratiforme/Estratoide	Mn
10	Maceira	546159	4241910	Filoniana	Fe, Mn
11	Rebolada de Cima	528988	4221422	Filoniana	Pb
12	Ademas de Cima e Casa Telhada do Meio	525702	4214694	Irregular	Cu
13	Cabecinho de Martinel	529128	4217125	Estratiforme/Estratoide	Mn
14	Água Férrea	535976	4222437	Estratiforme/Estratoide	Mn
15	Saramaga	528599	4214921	Estratiforme/Estratoide	Mn
16	Lagoa Salgada	546805	4232008	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
17	S Torpes	517013	4197820	Lentejonar	Ti
18	Santiago do Cacém (Fateota)	526034	4205901	Irregular	Cu
19	Pero Cuco e Corte Grande	542253	4219297	Estratiforme/Estratoide	Mn
20	Caveira	543218	4219826	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
21	Rio de Moinhos	558397	4227942	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Zn, Pb
22	Casa Nova de Algeda, Herdade da Boiça e Brunheira	546339	4215237	Estratiforme/Estratoide	Mn
23	Cerro da Atalaia	524169	4191489	Irregular	Fe, Mn
24	Cerro dos Currais	523393	4188982	Filoniana	Fe, Mn
25	Eira Velha	523397	4188483	Filoniana	Ba
26	Herdade da Tanganheira	524687	4189544	Irregular	Fe, Mn
27	Monte da Herdade do Sobroso	524274	4188241	Filoniana	Fe, Mn
28	Sítio do Montado	550250	4213924	Estratiforme/Estratoide	Cu
29	Cerro dos Arneirães	551691	4214887	Estratiforme/Estratoide	Cu, Py, Cu, Pb, Zn
30	Herdade de Bem Parece e Ferr-enho e Pedra Longa da Cabeça da Cabra	523866	4186438	Filoniana	Fe, Mn
31	Poço das Pias	524019	4186114	Filoniana	Fe, Mn
32	Herdade das Pias	523178	4185182	Irregular	Fe, Mn
33	Monte da Bela Vista	549832	4211576	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Zn, Pb
34	Cerro do Curral	525315	4186501	Irregular	Fe, Mn
35	Casa Velha	526014	4186608	Filoniana	Ba
36	Lousal	549983	4210472	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
37	Espinhaço do Cão	551728	4210889	Estratiforme/Estratoide	Mn
38	Cerro da Rocha	526575	4185313	Irregular	Fe, Mn
39	Herdade do Soudo	524907	4181999	Irregular	Fe, Mn

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
40	Serras da Mina, das Tulhas e do Lagar da Bela Vista, Toca do Mocho, Cerro do Pinheiro da Bela Vista e Herdade	526442	4183513	Filoniana	Fe, Mn
41	Cerro da Pedra Furada	529616	4186241	Irregular	Fe, Mn
42	Herdade do Montinho	519416	4175851	Filoniana	Fe, Mn
43	Herdade das Sesmarias	529127	4184987	Irregular	Fe, Mn
44	Geralda (Herdade da Castanheira)	528140	4183728	Estratiforme/Estratoide	Fe, Mn
45	Herdade das Abertas (Cerro do Pinheiro)	529315	4184154	Irregular	Mn
46	Serra do Rosalgar, Cerro da Fonte Santa de Cima e Fonte Santa de Baixo	527258	4181821	Filoniana	Fe, Mn
47	Vale de Porcas de Baixo	524937	4178731	Filoniana	Fe
48	Sesmarias	550775	4204116	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
49	João Pinheiro (Herdade do Raco de Cima)	529265	4180940	Filoniana	Fe, Mn
50	Salgadinho	530864	4180955	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
51	Herdade da Caldeira	524584	4173699	Filoniana	Fe, Mn
52	Raco de Baixo, Cerros Serpa e Figueira, Nascedios, Penedo Amarelo, Serra Comprida e Cabeço Coelho	528501	4177034	Filoniana	Fe, Mn
53	Cerro das Pedras das Maroteiras e Moinho das Maroteiras	532663	4181071	Filoniana	Fe, Mn
54	Cerro das Balas	529733	4177795	Filoniana	Fe
55	Herdade de Trajanes	530192	4177950	Filoniana	Fe, Mn
56	Cerro do Marco	532923	4179974	Irregular	Fe, Mn
57	Cerro da Relva da Corte	531588	4178362	Filoniana	Mn, Fe
58	Moinho Velho	530700	4177055	Irregular	Fe, Mn
59	Herdade do Vale de Beja	527236	4173374	Filoniana	Fe, Mn
60	Courela de Manuel Manços	528925	4174439	Filoniana	Fe, Mn
61	Cerro do Vento	533757	4178932	Irregular	Fe, Mn
62	Corrego da Achada	531009	4176158	Irregular	Fe, Mn
63	Cerro do Moinho da Toca do Mocho	530819	4175082	Irregular	Fe, Mn
64	Herdade das Cortinhas	527898	4172081	Irregular	Fe, Mn
65	Barbanche	532705	4176474	Irregular	Fe, Mn
66	Cerro do Pinheiro	531715	4175465	Irregular	Fe, Mn
67	Vale da Bejinha	527607	4171128	Filoniana	Fe, Mn
68	Serra da Velha e Caniveta	528449	4171936	Filoniana	Fe, Mn
69	Pedras Negras (na Herdade de Vidigal)	526024	4169314	Irregular	Fe
70	Cerro da Togeira	530834	4173407	Irregular	Fe, Mn
71	Rocio da Arramada	532518	4175072	Filoniana	Fe, Mn
72	Cerro do Bufardo	527814	4170331	Irregular	Fe, Mn
73	Herdade das Pedras Negras, Carrasqueira e Descabelado	531284	4173461	Irregular	Fe, Mn
74	Cerro do Vale de Estaquinhas	534429	4176490	Irregular	Fe, Mn
75	Herdade da Ataboeira e Cerro do Seixo Branco	529158	4170943	Filoniana	Fe, Mn
76	Corrego das Batatas	530650	4171756	Irregular	Mn, Fe
77	Cerro do Curral Velho	528649	4169738	Irregular	Fe, Mn
78	Courela dos Gaviães	528228	4168735	Filoniana	Pb

