



TÍTULO

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DEL “STOCKWORK” DEL
PROYECTO LA INFANTA, FAJA PIRÍTICA IBÉRICA

AUTOR

Kelyt Felet Mora Ortiz

	Esta edición electrónica ha sido realizada en 2024
Tutor	Dr. D. Manuel Toscano Macías
Co-tutor	D. Oscar Jeldres Salinas
Instituciones	Universidad Internacional de Andalucía , Universidad de Huelva
Curso	<i>Máster Universitario en Geología y Gestión Ambiental de los Recursos Minerales (2021/22)</i>
©	Kelyt Felet Mora Ortiz
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
Fecha documento	2023



**Atribución-NoComercial-SinDerivadas
4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**

Para más información:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>

Caracterización mineralógica del “stockwork” del proyecto La Infanta, Faja Pirítica Ibérica



Kelyt Felet Mora Ortiz

Caracterización mineralógica del “stockwork” de La Infanta, Faja Pirítica Ibérica

Memoria para optar al grado de Máster

Autor:

Kelyt Felet Mora Ortiz

Tutor:

PhD. Manuel Toscano Macías

Co-tutor:

MSc. Oscar Jeldres Salinas

Máster en Geología y Gestión Ambiental de los Recursos Minerales

Universidad Internacional de Andalucía
Universidad de Huelva
Huelva, España
2023

Dedicado a mis padres, esposa e hija

Resumen

El presente trabajo se orientó al estudio de nueve muestras de roca del depósito tipo VMS del proyecto La Infanta. Las nueve muestras de roca fueron objeto de estudio mineralógico sobre secciones delgado-pulidas y análisis geoquímico por parte de un laboratorio privado. Las muestras se constituyen principalmente de esfalerita, galena, calcopirita, pirita y tetraedrita-tenantita, donde la mineralogía varía de concentración dependiendo según la muestra. Por otro lado, al correlacionar los datos geoquímicos por medio del coeficiente de Pearson, se puede inferir una relación entre elementos químicos como Hg, Cd y Ag. Y al analizar la concentración de elementos en la muestra de roca se pudo inferir una ubicación aproximada de las muestras de roca dentro de un modelo teórico de los depósitos VMS.

Abstract

The present work was oriented to the study of nine rock samples of the VMS type deposit of the La Infanta project. The nine rock samples were subjected to mineralogical study on thin-polished sections and geochemical analysis by a private laboratory. The samples consist mainly of sphalerite, galena, chalcopyrite, pyrite and tetrahedrite-tennantite where the mineralogy varies in concentration depending on the sample. On the other hand, by correlating the geochemical data by means of Pearson's coefficient, a relationship between chemical elements such as Hg, Cd and Ag can be inferred. And by analyzing the concentration of elements in the rock sample, an approximate location of the rock samples within a theoretical model of the VMS deposits could be inferred.

Contenido

1.	Introducción	1
1.1.	Generalidades	1
1.2.	Planteamiento del problema y objetivos	2
1.3.	Ubicación.....	2
2.	Contexto geológico	3
2.1.	Geología regional	3
2.2.	Geología local.....	6
2.2.1.	Estratigrafía de La Infanta	6
3.	Metodología.....	7
4.	Resultados.....	7
4.1.	Análisis microscópico	7
IN008.....		8
IN017.....		9
IN021.....		10
IN025 80,00.....		11
IN025 84,30.....		12
IN030 41,30.....		13
IN030 41,85.....		14
IN034 194,00.....		15
IN034 195,00.....		16
4.2.	Resultados geoquímicos de las muestras	17
4.2.1.	Correlación de los resultados geoquímicos.....	22
5.	Discusiones	48
6.	Conclusiones	53
7.	Referencias	53
8.	Anexos	57
8.1.	Resultados geoquímicos de las muestras analizadas. Información aportada por Emerita Resources.	58

Tablas

Tabla 1. Datos geoquímicos de la muestra IN008.....	17
Tabla 2. Datos geoquímicos de la muestra IN017.....	17
Tabla 3. Datos geoquímicos de la muestra IN021.....	18
Tabla 4. Datos geoquímicos de la muestra IN025_80,00.....	18
Tabla 5. Datos geoquímicos de la muestra IN025_84,30.....	19
Tabla 6. Datos geoquímicos de la muestra IN030_41,30.....	20
Tabla 7. Datos geoquímicos de la muestra IN030_41,85.....	20
Tabla 8. Datos geoquímicos de la muestra IN034_194,00.....	21
Tabla 9. Datos geoquímicos de la muestra IN034_195,00.....	21
Tabla 10. Valores de R2 utilizados para la correlación de las relaciones entre datos.	22
Tabla 11. Relación de elementos respecto a Ag.....	22
Tabla 12. Relación de elementos respecto a Au.....	25
Tabla 13. Relación de elementos respecto a Cd.....	27
Tabla 14. Relación de elementos respecto a Cu.....	30
Tabla 15. Relación de elementos respecto a Fe.....	32
Tabla 16. Relación de elementos respecto a Hg.....	34
Tabla 17. Relación de elementos respecto a Mn.....	38
Tabla 18. Relación de elementos respecto a Mo.....	40
Tabla 19. Relación de elementos respecto a Ni.....	41
Tabla 20. Relación de elementos respecto a P.....	43
Tabla 21. Relación de elementos respecto a Pb.....	44
Tabla 22. Relación de elementos respecto a S.....	45
Tabla 23. Relación de elementos respecto a Sb.....	46
Tabla 24. Paragénesis mineral.....	48
Tabla 26. Concentración relativa de elementos de minerales base.....	49
Tabla 31. Relaciones fuertes y moderadas entre elementos de las muestras analizadas.....	51

Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio en el municipio de Puebla de Guzmán, Huelva, España	3
Figura 2. Principales unidades estructurales y dominios tectonoestratigráficos en la Zona Sudportuguesa tomado de Leistel et al. (1998)	4
Figura 3. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN008.....	8
Figura 4. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN017.....	9
Figura 5. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN021.....	10
Figura 6. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN025_80,00.....	11
Figura 7. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN025_84,30.....	12
Figura 8. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN030_41,30.....	13
Figura 9. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN030_41,85.....	14
Figura 10. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN034_194.....	15
Figura 11. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN034_195,00.....	16
Figura 12. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN008.	17
Figura 13. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN017.	18
Figura 14. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN021.	18
Figura 15. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN025_80,00.....	19
Figura 16. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN025_84,30.....	19
Figura 17. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN030_41,30.....	20
Figura 18. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN030_41,85.....	20
Figura 19. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN034_194,00.....	21
Figura 20. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN034_195,00.....	21
Figura 21. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Ag.....	25
Figura 22. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Au.....	27
Figura 23. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Cd.....	30
Figura 24. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Cu.....	32
Figura 25. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Fe.....	34
Figura 26. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Hg.....	37
Figura 27. Conjunto de graficos de correlación respecto a Mg.	38
Figura 28. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Mn.	40
Figura 29. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Mo	41
Figura 30. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Ni.....	42
Figura 31. Conjunto de graficos de correlación respecto a P.....	43
Figura 32. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Pb.....	45
Figura 33. Conjunto de graficos de correlación respecto a S.....	46
Figura 34. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Sb.....	46
Figura 35. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Ti.	47
Figura 36. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Zn.	47
Figura 37. Gráfico de temperatura versus solubilidad de Cu, Pb, Zn y Au, Tomado de Large (1992).....	48
Figura 38. Estructura interna idealizada de los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos mostrando la localización teórica probable de las muestras	

analizadas. Las muestras se agrupan por su contenido y proporción mineral quedando la muestra IN021 desvinculada de los otros grupos. Tomado y modificado de Large (1992) y Lydon (1988).	50
Figura 39. Mapa de anomalías de Bouguer resaltando los altos gravimétricos presentes en el proyecto La Infanta. Imagen suministrada por Emérita Resources. 52	
Figura 40. Modelo de polarización inducida y resistividades de una línea adquirida en el proyecto La Infanta. Imagen suministrada por Emerita Resources.	52