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
79	Cerro da Extrema	530210	4170703	Irregular	Fe, Mn
80	Serra dos Algares	529665	4170148	Filoniana	Fe, Mn
81	Mesa da Lage	529172	4169343	Filoniana	Fe, Mn
82	Cerro dos Tremoços	533881	4173685	Filoniana	Mn, Fe
83	Azambujeira	531312	4170413	Filoniana	Fe, Mn
84	Herdade da Maceirinha	530996	4166711	Filoniana	Fe, Mn
85	Cerro dos Cunqueiros	533576	4168784	Filoniana	Fe, Mn
86	Herdade da Maceira	531505	4165716	Filoniana	Fe, Mn
87	Mina do Torgal	531408	4165466	Filoniana	Pb, Zn, Ag
88	Herdade dos Pendães	532700	4166277	Filoniana	Fe, Mn
89	Mesa do Roncão	531121	4164063	Filoniana	Fe, Mn
90	Cerro do Telégrafo	532707	4165428	Filoniana	Mn
91	Herdade dos Ameixiais de Baixo	534393	4166943	Filoniana	Fe, Mn
92	Lagoas do Paço	573025	4205189	Estratiforme/Estratoide	Mn
93	Corrego do Castanheiro e Portela do Ferrenho	531921	4163971	Filoniana	Fe
94	Barranco do Salgado	531930	4163021	Irregular	Fe, Mn
95	Mesa do Chocalhinho e Cerro das Cabeças Gordas	532583	4162627	Filoniana	Fe, Mn
96	Cerro Grande	533525	4163536	Irregular	Fe, Mn
97	Herdade do Malhão da Silveira	524610	4154607	Irregular	Fe, Mn
98	Cerro dos Lopes	533329	4163084	Irregular	Fe, Mn
99	Cabeço do Monte e Malhada das Colmeias	522931	4152492	Irregular	Fe, Mn
100	Cerro das Pedras 2	533633	4162587	Irregular	Fe, Mn
101	Portela do Deserto	528784	4157294	Irregular	Fe, Mn
102	Herdade da Alcaria da Vaca	526410	4154574	Irregular	Fe, Mn
103	Cerro das Pedras	525470	4153515	Filoniana	Fe, Mn
104	Pedras Pardas	524531	4152407	Irregular	Fe, Mn
105	Corrego das Pedras (Vale do Homem)	524144	4151004	Filoniana	Fe, Mn
106	Cerro do Monte do Corrego Fundo	523006	4149694	Irregular	Fe, Mn
107	Zambujeiro do Montinho e Herdade da Barrinha	567628	4194292	Estratiforme/Estratoide	Mn
108	Cerro do Mercador	527415	4154033	Irregular	Fe, Mn
109	Bica dos Besteiros	526821	4153328	Irregular	Fe, Mn
110	Machadinhas	523652	4150150	Irregular	Fe, Mn
111	Cerro do Cavalo	522762	4149092	Irregular	Fe, Mn
112	Corrego das Pedras 2 (Herdade de Rodrigo Afonso)	526331	4152324	Irregular	Fe, Mn
113	Cerro do Malhão	522520	4148290	Irregular	Fe, Mn
114	Pedreneiras	525307	4150645	Irregular	Fe, Mn
115	Cerca de António Vicente	525547	4150667	Irregular	Fe, Mn
116	Telheiro	549124	4173777	Filoniana	Cu
117	Carrascal	556952	4181297	Estratiforme/Estratoide	Mn
118	Herdade do Açoreiro	530944	4155041	Filoniana	Cu, Pb
119	Herdade das Orgueiras (Cerro do Monte)	527837	4151638	Irregular	Fe, Mn
120	Gavião	569746	4192262	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
121	Reguengo	560635	4183031	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
122	Monte Coirinho	578474	4199792	Estratiforme/Estratoide	Mn
123	Cerro das Pedras Pretas e Samo-cal	523849	4145054	Irregular	Fe, Mn
124	Cerro do Monte (Herdade da Choça)	529199	4150301	Irregular	Fe, Mn
125	Cerro do Laboreiro	563622	4184258	Estratiforme/Estratoide	Mn
126	Esquilhão do Seixo	575112	4195711	Estratiforme/Estratoide	Mn
127	Herdade do Monte dos Gomes	573430	4193896	Estratiforme/Estratoide	Mn
128	Cerro da Mangancha	573035	4193343	Estratiforme/Estratoide	Mn
129	Mina de Aljustrel	572826	4192878	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
130	Cerros do Marco, Curral do Marle-to e do Moinho	559171	4179218	Estratiforme/Estratoide	Mn
131	Vale de água da Charneca	529506	4149454	Irregular	Fe, Mn
132	Moinho dos Pinheiros	579280	4199099	Estratiforme/Estratoide	Mn
133	Cerro de Santo Antão, Ermida de N S do Castelo, Currais Velhos e Quintal de Manuel Lobo	572099	4191884	Estratiforme/Estratoide	Mn
134	Montinho	562541	4182299	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Zn, Pb
135	Cerro do Gavião	523120	4142848	Irregular	Fe, Mn
136	Cerro do Folhado	526985	4146432	Irregular	Fe, Mn
137	Santa Fé	513367	4132712	Aluvionar	Ti
138	Fonte dos Pinheiros	579785	4198554	Estratiforme/Estratoide	Mn
139	Moinho do Beirão e Herdades do Montinho e da Fonte da Rata	562946	4181677	Estratiforme/Estratoide	Mn
140	Cerros da Cabeça do Homem e de Malpique	574042	4192552	Estratiforme/Estratoide	Mn
141	Herdade da Moita da Velha	529083	4146601	Irregular	Fe, Mn
142	Chaparral de Baixo	527652	4144589	Irregular	Fe, Mn
143	Cerro da Cabeça Gorda	528002	4144568	Irregular	Fe, Mn
144	Pedras Serranas	560391	4176930	Estratiforme/Estratoide	Mn
145	Cerro da Malhada	529640	4145807	Irregular	Fe, Mn
146	Herdade do Zambujeiro dos Pardieiros e Cerro do Zambujeiro e Polvorinho	581841	4197774	Estratiforme/Estratoide	Mn
147	Cabeço do Moínho, Serra dos Fetais e Herdade de Monte Ruas	575058	4190862	Estratiforme/Estratoide	Mn
148	Herdades da Cruz da Pedra, do Monte do Coito e do Coito	562627	4178401	Estratiforme/Estratoide	Mn
149	Herdade de Vale de Água da Serra	527023	4142334	Irregular	Fe, Mn
150	Monte do Pisco	525835	4141073	Irregular	Fe, Mn
151	Salto e Pinheiros	580709	4195913	Estratiforme/Estratoide	Mn
152	Herdade do Vale de Calvo, Pedra Coelha e Encosta do Cerro do Chaparro do Cabreiro	581949	4196925	Estratiforme/Estratoide	Mn
153	Vale de Narizes	577839	4192788	Estratiforme/Estratoide	Mn
154	Cerro e Herdade do Brejo	564669	4179169	Estratiforme/Estratoide	Mn
155	Cerros Gordo dos Quartijos, dos Medronheiros e da Zorreira	582403	4196529	Estratiforme/Estratoide	Mn
156	Canto da Mesa	532188	4145930	Estratiforme/Estratoide	Fe, Mn
157	Cerro Bicudo da Rocha	561557	4175242	Estratiforme/Estratoide	Mn
158	Cerro do Paraíso	557645	4171257	Estratiforme/Estratoide	Mn

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
159	Cerro do Vale da Casa Nova da Galé	531498	4144824	Irregular	Fe, Mn
160	Pedra Furada / Herdade das Pedras Alvas	583253	4196437	Estratiforme/Estratoide	Mn
161	Cerro da Zorreira na Herdade da Palhota	584542	4197599	Estratiforme/Estratoide	Mn
162	Cerro do Rocio	521897	4134440	Irregular	Fe, Mn
163	Serra do Álamo	569909	4182217	Estratiforme/Estratoide	Mn
164	Herdades do Álamo e do Pardieiro	568902	4180908	Estratiforme/Estratoide	Mn
165	Mina da Juliana	583562	4195540	Filoniana	Cu
166	Herdade de Vilar e Barreto	582628	4193782	Estratiforme/Estratoide	Mn
167	Cerro das Fontaínhas, Herdade da Juliana e Faleirinha	584363	4195348	Estratiforme/Estratoide	Mn
168	Pedras do Montinho e da Ribeira	568624	4178506	Estratiforme/Estratoide	Mn
169	Cerros do Castelejo e da Cela e Reguenguinho	566155	4175284	Estratiforme/Estratoide	Mn
170	Serros da Amendoeirinha e do Penedo	521435	4130387	Filoniana	Cu
171	Cerro da Eira	563287	4171959	Estratiforme/Estratoide	Mn
172	Fonte do Rebentão	557396	4165756	Filoniana	Sb
173	Cerro da Maré	569535	4177365	Estratiforme/Estratoide	Mn
174	Herdade da Figueirinha	587219	4194624	Estratiforme/Estratoide	Mn
175	Louriçal de Baixo	584507	4190650	Estratiforme/Estratoide	Mn
176	Penedo Furado	565056	4169826	Estratiforme/Estratoide	Mn
177	Murração	508557	4112176	Estratiforme/Estratoide	Mn
178	Herdade do Louriçal do Pinheiro e Penedão do Escalafreixo	583150	4186039	Estratiforme/Estratoide	Mn
179	Herdade do Monte Janeiro	570405	4172479	Estratiforme/Estratoide	Mn
180	Caçoeira	574402	4175361	Estratiforme/Estratoide	Mn
181	Herdade da Madruga Velha	586491	4186920	Estratiforme/Estratoide	Mn
182	Moinho Velho da Ribeira de Terge	590658	4190308	Estratiforme/Estratoide	Mn
183	Campo Mineiro de Albernoa	590779	4188109	Estratiforme/Estratoide	Mn
184	Charneca do Garrochal	574534	4171863	Filoniana	Ba
185	Cercas do Castelo, das Oliveiras e dos Penedos	568493	4165709	Estratiforme/Estratoide	Mn
186	Cerros dos Marcos da Sinceira	588059	4184985	Estratiforme/Estratoide	Mn
187	Branca	585487	4182062	Filoniana	Ba
188	Cerro do Lírio e Cabeço das Urzes	574949	4170267	Filoniana	Mn
189	Cerro dos Penedos e Curral da Atalaia	573519	4168155	Estratiforme/Estratoide	Mn
190	Cova dos Mouros	578874	4172853	Estratiforme/Estratoide	Cu
191	Herdade da Alporchina e Cerro do Álamo	570262	4163626	Estratiforme/Estratoide	Mn
192	Herdade do Canal e Cerro do Seixo	588840	4181593	Estratiforme/Estratoide	Mn
193	Penedo Beturiano	590035	4182054	Estratiforme/Estratoide	Mn
194	Meimendro, Pocilgas, Cerro da Estrada e Pedras Negras	593211	4184583	Estratiforme/Estratoide	Mn
195	Cova da Moura e Zambujeiro	578454	4169600	Estratiforme/Estratoide	Mn
196	Courela dos Moinhos	581679	4172179	Filoniana	Ba, Pb

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
197	Cerros Altos	577521	4167792	Estratiforme/Estratoide	Mn
198	Achada	576591	4165684	Estratiforme/Estratoide	Mn
199	Cerro da Pederneira e Courela das Casas Velhas	595313	4184302	Estratiforme/Estratoide	Mn
200	Rocha	578974	4167455	Estratiforme/Estratoide	Mn
201	Herdade da Cachia	590763	4179011	Estratiforme/Estratoide	Mn
202	Horta do Surdo	582941	4170841	Filoniana	Ba
203	Santa Maria	602011	4189763	Filoniana	Cu
204	Herdade da Alfarrobeira de Baixo e Moita	603713	4189529	Filoniana	Cu
205	Cerro de S Pedro das Cabeças	585047	4170161	Estratiforme/Estratoide	Mn
206	Vale Ruivo	539631	4124656	Filoniana	Ba
207	Moinho da Samarra	593922	4178041	Estratiforme/Estratoide	Mn
208	Herdades do Ferragudo e da Felipeja	582388	4165837	Estratiforme/Estratoide	Mn
209	Courela do Rosal	581165	4162927	Estratiforme/Estratoide	Mn
210	Herdade dos Penedos e Cerros Alto dos Penedães, do Curralinho e da Vigia	596773	4177867	Estratiforme/Estratoide	Mn
211	Herdade da Misericórdia e Cerrinho Alto	583698	4164700	Estratiforme/Estratoide	Mn
212	Adoalho	527109	4106888	Estratiforme/Estratoide	Fe
213	Monte Velho	584255	4163955	Filoniana	Ba
214	Poço Largo	583326	4161647	Filoniana	Cu
215	Herdade das Cochilhas	598293	4175632	Estratiforme/Estratoide	Mn
216	Eirinha Pelada	584031	4161104	Filoniana	Cu
217	Cerro do Serpe	585220	4162264	Estratiforme/Estratoide	Mn
218	Courela do Casarão e Corte Pequena	600970	4178006	Estratiforme/Estratoide	Mn
219	Porteirinhos	584584	4160834	Filoniana	Cu
220	Cerro das Canas Frechas / Balança	602875	4177424	Estratiforme/Estratoide	Mn
221	Cerros dos Onze Anos e do Seixo	585049	4159164	Filoniana	Cu
222	Cerro das Guaritas	586990	4160031	Estratiforme/Estratoide	Mn
223	Cerro do Algaré	587874	4160689	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
224	Herdade do Castelo	588886	4160399	Estratiforme/Estratoide	Mn
225	Cerro da Cruz do Peso	604884	4176393	Estratiforme/Estratoide	Mn
226	Cerro da Cachaçuda	587948	4159141	Estratiforme/Estratoide	Mn
227	Courela das Ferrarias	588444	4159545	Estratiforme/Estratoide	Mn
228	Morgado de Arges (Nossa Senhora da Conceição)	544819	4114807	Irregular	Fe
229	Brancanes	587815	4157340	Filoniana	Cu
230	Corrego da Vinha (Portela) e Herdade da Corte de Elvas	577172	4146095	Filoniana	Cu, Pb
231	Courela das Gangas	607387	4176066	Estratiforme/Estratoide	Mn
232	Barranco do Vinagre	587179	4155834	Filoniana	Cu
233	Courela das Coruginhas	605606	4174050	Estratiforme/Estratoide	Mn
234	Courela da Casa Nova	603676	4171933	Estratiforme/Estratoide	Mn
235	Mina de Neves-Corvo	591047	4159219	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
236	Herdade da Venda dos Salgueiros	610073	4177541	Filoniana	Cu
237	Portela Grande	609301	4174534	Estratiforme/Estratoide	Mn