1. Introducción

1.1. Generalidades

La Faja Pirítica Ibérica se encuentra ubicada al suroeste de la Península Ibérica, y es una importante provincia metalogénica de referencia mundial, la cual se extiende desde Sevilla hasta el sur de Portugal con una extensión superficial aproximada de 250 km y está comprendida entre 25-70 km de anchura. Para la provincia se han calculado concentraciones de sulfuros masivos volcanogénicos de 1700 Mt, los cuales contienen 14.6 Mt Cu, 13.0 Mt Pb, 34.9 Mt Zn, 46 100 t Ag y 880 t Au (Adamides, 2013; Almodóvar et al., 1998; Carvalho et al., 1997; Leistel et al., 1998; Sáez et al., 1999; Tornos, 2006). Por otro lado, la mayoría de los depósitos de la Faja Pirítica tienen una baja ley debido a que la composición mineral de estos cuerpos de sulfuros masivos está principalmente compuesta de pirita de grano fino, repercutiendo en la rentabilidad del depósito pues representa un inconveniente en el tratamiento metalúrgico (Toscano, 2016).

La gran cantidad de herramientas de la edad de piedra encontradas en minas de la región de Huelva atestiguan la actividad minera en la Faja Pirítica en tiempos prehistóricos. Tales utensilios de piedra han sido encontrados principalmente en pequeños yacimientos llamados “criaderos” de tipo filoniano y grandes “criaderos” de pirita. Las principales herramientas encontradas fueron martillos, hachas y escoplos, las cuales pueden apreciarse en los diferentes museos mineros y en el museo de Huelva (Pinedo Vara, 1963).

Puede evidenciarse según datos bíblicos e históricos la importancia de la actividad minera ejercida por los Tartessos y sus conexiones comerciales que tenían con los fenicios, griegos y Oriente, pues extraían minerales de las minas, los beneficiaban y vendían los metales. Hubo una exitosa actividad minera y comercial por parte de los Tartessos hasta que los cartaginenses intervinieron y arruinaron el comercio y la actividad minera. Solo fue hasta los tiempos del imperio Romano en el cual fue reactivada el trabajo minero y metalúrgico en el año 43 a.C., después de 175 años de haber entrado los romanos a la Península Ibérica (Pinedo Vara, 1963).

Desde el milenio III a.C. hasta mediados del milenio I a.C. los trabajos mineros y metalúrgicos en la Faja Pirítica Ibérica se centraron en el aprovechamiento de minerales argentíferos (Pérez Macías, 1996). En esta época la mina con más documentación histórica minera y metalúrgica es la de Río Tinto donde se halló cerámica campaniense, escorias de placas y ánforas de dressel 1-A, entre otros (Pérez Macías, 1998). El trabajo de los romanos era tan eficaz que de las más de 80 minas que existen en la Faja Pirítica solo cinco de estos depósitos no fueron descubiertos por ellos, esto da una idea del buen conocimiento que se tenía en ese entonces para el descubrimiento de depósitos minerales (Delgado Domínguez et al., 2017).

Las labores romanas en cercanías a Puebla de Guzmán se realizaron en el “criadero” conocido como “Las Cabezas del Pasto”, donde han encontrado más de 200 pozos romanos con evidencia de procesamiento metalúrgico.

A finales de siglo XIX y principios del XX los trabajos realizados en el sitio no fueron satisfactorios puesto que no fue encontrado un cuerpo mineralizado con buena ley. Por tal motivo los trabajos se trasladaron a la Corta Sta. Bárbara en Herrerías (Puebla de Guzmán, Huelva), donde se halló un filón que fue explotado (Pinedo Vara, 1963; Suárez et al., 2017).

1.2. Planteamiento del problema y objetivos

El proyecto La Infanta corresponde a un depósito tipo VMS alojado en rocas de composición dacítica y cubierto por rocas sedimentarias de tipo volcanosedimentario y rocas sedimentarias detríticas. La caracterización de los niveles mineralizados se hace imprescindible para avanzar en el nivel conocimiento y grado de confianza del depósito. Por tal razón se pretende caracterizar petrográfica y mineralógicamente los minerales mena con el fin de aportar en el conocimiento de los aspectos fundamentales para el desarrollo futuro y la viabilidad del proyecto.

Se pretende identificar las especies minerales presentes, concentración y relación entre ellas (contacto, reemplazamiento, etc.), tamaño de cristales/granos minerales, etc.; datos que resultan relevantes a la hora de pensar el método de explotación y más importante aún, el tratamiento mineralúrgico a seguir.

El trabajo tiene como objetivo realizar una petrografía detallada de muestras mena, obtenidas mediante sondeos de tipo diamantino en distintos sectores del depósito. De manera específica se pretende determinar el tamaño de granos/cristales y las relaciones entre las distintas especies minerales reconocidas; determinar la variación de las especies minerales y su concentración según la ubicación espacial dentro del depósito; caracterizar los tipos de alteración y la intensidad de la alteración presentes en las muestras; integrar los datos de muestras individuales a fin de establecer posibles patrones de variación dentro del depósito; identificar la posición que tiene cada muestra según la posición teórica de un depósito tipo VMS con el fin de ayudar a vectorizar el origen de la mineralización; y correlacionar los datos de las muestras individuales a fin de establecer posibles patrones de variación dentro del depósito.

1.3. Ubicación

El área de estudio se localiza al suroccidente de la Península Ibérica, en la provincia de Huelva, Andalucía, dentro del área municipal de Puebla de Guzmán. Puebla de Guzmán limita al norte con Paymogo, Santa Bárbara de Casa y Cabezas Rubias; al oriente con El Cerro de Andévalo y Tharsis; al sur con El Almendro; y al occidente con Portugal. El área de estudio se encuentra a unos 8.5 km aproximadamente de la zona urbana del municipio tomando la carretera que conduce a Paymogo (ver Figura 1). El proyecto La Infanta como área de estudio, históricamente conocido como Grupo La Sierrecilla, abarcaba un área de 100 ha (Pinedo Vara, 1963), está actualmente en

etapa de exploración y viene siendo ejecutado por la empresa Emerita Resources dentro del Proyecto Iberian Belt West.