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
238	Defesa e Cumiada / Minas de Santo Estevão	555723	4119506	Estratiforme/Estratoide	Cu
239	Cerro das Pederneiras e Fonte Guerra	604775	4166594	Estratiforme/Estratoide	Mn
240	Cerro da Moita	608902	4169022	Estratiforme/Estratoide	Mn
241	Courela da Caeira, Soalheira da Serra da Caeira e Cerro da Soalheira	611964	4171910	Estratiforme/Estratoide	Mn
242	Rocha Vermelha e Soalheira do Pego da Vargem Grande	607977	4166274	Estratiforme/Estratoide	Mn
243	Cerros Alto, da Rocha e das Pratas	611842	4169959	Estratiforme/Estratoide	Mn
244	Cerro Gordo	610657	4168398	Estratiforme/Estratoide	Mn
245	Barrigão	595255	4152760	Filoniana	Cu
246	Monte do Cerro	610464	4167697	Filoniana	Ba
247	Murta da Herdade da Cela e Barranco da Picha do Lobo	613338	4170373	Estratiforme/Estratoide	Mn
248	Courela do Pego Redondo e Cerros da Barra e do Parrado e das Pedras no Vale de Fevereiro	609282	4165786	Estratiforme/Estratoide	Mn
249	Umbria do Cerro da Lombada	616615	4172753	Estratiforme/Estratoide	Mn
250	Cerro de Martim Annes	594625	4150654	Filoniana	Cu
251	Valcôvo	617413	4172960	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
252	Serrinho da Azinheira	611420	4166956	Filoniana	Pb
253	Serra Branca	616899	4172405	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
254	Cerros dos Caldeireiros, do Alto e da Rocha da Herdade do Cação	613413	4167724	Estratiforme/Estratoide	Mn
255	Cerro da Galé	618222	4172018	Estratiforme/Estratoide	Mn
256	Herdade de S Brás e Cerro Grande da Malhada do Judeu	616792	4169855	Estratiforme/Estratoide	Mn
257	Corga da Mula e Fonte de Barbaços	613699	4166527	Filoniana	Pb
258	Chada da Horta	613728	4166027	Filoniana	Ba
259	Cerro da Lombada	619722	4171982	Filoniana	Ba
260	Cerros do Ouro (Herdade dos Namorados), da Boavista e Barranco da Caeira	615566	4167344	Estratiforme/Estratoide	Mn
261	Quinhão do Monte Branco	614629	4165936	Filoniana	Ba
262	Malhadal do Leça e Cerca das Colmeias	618993	4169675	Estratiforme/Estratoide	Mn
263	Cerro da Horta	617362	4167661	Estratiforme/Estratoide	Mn
264	Barranco do Vale Covo	587450	4137242	Filoniana	Cu
265	Cerca das Minas	572999	4121463	Filoniana	Cu
266	Moinho da Romba	594595	4143006	Filoniana	Cu
267	Courela da Bolsinha e Barranco de Moura e Azenha	619716	4167232	Estratiforme/Estratoide	Mn
268	Cerro dos Coelhos / Monte da Quinta e Palheirinhos	621913	4167503	Estratiforme/Estratoide	Mn
269	Fonte de António Medeiro	620032	4165486	Filoniana	Pb
270	Vale da Abelheira	624789	4170079	Estratiforme/Estratoide	Mn
271	Ventosa (Ferrarias)	598786	4143894	Filoniana	Cu
272	Poço Moreno	620551	4163441	Filoniana	Pb
273		652184	4194355	Filoniana	Fe, Mn, Cu
274	Vale de Espadas	647963	4188541	Filoniana	Sb

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
275	Cerro da Alfavaca	630686	4170233	Estratiforme/Estratoide	Mn
276	Herdade da Achada dos Sapos	630062	4167478	Estratiforme/Estratoide	Mn
277	S Domingos	633036	4170235	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
278	Chança	636903	4173654	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Zn, Pb
279	Mina de Vuelta Falsa, Fronteriza o de San Julián	637225	4173786	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
280	Courela dos Sapateiros e Bicada	634685	4170320	Estratiforme/Estratoide	Mn
281	Laborato (Martinlongo)	609672	4145194	Filoniana	Cu
282	Grupo Trimpancho (o Fronterizo)	638255	4173746	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
283	Daroeira	609872	4145196	Filoniana	Cu
284	Mina La Condesa	638775	4173596	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Zn, Pb
285	Courela dos Sarilhos	629789	4164576	Estratiforme/Estratoide	Mn
286	Mina Nª Sª del Carmen o Mina Santa Ana	639775	4173781	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Zn, Pb
287	Vargem do Carrascal	624945	4158533	Filoniana	Cu
288	Casa das Eiras Grandes	618613	4151375	Filoniana	Ba
289	Moinho do Marmeleiro	618733	4151377	Filoniana	Pb, Ba
290	Mina Duquesa (o Los Toriles)	639275	4171586	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
291	Vendinha do Esteval / Alte	585828	4117982	Irregular	Cu
292	Colgadeiras	625766	4156291	Filoniana	Ba, Pb
293	Sítio do Serrão e Almofadas	628245	4158513	Estratiforme/Estratoide	Mn
294	Oeste de Las Peñuelas	639825	4168886	Estratiforme/Estratoide	Mn
295	Mina San José	647291	4176220	Filoniana	Py, Cu
296	Mina de Los Silos	644065	4172886	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
297	Mina de la Novia	638725	4166956	Lentejonar	Mn
298	Alquería de La Vaca	642825	4170686	Estratiforme/Estratoide	Mn
299	Santa Justa (Ba)	614102	4141836	Filoniana	Ba
300	Ferrarias (Cova dos Mouros)	613475	4140455	Filoniana	Cu
301	Mina San Fernando	644145	4170606	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
302	Vargem das Almas	629964	4156379	Estratiforme/Estratoide	Mn
303	Pasadera del Risco	642125	4168122	Estratiforme/Estratoide	Py
304	La Romanera	646510	4172356	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Zn
305	Mina María Cristina (o Mina Odalisca o Mina NªSª de la O)	636315	4160131	Filoniana	Pb
306	Pego da Quebrada	627620	4150359	Filoniana	Cu
307	Mina Santa Catalina	633065	4155766	Estratiforme/Estratoide	Mn
308	Casa de La Manerina	645775	4167986	Estratiforme/Estratoide	Mn
309	Sítio da Chã	618120	4139773	Filoniana	Cu
310	Mina San Juan	655395	4176986	Desconocida	Py, Cu
311	Mina del Cura	650445	4171611	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
312	Mina Conde	634075	4155166	Estratiforme/Estratoide	Mn
313	Alcaria Queimada	618424	4139276	Filoniana	Cu
314	Rocha dos Campilhos / Achada	617434	4138267	Filoniana	Cu
315	La Peña	642455	4162726	Filoniana	Mn
316	Mina de Los Angeles	651405	4171606	Estratiforme/Estratoide	Mn
317	San Rafael	640900	4160376	Estratiforme/Estratoide	Mn
318	Cortes Pereiras	631514	4150975	Filoniana	Sb
319	Mina Dedi	642475	4161886	Filoniana	Pb

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
320	Cerco o Cumbres de Chole	648975	4168386	Estratiforme/Estratoide	Mn
321	Los Pulidos	644875	4163936	Estratiforme/Estratoide	Mn
322	La Membrilla	644375	4163086	Estratiforme/Estratoide	Mn
323	Las Palomas	645691	4164381	Estratiforme/Estratoide	Mn
324	Casa de La Constancia	645397	4163686	Filoniana	Py
325	Mina La Isabel	641523	4159744	Estratiforme/Estratoide	Mn
326	Rivera de Agua y Miel	656385	4174216	Filoniana	Cu
327	Sierrecilla	653675	4171386	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
328	Cabezo del Olivar	647255	4164866	Estratiforme/Estratoide	Mn
329	Mina La Codiciada o la Providencia	646895	4164144	Estratiforme/Estratoide	Mn
330	Mina La Preciosa	656735	4173916	Filoniana	Py, Cu
331	Mina de Los Linos	656415	4173176	Estratiforme/Estratoide	Mn
332	Mina Matutera	655145	4171486	Estratiforme/Estratoide	Mn
333	Cabezas del Pasto	647455	4163686	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
334	Barranco do Brejo	633975	4149767	Estratiforme/Estratoide	Mn
335	Cerro do Padre António	634127	4149469	Estratiforme/Estratoide	Mn
336	Cerros de Santa Bárbara, Seixo Branco e Eira do Brejo	634378	4149421	Filoniana	Mn
337	Herrerías-Santa Bárbara	650045	4164686	Estratiforme/Estratoide	Cu
338	Espingardinha	622119	4136511	Filoniana	Cu
339	Mina del Toro	658575	4172721	Estratiforme/Estratoide	Mn
340	Herrerías	650635	4164496	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
341	Cerro da Mina	635084	4148728	Estratiforme/Estratoide	Mn
342	Casita El Bueno	655753	4169026	Estratiforme/Estratoide	Mn
343	Pozo Herrero	662805	4175816	Filoniana	Cu
344	Norte del Castillo de Sanlucar de Guadiana	636054	4149026	Estratiforme/Estratoide	Mn
345	Cabezo del Hambradero	650775	4163686	Estratiforme/Estratoide	Mn
346	Mina La Rica	665665	4178546	Lentejonar	Py, Cu
347	Oeste Valle de la Sepultura	636489	4149011	Estratiforme/Estratoide	Mn
348	Herdade da Malhada	622463	4134964	Filoniana	Cu
349	Masa Vallejín	651575	4163986	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
350	Valle de la Sepultura	637034	4149366	Filoniana	Ba
351	Pasada de Los Caballos	638294	4150311	Filoniana	Ba
352	Barranco de La Fuente	653575	4164586	Estratiforme/Estratoide	Mn
353	San Sebastián	642764	4153676	Estratiforme/Estratoide	Mn
354	Casa de la Huerta del Tenorio o Charco del Fraile	655605	4166416	Estratiforme/Estratoide	Mn
355	Mina del Risquillo, Risquiño o Riquiño	670535	4180626	Lentejonar	Py
356	Fuente del Cagajón	656759	4166206	Estratiforme/Estratoide	Mn
357	El Carpio	677675	4186503	Lentejonar	Py, Cu
358	Cerro da Mina e Conceição	626810	4135204	Filoniana	Cu
359	Mina del Pepito	659125	4166406	Estratiforme/Estratoide	Mn
360	La Joya	674355	4181626	Estratiforme/Estratoide	Py
361	Las Minetas	664765	4172026	Estratiforme/Estratoide	Mn
362	San Telmo	678875	4185586	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
363	Casa de la Cartijilla	660065	4166256	Lentejonar	Mn
364	La Choza	660375	4166436	Filoniana	Mn

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
365	Campo del Moro	660935	4166786	Estratiforme/Estratoide	Mn
366	San Matías	647774	4153176	Estratiforme/Estratoide	Mn
367	Eira Correia	628472	4133870	Filoniana	Cu
368	La Esmeralda	665235	4170626	Filoniana	Sb
369	Valle de Guadaperal	658775	4164086	Estratiforme/Estratoide	Py
370	Cortijo de los Amantes	661465	4166076	Estratiforme/Estratoide	Mn
371	Lagunazo	661845	4166186	Estratiforme/Estratoide	Py
372	Loma Corralejo	671935	4176026	Estratiforme/Estratoide	Mn
373	Lomero- Poyatos	682295	4186256	Estratiforme/Estratoide	Cu, Zn, Pb, Au
374	Huerto del Tejar	660925	4164676	Lentejonar	Mn
375	Herculano	668155	4171336	Filoniana	Mn
376	Los Dos o La Guerra	674975	4177176	Estratiforme/Estratoide	Mn
377	Embalse de Lagunazo	662775	4164886	Lentejonar	Mn
378	Mina El Alcornocal	649924	4152014	Estratiforme/Estratoide	Mn
379	El Ángel	676745	4178076	Estratiforme/Estratoide	Mn
380	Mina Lancha-Roma	679225	4180246	Lentejonar	Py, Cu
381	El Chaparral	667875	4168831	Filoniana	Sb
382	Dolo	666210	4167076	Filoniana	Py
383	Cicerón-Peñas Rubias	682625	4183246	Lentejonar	Mn
384	Mina San Fernando o La Peñita	665225	4165416	Lentejonar	Mn
385	El Minguete	672505	4172608	Filoniana	Mn
386	Las Adelfitas	680455	4180286	Estratiforme/Estratoide	Mn
387	El Bodegón	678245	4178036	Lentejonar	Mn
388	El Romeral o Herculano	668925	4168566	Lentejonar	Mn
389	Mina Cascabelero	666775	4166206	Filoniana	Mn
390	Las Culebras	664500	4163786	Lentejonar	Mn
391	Mina Confesionarios	686375	4184786	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
392	Las Palomeras	687955	4186276	Estratiforme/Estratoide	Mn
393	La Madroñosa	677190	4175436	Filoniana	Cu
394	Mina de Nerón	671765	4169986	Filoniana	Sb
395	Mina de San Martín	668785	4166601	Filoniana	Cu
396	Socavón El Coso	670845	4168256	Filoniana	Ba
397	Los Venteros	677645	4174866	Filoniana	Mn
398	Mina Sorpresa	688275	4185086	Lentejonar	Py, Cu
399	Minas de Julián	668095	4164856	Lentejonar	Mn
400	Tharsis, Filón Centro	665675	4162086	Estratiforme/Estratoide	Py
401	Tharsis, Filón N y Tharsis, Sª Bullones	666875	4162686	Estratiforme/Estratoide	Py
402	Mina Soberana o Mina de la Juana	668975	4164686	Lentejonar	Mn
403	Tharsis, Filón Sur	666375	4161506	Lentejonar	Py, Au
404	Casa Madroño	672465	4167426	Filoniana	Ba
405	Mina Albertín	655809	4150491	Estratiforme/Estratoide	Mn
406	Vulcano	666625	4160926	Lentejonar	Py
407	La Esperanza	667275	4161486	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
408	Cantareras	665975	4160186	Estratiforme/Estratoide	Py
409	La Cumbre	672985	4166906	Lentejonar	Mn
410	Aguas Teñidas	690545	4184046	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
411	Fontanilla	690545	4184046	Lentejonar	Mn