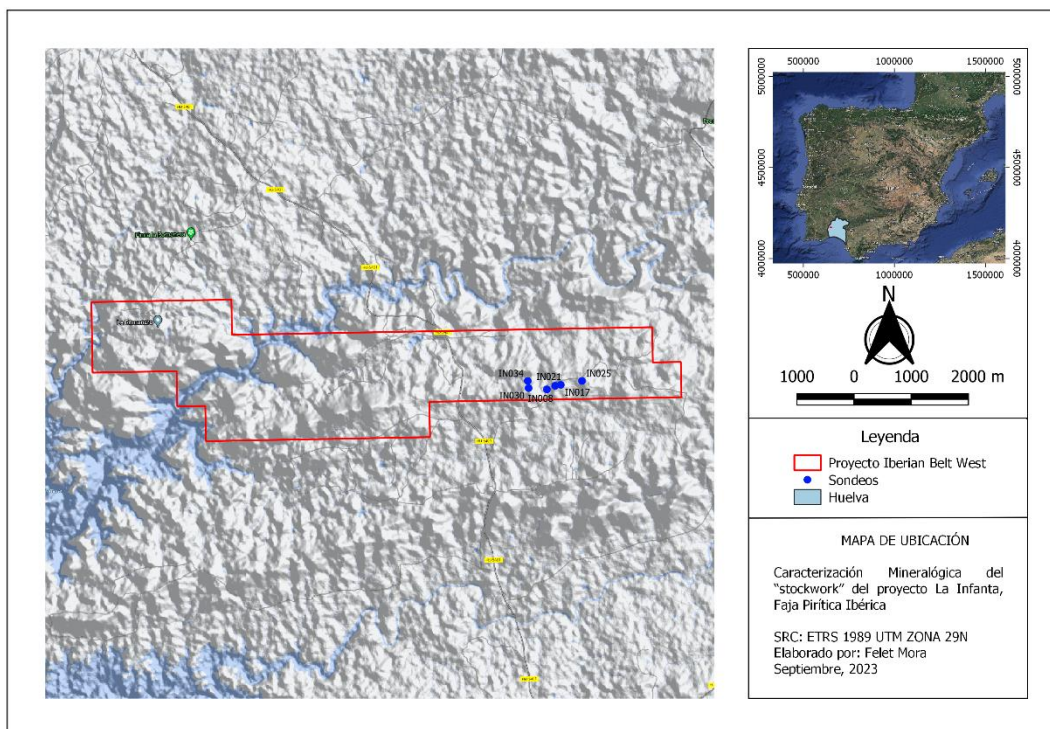


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio en el municipio de Puebla de Guzmán, Huelva, España

2. Contexto geológico

2.1. Geología regional

La Faja Pirítica Ibérica es una de las principales provincias metalogénicas a nivel mundial, la cual se localiza dentro de la Zona Sudportuguesa al suroeste de la península ibérica, que abarca desde Lisboa en Portugal hasta Sevilla en España. Esta alcanza una longitud entre 230-250 km de largo y alcanza un ancho entre 25-70 km (Almodóvar et al., 2019; Almodóvar & Sáez, 1992; Donaire et al., 2020; Toscano, 2016). Por otra parte la Zona Sudportuguesa se compone de cinco unidades estructurales (nombradas de norte a sur) (ver Figura 2) que son las Ofiolitas de Beja-Acebuches, el antifforme de Pulo do Lobo, la Faja Pirítica Ibérica, Flysch del Bajo Alentejo y el sector suroeste de Portugal (Leistel et al., 1998; Silva et al., 1990).

La Zona Sudportuguesa limita al norte con la Zona Ossa-Morena, ambas divididas por la zona de sutura Varisca representada por las Ofiolitas de Beja-Acebuches y por las formaciones metasedimentarias del Pulo do Lobo y Ribera de Limas. Estas dos últimas determinan el prisma de acreción del Devónico-Carbonífero asociado al cierre del paleo-oceano Rheico (Munhá et al., 1986; Oliveira et al., 1986; Quesada, 1991; Ribeiro et al., 1991; Silva et al., 1990).

La subducción oblicua trajo consigo procesos tectónicos transtensivos que provocaron adelgazamiento cortical y derivaron en cuencas intracontinentales en la Zona Sudportuguesa, que posteriormente sería el escenario adecuado para una actividad magmática significativa (Jesus et al., 2007; Quesada, 1997; Ribeiro et al., 2010; Silva et al., 1990; Tornos et al., 2002). Este ambiente tectono-magmático propició la formación de los yacimientos típicos de la Faja Pirítica Ibérica en las cuencas intracontinentales del Devónico Superior-Carbonífero Inferior (Quesada, 1997, Tornos, 2006).

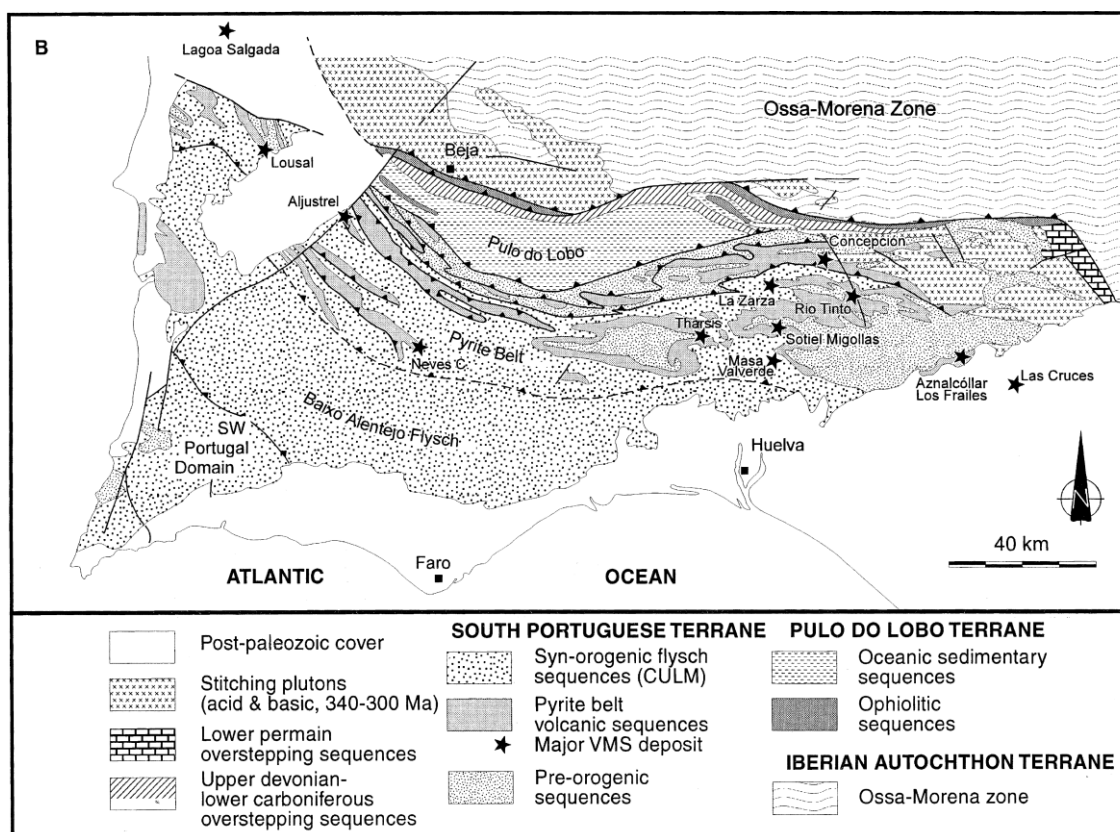


Figura 2. Principales unidades estructurales y dominios tectonoestratigráficos en la Zona Sudportuguesa tomado de Leistel et al. (1998)

La Faja Pirítica se compone de tres unidades litoestratigráficas principales (Schemerhorn, 1971), mencionadas de muro a techo: el Grupo Filita-Cuarcita (PQ), el Complejo Volcano-Sedimentario (VSC) y el Grupo Culm.

El grupo PQ expone una secuencia detrítica comprendida entre las edades Givetense al Famaniense-Estruniense superior, cuya base no se conoce y que está dominada principalmente por pizarras y cuarzoareniscas, interpretándose como la deposición en un ambiente de plataforma marina somera (Donaire et al., 2020). En muchos lugares el límite superior del VSC es un contacto tectónico, pero en otras corresponde a depósitos y estructuras sedimentarias que indican ruptura del suelo relacionada a subsidencia irregular y formación de subcuencas (Moreno et al., 1996).

El VCS comprende una sucesión volcánica interestratificada bimodal submarina de espesores de hasta 1300 m con rocas sedimentarias menores (Schemerhorn, 1971), las cuales se han podido datar, por datos palinoestratigráficos y dataciones U-Pb, en

el Fameniense tardío (Estruniense) al Vissence tardío (Barrie et al., 2002; Dunning et al., 2002; González et al., 2002; Oliveira et al., 2004; Rosa et al., 2008; Valenzuela et al., 2011). Las unidades volcánicas incluyen rocas coherentes y volcanoclásticas, las cuales exhiben dos episodios máficos y tres episodios félsicos (Carvalho et al., 1997; Leistel et al., 1998; Oliveira, 1990). Localmente las sucesiones de rocas pueden ser de complejidad variada dependiendo de la ocurrencia de dominios paleogeográficos con estratigrafía distinta (Quesada, 1996). La deformación e intensidad de alteración hidrotermal, la cual borra las texturas primarias, y la ocurrencia de un volumen significativo de rocas intrusivas hipoabisales, todo lo anterior hacen inciertas las correlaciones estratigráficas (Boulter, 1993 a,b; Soriano & Marti, 1999) a falta de datos radiométricos.

Las zonas más al norte de la Faja Pirítica Ibérica están caracterizadas por un vulcanismo bimodal félsico, la cual se comprende dentro de una secuencia sedimentaria marina que parece haberse depositado en una cuenca de tipo "Pull apart", donde se desarrolló el vulcanismo al interior de ésta (Quesada, 1991; Silva et al., 1990). La inestabilidad tectónica de esta cuenca puede representar un margen continental adelgazado desarrollado dentro del régimen transpresivo de la placa oceánica, la cual se asocia a las fases tempranas del régimen colisional (Jesus, 2011).

Las rocas volcánicas félsicas del VSC varían de dacitas a riolitas ricas en sílice de afinidad subalkalina de Al-bajo y Nb-alto, y las rocas máficas son principalmente basaltos toleíticos con escasos basaltos alcalinos (Fernández Martín et al., 1996; Mitjavila et al., 1997; Munhá, 1983; Thiéblemont et al., 1997). Un ambiente submarino deposicional se indica por la presencia de diversos fósiles marinos, la ocurrencia de lavas almoadilladas en rocas volcánicas básicas y depósitos de sulfuros masivos (Almodóvar et al., 1998; Leistel et al., 1998; Rosa et al., 2008). Datos sedimentológicos indican el depósito debajo del nivel base de las olas de tormenta (Leistel et al., 1998; Rosa et al., 2008; Soriano & Marti, 1999; Tornos, 2006). Algunos estudios sugieren modelos en la cual la profundidad de la cuenca cambió en tiempo y espacio debido a una compartimentación de la cuenca (Moreno et al., 1996; Sáez et al., 1996).

Rocas volcánicas del VSC presentan alteraciones difíciles de distinguir y algunas están imprecisamente definidos, pues se presenta hidratación de vidrio volcánico, alteración pervasiva regional y local con bajas proporciones agua-roca, halos locales intensos alrededor de los depósitos minerales (Donaire et al., 2020) y se ha reportado metamorfismo regional de muy bajo grado (Silva et al., 1990).

El grupo Culm tiene un máximo espesor aproximado a 3000 m (Moreno, 1993) con edades desde Viseense tardío hasta el Moscoviense tardío (Oliveira et al., 1979; Silva et al., 1990), el cual se compone de pizarras, litarenita y conglomerados en menor proporción con características turbidíticas. Este grupo representa los sedimentos provenientes de la zona Ossa-Morena y el terreno Avalonia que rellenaron la cuenca desarrollada después de la tectónica Varisca (Jorge et al., 2013).

La colisión continental tuvo como consecuencia deformación cortical y formación de pliegues y estructuras de tipo "thin-skinned" con una vergencia hacia el suroeste,

presentando mayor intensidad en la deformación a medida que se avanza hacia el noreste (Quesada, 1997; Silva et al., 1990).

La Faja Pirítica Ibérica puede subdividirse en dos ramas principales, la rama sur y la rama norte; considerándose la rama sur como parautóctona y la rama norte como alóctona (Oliveira, 1990; Oliveira et al., 2013). La secuencia estratigráfica en la rama sur se dispone de manera normal o cabalgada de manera restringida a los flancos invertidos de los pliegues; mientras que la rama norte presenta materiales del grupo PQ y el CVS sobrepuestos debido a escamas tectónicas y por ende repitiéndose las secuencias (Oliveira, 1990).

2.2. Geología local

El depósito del proyecto La Infanta aparece alojado dentro del Complejo Vulcano-Sedimentario y los materiales que alojan a este depósito constituyen la prolongación hacia el este del anticlinal de la Sierra de los Buitres. El depósito se constituye de sulfuros masivos con características similares a los de la Faja Pirítica. La principal particularidad de este depósito es su bajo contenido de pirita en relación con los sulfuros de zinc, cobre y plomo, además de su alto contenido de tetraedrita (García de Miguel & Chamorro, 1986).

2.2.1. Estratigrafía de La Infanta

De techo a muro se conforma por unidades que se presentan a continuación:

Unidad Pizarrosa: conformada por pizarras negras con abundante materia orgánica, pizarras bandeadas y pizarras grises a negras con textura masiva y laminada con deformación penetrativa bien desarrollada en los niveles arcillosos. Ocasionalmente presentan venas de cuarzo sinuosas y plegadas (Emerita Resources, 2022).

Unidad Volcanoclástica: perteneciente al Complejo Volcano-Sedimentario, la cual se ubica al techo del horizonte mineralizado. Esta unidad está formada por tufitas volcanoclásticas (cineritas) de grano <1/16 mm de coloración dependiente de su alteración (clorítica, hematítica, sericítica, etc.), con textura laminada y ocasionalmente con bandeado; areniscas volcanoclástica de grano 1/16 – 2mm con alteraciones clorítica, hematítica y sericítica; y conglomerados volcanoclásticos polimícticos con clastos estirados y aplastados con una variación de tamaños desde milimétricos a centimétricos y apareciendo al techo de la mineralización (Emerita Resources, 2022).

Horizonte Marcador: compuesta principalmente por pizarras moradas, jaspe y chert. Las pizarras moradas presentan tamaño de grano muy fino a fino, alteración hematítica y textura masiva. El jaspe presenta venas de cuarzo y hematización, y el chert presenta silificación fuerte y coloración variada.

Horizonte Mineralizado: se constituye por las mineralizaciones masiva, semimasiva y stockwork.