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
412	Prado Vicioso	668545	4161606	Estratiforme/Estratoide	Py
413	Romanita	689045	4182016	Estratiforme/Estratoide	Py
414	Nueva Almagrera	667525	4160136	Estratiforme/Estratoide	Py
415	Villanueva de Las Cruces	674275	4166786	Lentejonar	Mn
416	Almagrera	667925	4160336	Estratiforme/Estratoide	Py
417	Cueva de la Mora	691875	4183986	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
418	Norte de Alosno	666274	4158286	Lentejonar	Mn
419	Grupo Paraje Castillejo	690775	4182696	Lentejonar	Py
420	La Lapilla	668124	4159986	Estratiforme/Estratoide	Py, Au, Ag, Cu
421	La Rivera	668645	4160506	Lentejonar	Mn
422	Seto	685475	4177086	Filoniana	Ba
423	El Depósito	666274	4157796	Filoniana	Ba
424	Maicoja	689575	4180986	Estratiforme/Estratoide	Mn
425	Hacienda de San Antonio	667194	4158506	Lentejonar	Mn
426	Nª Sª del Pilar	669144	4159686	Lentejonar	Mn
427	Juré	668714	4158876	Lentejonar	Mn
428		701475	4191135	Desconocida	Py
429	Mina Gozala o Mina del Carril	659939	4149346	Estratiforme/Estratoide	Mn
430	Monte Romero	694235	4183616	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
431	Romerita-Pimpollar	694015	4183386	Lentejonar	Mn
432	Silillos	681605	4170716	Filoniana	Cu
433	Mina El Chaparral	670004	4158756	Lentejonar	Mn
434	Arroyo de las Bramillas	667454	4155786	Lentejonar	Mn
435	Casa Huertas de Siete Barrios o Mina Vírgen María	671399	4159626	Lentejonar	Mn
436	Las Cardinchas	671904	4159956	Lentejonar	Mn
437	Angelita	695775	4183786	Lentejonar	Py, Cu
438	Barranco Tamujoso	679390	4167226	Filoniana	Mn
439	Mina de Perrunal	688370	4175611	Estratiforme/Estratoide	Py
440	La Africana	695015	4182236	Lentejonar	Mn
441	Aurora	668724	4155636	Filoniana	Pb, Ba
442	Doña Alonso	650134	4136956	Filoniana	Ba
443	Cerca de la Viuda	704845	4191445	Filoniana	Cu
444	La Zarza	689475	4175886	Estratiforme/Estratoide	Py
445	Mina Magdalena	697254	4183567	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
446	La Vieja o Rocio	694745	4181011	Lentejonar	Mn
447	Mina del Águila	680735	4166956	Lentejonar	Mn
448	San José o Tallisca y Zaida	684565	4170736	Lentejonar	Mn
449	Florentino o Sierpe y Clemente Isidro	682875	4169036	Lentejonar	Mn
450	Minas Santa Elena y La Fe	677965	4164086	Lentejonar	Mn
451	Mina de Botones	640634	4125656	Filoniana	Cu
452	Mina de Los Guijos	668624	4153636	Lentejonar	Mn
453	El Obispo	664334	4148686	Estratiforme/Estratoide	Mn
454	Tejonera	667759	4151586	Estratiforme/Estratoide	Mn
455	Mina de la Casa de los Quesos	641094	4124636	Filoniana	Cu, Fe
456	San Miguel	698275	4181755	Lentejonar	Py, Cu
457	Los Dos	686265	4169651	Lentejonar	Mn

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
458	Rodrigana o Santo Domingo y El Gato	685875	4169046	Lentejonar	Mn
459	Catalina o el Peñasco y Santa Marina	686925	4170081	Lentejonar	Mn
460	Pancho y Santiago	687415	4170106	Lentejonar	Mn
461	mina de Casiano	643019	4125696	Filoniana	Cu
462	Registros de Lomachaparra o Sta Eulalia	705425	4188085	Filoniana	Py, Cu
463	Judío y Cruz del Viso	685245	4167101	Lentejonar	Mn
464	Santa María o Cabezo de Gúa	688855	4170711	Lentejonar	Mn
465	Mina la Laja o Casualidad	697095	4178856	Lentejonar	Mn
466	Angostura	700905	4182405	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
467	Los Calamorros	677599	4158796	Filoniana	Mn
468	El Morante, Salvadora y Sanatorio	688465	4169166	Lentejonar	Mn
469	España	688210	4168586	Lentejonar	Mn
470	Sta Bárbara o Los Enjambres	702665	4183040	Lentejonar	Mn
471	Mina Patricio	648213	4127653	Filoniana	Cu
472	Registro de Palanquilla	695360	4174481	Filoniana	Py, Cu
473	Concepción	704515	4183310	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
474	Esperanza	703415	4181955	Lentejonar	Py, Cu
475	Grupo Soloviejo	702925	4181055	Lentejonar	Mn
476	San Platón	704200	4182145	Estratiforme/Estratoide	Cu, Pb, Zn, Py
477	Adolfina	683514	4161386	Lentejonar	Mn
478	Piedras Albas	684614	4161936	Lentejonar	Mn
479	Mina La Torerera	685874	4163136	Estratiforme/Estratoide	Py
480	Registros del Cuerno	692905	4169776	Lentejonar	Mn
481	El asperón o la Naranjita	690905	4167666	Lentejonar	Mn
482	Paraje de Las Navas	696840	4173251	Estratiforme/Estratoide	Mn
483	Registro de Cuatro Amigos	708175	4184385	Filoniana	Py, Cu
484	La Calañesa	691505	4167536	Lentejonar	Mn
485	Peñas Pardas	692050	4167736	Lentejonar	Mn
486	Grupo San Jose	706135	4181731	Lentejonar	Py
487	San Eduardo o El Soldado	706745	4181965	Lentejonar	Py, Cu
488	Registros del Magalejo	710175	4185285	Filoniana	Cu
489	La Morita	692695	4167796	Lentejonar	Mn
490	Grupo Buitrera-Arroyo Palomino	706075	4181085	Lentejonar	Py
491	Registros Casa de Alamillo	694475	4169386	Lentejonar	Mn
492	Registro de Poderosa	706075	4180385	Lentejonar	Mn
493	Mina de Sotiel	689524	4163581	Estratiforme/Estratoide	Cu, Pb, Zn, Py
494	Poderosa	706615	4180510	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
495	Tinto y Santa Rosa	693975	4167786	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
496	Corta de las Viñás	690985	4164711	Lentejonar	Py
497	Minas de las Viñas	691165	4164766	Filoniana	Cu, Pb, Zn, Ag
498	Mina de Migollas	690675	4164156	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Zn, Pb
499	Grupo Cobullos	707825	4181115	Lentejonar	Mn
500	Mina Gloria	695165	4167966	Lentejonar	Py, Cu
501	Pozo Fresnajoso-Arroyo Lagarejo	691148	4163761	Lentejonar	Py