- La mineralización masiva puede presentarse en horizontes entre 1-3 m y puede alcanzar potencias hasta 10 m con mineralización de Sph>Ga>Py=Cpy=Ttr.
- La mineralización semimasiva se presenta con espesores variables y se diferencia por la proporción de roca caja presente. La mineralización presenta tamaño de cristal/grano fino de Sph>Ga>Py=Cpy=Ttr.
- La mineralización del tipo stockwork presenta mineralización en menor proporción. Esta mineralización se puede encontrar al techo de las tobas dacíticas con brechificación y silicificación. La mineralización se presenta en forma de venas y bandas con mayor presencia de cristales/granos de Py y las bandas suelen contener Sph de tamaño grueso (1-4 mm) y es usual una mineralización de Sph>Py>Ga>>Cpy. Por otro lado, la mineralización presente en las venas y rellenos de brecha parecen ser más ricos en Py>>Sph>Ga>Cpy.

Unidad de Tobas Dacíticas: esta unidad se ubica a muro del horizonte mineralizado y se sitúa dentro del complejo volcanosedimentario, la cual está formada por tobas de grano fino y por tobas de lapilli o tobas de grano grueso de coloración gris a gris verdoso/verdoso, dependiendo de la intensidad de la alteración clorítica. La unidad puede presentar mineralización diseminada y algunas venas y bandas dispersas. Se pueden observar cristales de feldespato y cuarzo en ocasiones aplastados y ocasionalmente formando estructuras sigma. El techo de esta unidad suele estar brechada y silicificada. Otra litología asociada a esta unidad son las tobas laminadas y/o bandeadas, las cuales presentan capas grises y oscuras además de diseminación de Py de tamaño muy fino, y en ocasiones venas y bandas de sulfuro (Emerita Resources, 2022).

3. Metodología

El presente estudio se basa en el análisis de muestras de mano, análisis mineralógico y textural realizado sobre laminas delgado-pulidas obtenidas de nueve muestras tomadas de un grupo de sondeos realizados en el área de estudio.

La utilización de microscopios de luz reflejada permite la identificación de los minerales mena, mientras que los microscopios de luz transmitida se utilizan para la identificación de los minerales ganga. Ambas técnicas microscópicas empleadas permiten el análisis de los diferentes tipos de texturas y la relación de éstas con la mineralización. Las muestras de mano se utilizan para dar una descripción macroscópica, de la textura, composición y relación entre éstas.

Además, se ha dispuesto de los datos geoquímicos obtenidos por parte de Emerita, los cuales se utilizan para el análisis del depósito a la luz de la geoquímica.

4. Resultados

4.1. Análisis microscópico

En el análisis microscópico de luz reflejada realizada a las diferentes láminas delgado-pulidas se identifican las siguientes especies minerales:

Pirita:	FeS_2
Arsenopirita:	FeAsS
Esfalerita:	ZnS
Galena:	PbS
Calcopirita:	CuFeS_2
Tetraedrita-Tenantita:	$\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ - $\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$

A continuación, se procede a describir las características mineralógicas y texturales de las muestras estudiadas.

IN008

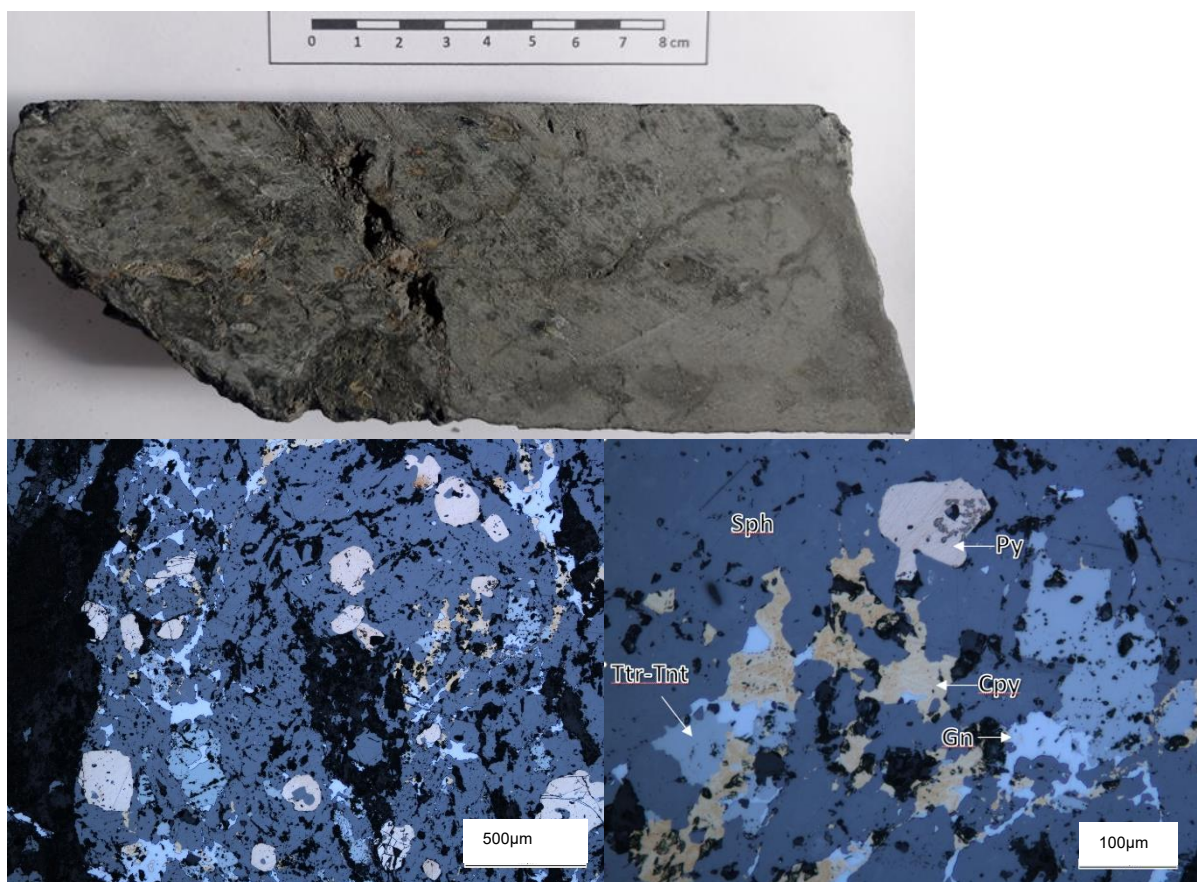


Figura 3. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN008

La muestra de roca IN008 presenta textura inequigranular con cristales/granos de tamaños finos a muy finos con mineralización semimasiva y alteración sericítica de intensidad alta.

La muestra contiene minerales anhedrales de esfalerita con cristales subeuhedrales y euhedrales de pirita, que también forma framboides por acumulación de cristales finos. Minerales de galena, calcopirita y tetraedrita-tenantita se encuentran rellenando espacios y/o fracturas. Se observan texturas de reemplazamiento donde se aprecia pirita siendo reemplazada por esfalerita, esfalerita siendo reemplazada por galena, y galena siendo reemplazada por tetraedrita-tenantita. Se puede apreciar también, moscovita que ha sufrido alteración alta debido a sericitización (ver Figura 3).

Los tamaños de grano/cristales que se presentan en la muestra se muestran a continuación:

Esfalerita	50-500	micras
Pirita	5-200	micras
Galena	10-250	micras
Calcopirita	5-100	micras
Tetraedrita-tenantita	20-100	micras

IN017

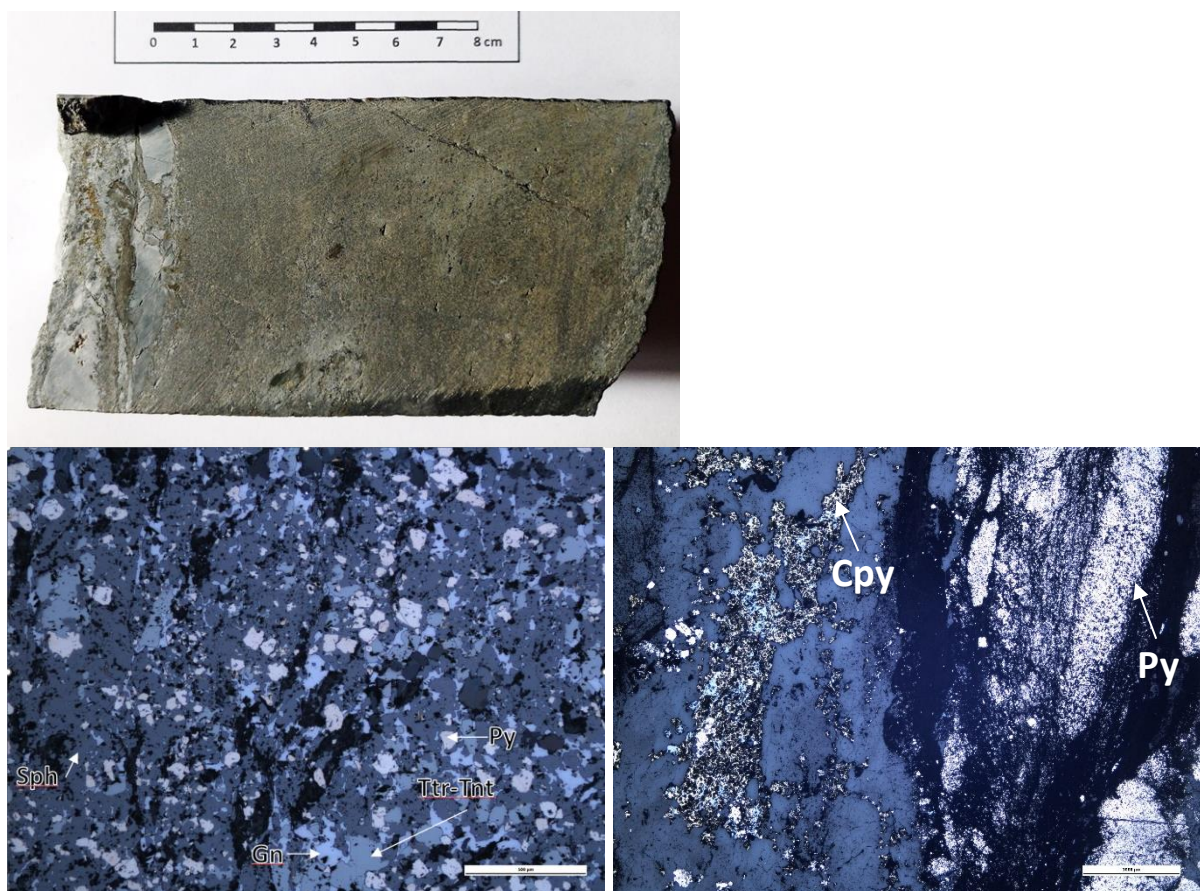


Figura 4. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN017.

Roca de textura microcristalina de mineralización en parches a semimasiva. Se presenta cristales de esfalerita, galena, pirita, tetraedrita-tenantita, calcopirita, cuarzo y moscovita, esta última representando la sericitización con una intensidad alta. Los cristales de esfalerita se observan con bordes lobulados corroyendo la galena, y la tetraedrita-tenantita reemplazando la galena. La pirita se observa subhedral, euhedral y en acumulaciones de cristales finos de pirita formando framboides.

La roca está siendo cortada por venas paralelas al bandeo y posteriores a la mineralización inicial. Estas venas parecen concentrar calcopirita en mayor proporción y se evidencia dentro de las venas alteración sericitica (ver Figura 4).

En la muestra se observan granulometrías (cristales y granos) muy finas a gránulos, donde se observan los siguientes tamaños:

Esfalerita	10-250	micras
Pirita	5-250	micras
Galena	5-200	micras
Calcopirita	<5-400	micras
Tetraedrita-tenantita	20-400	micras

IN021

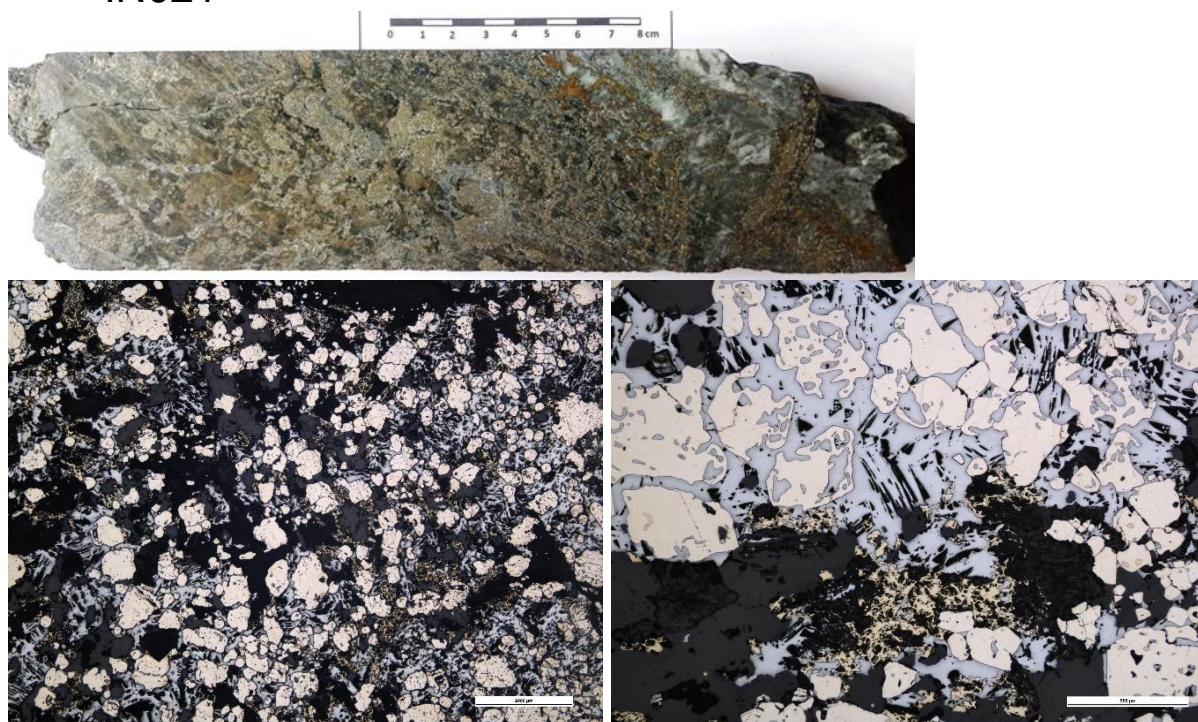


Figura 5. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN021.