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
502	Registros al Sur de las Calizas de Sotiel	689474	4162086	Lentejonar	Mn
503	Malpique	684410	4156626	Filoniana	Cu
504	La Mimbrera	704705	4176775	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
505	Pozos de Pedro Fdez	709275	4181255	Lentejonar	Py
506	Villa Bueno o Valle Bueno	685474	4157306	Filoniana	Cu
507	La Majada	709775	4181485	Lentejonar	Py, Cu
508	Minas de Huelva	686264	4157556	Filoniana	Cu
509	Castillo Buitrón	696775	4167736	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
510	San Pedro o Barranco de los Bueyes	696545	4167326	Lentejonar	Py, Cu
511	Registros de Rehollos y Barre-honda	711335	4181890	Lentejonar	Py
512	Registro Monte Carmona	716325	4185385	Filoniana	Cu
513	Cabezo del Mauro	694214	4163176	Lentejonar	Mn
514	Registro de El Majuelo	715125	4184035	Filoniana	Cu
515	Huertos del Pelado	693774	4161781	Lentejonar	Mn
516	Las Llanas	708975	4176885	Lentejonar	Mn
517	Masa Valverde	689464	4157286	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Zn, Pb
518	Cerro Negro	709510	4177125	Filoniana	Mn
519	Valle Redondo	704330	4171555	Lentejonar	Mn
520	Geraldo o Los Mellizos	690854	4157896	Estratiforme/Estratoide	Mn
521	El cuervo o Preciosa	693734	4160346	Lentejonar	Mn
522	Mina Mojarra	691814	4158356	Lentejonar	Mn
523	Mina del Madroño	692274	4158586	Lentejonar	Mn
524	Mina del Monje	693159	4159196	Lentejonar	Mn
525	Cascajera	702925	4168905	Lentejonar	Mn
526	La Chaparrita	713375	4179085	Lentejonar	Py, Cu
527	Postelera	703510	4169035	Estratiforme/Estratoide	Mn
528	Grupo Campanario	692109	4157116	Estratiforme/Estratoide	Cu, Pb, Zn, Py
529	Los Cuchillares	715650	4180495	Lentejonar	Py, Cu
530	Registro este Dique de Campofrío	715425	4180225	Estratiforme/Estratoide	Mn
531	Puerta Alegre	713985	4178645	Lentejonar	Mn
532	Sur Higuera	725475	4190085	Filoniana	Pb
533	Minas de Riotinto	711275	4175685	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
534	Malperez	702425	4166765	Lentejonar	Mn
535	Pozo Carretera Sotiel-Los Pinos	693109	4157416	Lentejonar	Py
536	Redondela	655298	4119553	Lentejonar	Ti
537	Guadiana	704605	4167845	Lentejonar	Mn
538	Mina del Rizón	705640	4168685	Lentejonar	Py
539	Peña de Hierro	697044	4160016	Lentejonar	Mn
540	Cerro Colorado	712875	4175785	Pipasychimeneas	Cu, Au, Ag
541	Norte Cortijo del Asturiano	723575	4186425	Filoniana	F
542	Peña de Hierro	715485	4178310	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
543	Palanco	704995	4167810	Estratiforme/Estratoide	Mn
544	San José	705575	4167585	Lentejonar	Mn
545	Mina Oriente	704524	4166285	Lentejonar	Mn
546	Este Granada de Riotinto	722205	4183406	Filoniana	Cu
547	Pepito	716655	4177610	Lentejonar	Mn