Roca de textura inequigranular con tamaños de cristales/grano muy fino a fino y tipo de mineralización en forma de parches a semimasiva con alteración sericítica. La mineralización se compone principalmente de pirita y galena asociada, adicionalmente se presenta en menor proporción calcopirita y una ganga de sericita y cuarzo. Se observa pirita subhedral y anhedral, pudiendo ésta encontrarse reemplazada por galena, y calcopirita asociada a la galena (ver Figura 5).

En la muestra se observan granulometrías (cristales y granos) muy finas a fino, donde se observan los siguientes tamaños:

Pirita	10-900	micras
Galena	5-200	micras
Calcopirita	5-400	micras

IN025 80,00

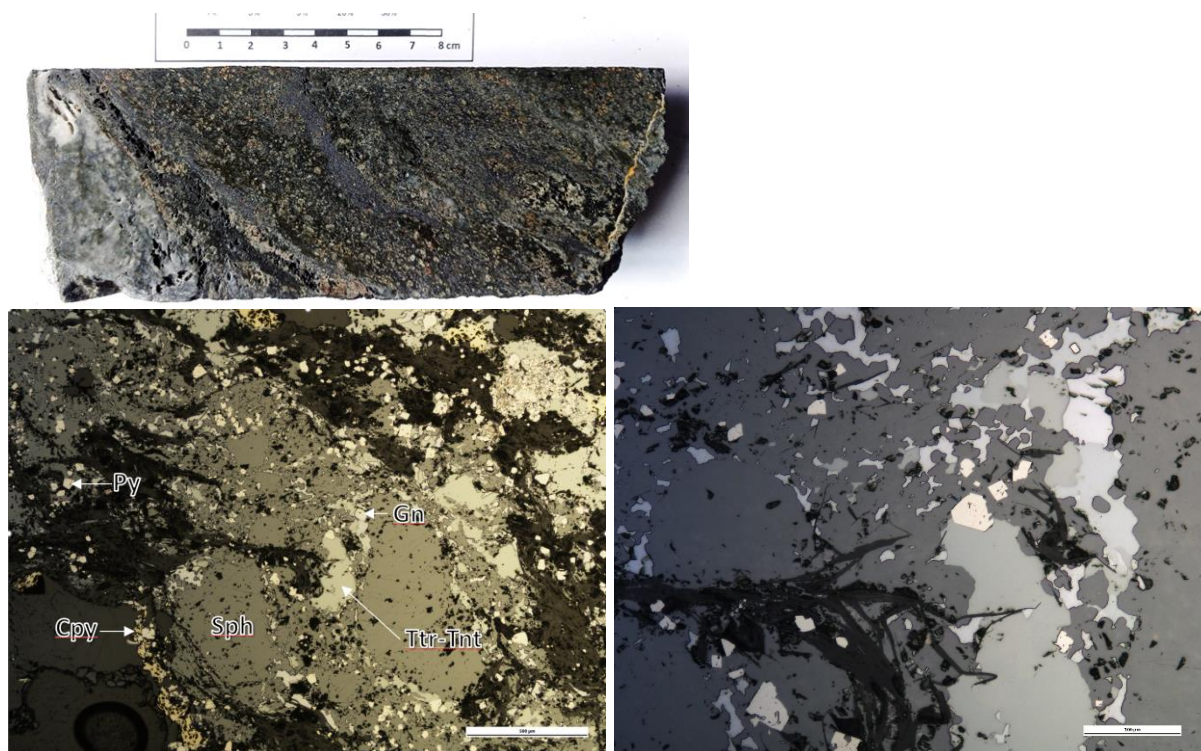


Figura 6. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN025_80,00.

Roca con textura inequigranular con cristales/granos de tamaño fino a muy fino y con mineralización semimasivo-masivo en forma de bandas, minerales mena de esfalerita, pirita, galena, tetraedrita-tenantita, calcopirita y minerales ganga de cuarzo y moscovita representando la sericitización de intensidad alta.

Se observa esfalerita anhedral a subhedral (reemplazando galena y tetraedrita), pirita subhedral y euhedral, galena anhedral y subhedral, tetraedrita-tenantita anhedral reemplazando galena, y calcopirita anhedral rellenando espacios (ver Figura 6).

En la muestra se observan granulometrías (cristales y granos) muy finas a fino, donde se observan los siguientes tamaños:

Esfalerita	50-1000	micras
Pirita	5-500	micras
Calcopirita	20-400	micras
Galena	10-500	micras
Tetraedrita-tenantita	5-250	micras

IN025 84,30

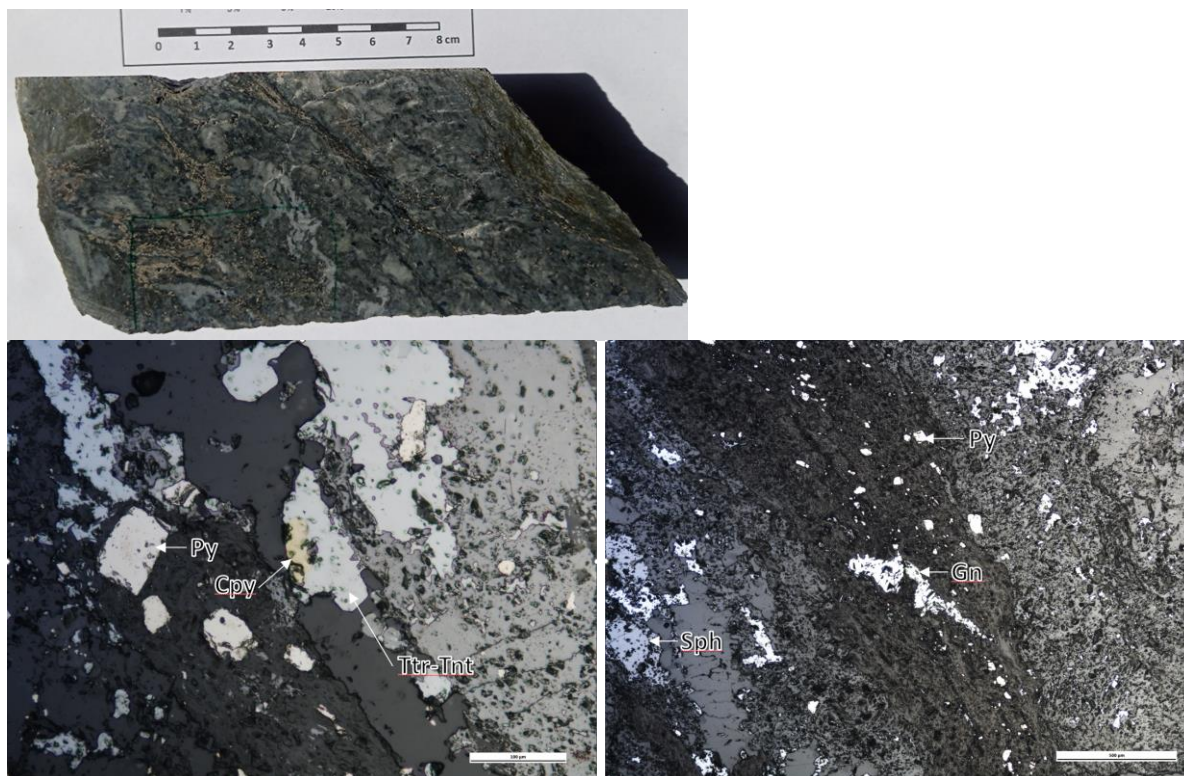


Figura 7. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN025_84,30

Roca con textura inequigranular con tamaños de cristal/grano fino a muy fino, mineralización en parches/venas, con minerales de esfalerita, galena, pirita, tetraedrita-tenantita y calcopirita. Se observa esfalerita anhedral a subhedral, pirita subhedral y euhedral, galena anhedral y subhedral, tetraedrita-tenantita anhedral.