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
548	Trinidad	719225	4179895	Lentejonar	Mn
549	Cabezo de la Coneja	698409	4158926	Lentejonar	Mn
550	Aurora	708639	4168975	Lentejonar	Mn
551	Socavón de Fuente Blanca	699334	4159576	Lentejonar	Mn
552	Grupo La Ratera	702654	4162135	Filoniana	Cu, Py
553	Cabezo de la Minilla	695974	4154686	Lentejonar	Mn
554	San Casiano	698979	4157566	Lentejonar	Py, Cu
555	Peña del Águila	717815	4175665	Lentejonar	Mn
556	Mina del Cura	707114	4164660	Lentejonar	Py
557	Arroyo del Rey	728545	4186000	Lentejonar	Py
558	Ermita del Prado	726170	4183615	Filoniana	Py
559	Mina Chinflón o mina la Vencida	708254	4164815	Lentejonar	Py, Cu
560	Joya Mora	697054	4152996	Lentejonar	Mn
561	Pozo Los Barreros	708574	4163885	Lentejonar	Py
562	Registro de la Higuera	705874	4161085	Lentejonar	Py
563	El Higueral	721645	4176645	Lentejonar	Mn
564	Huerto del Cabo	722400	4176485	Filoniana	As
565	Mina del Carrizo	698274	4152186	Filoniana	As
566	Rivera Jarramá	724875	4178130	Lentejonar	Py
567	Mina del Piñon	700219	4152911	Lentejonar	Mn
568	Registro del Perralejo	708229	4160175	Filoniana	Py, Cu
569	El Cuco	723395	4174840	Estratiforme/Estratoide	Mn
570	Registros de la Urraca	726285	4177555	Lentejonar	Mn
571	Socavón de la Charca de la Re-vuelta del Risco	707584	4158070	Filoniana	Py
572	Registro del Pinche	705544	4155985	Lentejonar	Py
573	Socavón del Parral	708919	4159300	Filoniana	Py, Cu
574	El Peralejo	727425	4177710	Lentejonar	Py
575	Sierra de los Gallos	728795	4178765	Lentejonar	Mn
576	Mina del Ejido	708474	4158285	Filoniana	Py, Cu
577	Registro de Puya Alta	712574	4161785	Lentejonar	Py
578	Peñas Altas	725965	4175085	Estratiforme/Estratoide	Mn
579	Norte de Peroamigo	730980	4179935	Filoniana	As
580	Nuestra Sra de Lourdes	738675	4187385	Lentejonar	Py
581	Oeste de la Aulaga	725975	4174245	Lentejonar	Mn
582	Grupo Noroeste de la Aulaga	727375	4175185	Lentejonar	Mn
583	Los Angeles	731275	4178785	Filoniana	F, Pb, Zn
584	Grupo Reforma-Vicaría	737775	4185285	Lentejonar	Py
585	Registros al SE del Castillo	729275	4176285	Lentejonar	Py
586	Mina la Cara	709614	4156365	Lentejonar	Py
587	Coto Vicario	727075	4173285	Lentejonar	Py, Cu
588	Solana del Pelao	707764	4153965	Lentejonar	Mn
589	San Joaquín o El Pelao	707824	4153935	Lentejonar	Py, Cu
590	Ctra del Peralejo	730475	4176485	Filoniana	W
591	Cabezo de la Minilla	705774	4151685	Lentejonar	Mn
592	Mesa las Herrerías	707224	4153085	Irregular	Py
593	San José	729415	4174660	Lentejonar	Mn
594	Socavón de las Avanteras	711849	4156915	Lentejonar	Py

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
595	Santa Lucía	733555	4177835	Filoniana	As
596	Registros de Aguas Blancas	710284	4153055	Lentejonar	Py
597	Castillo de las Guardas o Admirable	733095	4175385	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
598	Cañada Alta o Pozo de Haro	733850	4175585	Filoniana	Cu
599	Nazaret	726499	4168215	Lentejonar	Py, Cu
600	Cabezo de la Mina	710774	4152385	Lentejonar	Mn
601	Registro de Hernán Pérez	715324	4156055	Lentejonar	Py
602	Mina de Valquemado	740585	4180995	Filoniana	Cu
603	La Porfía	752280	4192531	Filoniana	Cu, Zn, Pb, Ag
604	La Porfía	752325	4192485	Filoniana	Cu, Pb, Zn
605		753375	4192685	Filoniana	Cu, Py
606	Diana o Tallesca	741795	4181085	Filoniana	Pb, Zn
607	Cerro del Lobo	733275	4172385	Filoniana	As
608	Puerto de La Media Legua	753617	4192715	Filoniana	Cu, Zn, Pb, Ag
609	Mina de Cinco Bocas (Grupo del Vinagre)	717574	4153885	Lentejonar	Py
610	La Llana	742845	4178135	Filoniana	Cu
611	Loma de las Peñuelas	746415	4179845	Filoniana	Pb, Zn
612	Pipero	715374	4147985	Filoniana	As
613	Golondrinas	741274	4173555	Filoniana	Cu
614	Charca de los Patos	715174	4147085	Filoniana	As
615	Los Laureles	729684	4160315	Filoniana	Cu
616	Peña Caballero	716874	4147485	Filoniana	As
617	Jimenito	736354	4166865	Desconocida	Cu
618	Palma del Acebuchal o Las Completas (Río Corumbel)	718974	4148685	Filoniana	Pb, Zn, Ag, Cu
619	Cerro de las Palomillas	736989	4166585	Lentejonar	Cu
620	Minas de Buenavista-La Viguera	723674	4152385	Filoniana	Cu, Py
621	Los Pilancrones	737924	4166385	Desconocida	Cu
622	Arroyo de las Cabras	738404	4166260	Lentejonar	Cu
623	Mina Honda (Grupo Rio Corumbel)	722074	4148985	Filoniana	Pb, Zn, Ag, Cu
624	Nª Sª del Amparo y de la Unión (Grupo Río Corumbel)	723174	4148885	Filoniana	Pb, Zn, Ag, Cu
625	Fuentezuela	739664	4164955	Filoniana	Cu
626	Paraje del Juncalejo	735234	4160275	Filoniana	Cu, Zn, Pb
627	Mina del Rosario	751424	4175285	Filoniana	Pb, Zn
628	Juncalejo	736124	4159865	Filoniana	Cu, Zn, Pb
629	Torilejo	738974	4162675	Filoniana	Cu
630		764959	4187144	Lentejonar	Py
631	Cuatro amigos	752774	4174685	Filoniana	Pb
632	Minas de Trinidad y Carmen	731874	4152885	Filoniana	Cu, Py
633		766264	4186326	Lentejonar	Py
634	Cabezo del Muchacho	739544	4158925	Filoniana	Py, Cu
635	Román	744774	4163655	Filoniana	Cu
636	La Zarcita	738524	4156985	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
637	Casa de la Obra	742409	4160635	Filoniana	Cu
638	Las Peraleras	746384	4164425	Filoniana	Cu

Nº MAPA	NOMBRE / *NOME*	ETRS_89 H29		MORFOLOGÍA / *MORFOLOGIA*	SUSTANCIA / *SUBSTÂNCIA*
		COOR_ X	COOR_Y		
639	Pozos del Río	746564	4161085	Filoniana	Cu, Pb
640	Meseta de los Guijos	747424	4160535	Filoniana	Pb
641	Mina La Caridad	743374	4156235	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu
642	Aznalcóllar	743114	4155745	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
643	Mina Carmen	748014	4160450	Filoniana	Cu
644	Los Frailes	745009	4156265	Estratiforme/Estratoide	Py, Cu, Pb, Zn
645	Las Cruces	756838	4154210	Estratiforme/Estratoide	Cu

El Mapa metalogenético de la Zona Surportuguesa, escala 1/400.000 y su memoria técnica han sido cofinanciados por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER a través del Programa Interreg V-A España-Portugal (POCTEP) 2014-2020. Las opiniones son de exclusiva responsabilidad de los autores que las emiten.

A Carta metalogenetica da Zona Sul Portuguesa, escala 1/400.000 e sua memória técnica foram cofinanciados pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional FEDER através do Programa Interreg V-A España-Portugal (POCTEP) 2014-2020. As opiniões são da exclusiva responsabilidade dos autores que as emitem.

Interreg
España - Portugal
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

UNIÓN EUROPEA
UNIÃO EUROPEIA

GEO_FPI

Instituto Geológico y Minero de España

LNEG
Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.

Junta de Andalucía

município Aljustrel terra viva