La esfalerita aparece siendo reemplazada por tetraedrita-tenantita, la calcopirita está siendo reemplazada por tetraedrita-tenantita, y a su vez, la galena parece estar siendo reemplazada por tetraedrita-tenantita (ver Figura 7).

En la muestra se observan granulometrías de cristales/granos muy finos a finos, donde se observan los siguientes tamaños:

Esfalerita	100-800	micras
Pirita	5-100	micras
Calcopirita	20-50	micras
Galena	20-250	micras
Tetraedrita-tenantita	20-800	micras

IN030 41,30

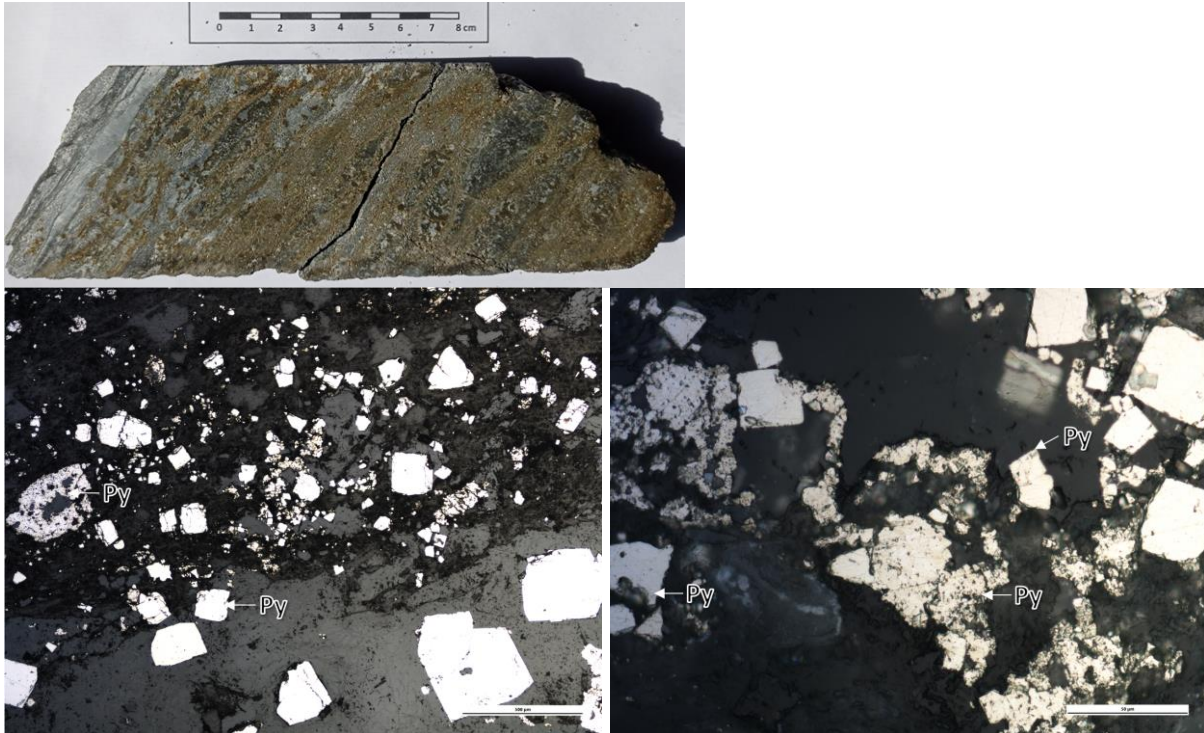


Figura 8. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN030_41,30

Roca de textura inequigranular con cristales/granos de tamaño muy fino a medio, con mineralización en bandas y venas. Mineralización de pirita subhedral y euhedral, y ganga está compuesta de cuarzo y moscovita representando la sericitización de intensidad alta. No se evidencian texturas de reemplazamiento, pero se evidencia la diferencia en tamaño y forma de la pirita, posiblemente debido a dos procesos/eventos diferentes de cristalización (ver Figura 8).

En la muestra se observan granulometrías de cristales/granos muy finos a medio, donde se observan los siguientes tamaños:

Pirita	5-1000	micras
--------	--------	--------

IN030 41,85

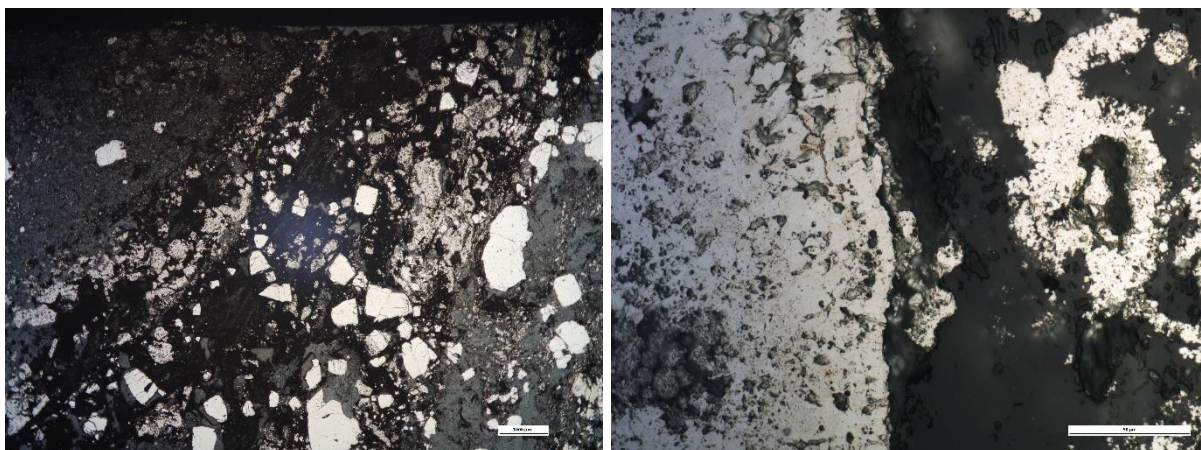
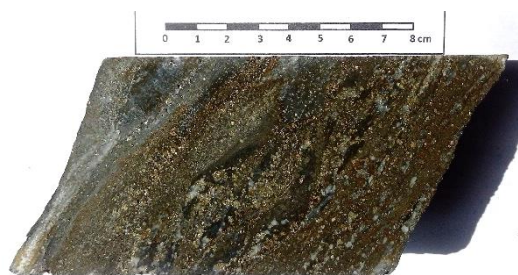


Figura 9. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN030_41,85

Roca de textura inequigranular con cristales/granos de tamaños fino a medio con mineralización de pirita subhedral y euhedral en bandas/venas y minerales ganga de cuarzo y moscovita con un grado de alteración alto a sericita. No se evidencia texturas de reemplazamiento, pero se evidencia la diferencia en tamaño y forma de la pirita, posiblemente debido a dos procesos/eventos diferentes de cristalización (ver Figura 9).

En la muestra se observan granulometrías de cristales/granos muy finos a finos, donde se observan los siguientes tamaños:

Pirita	2-1500	micras
--------	--------	--------

IN034 194,00

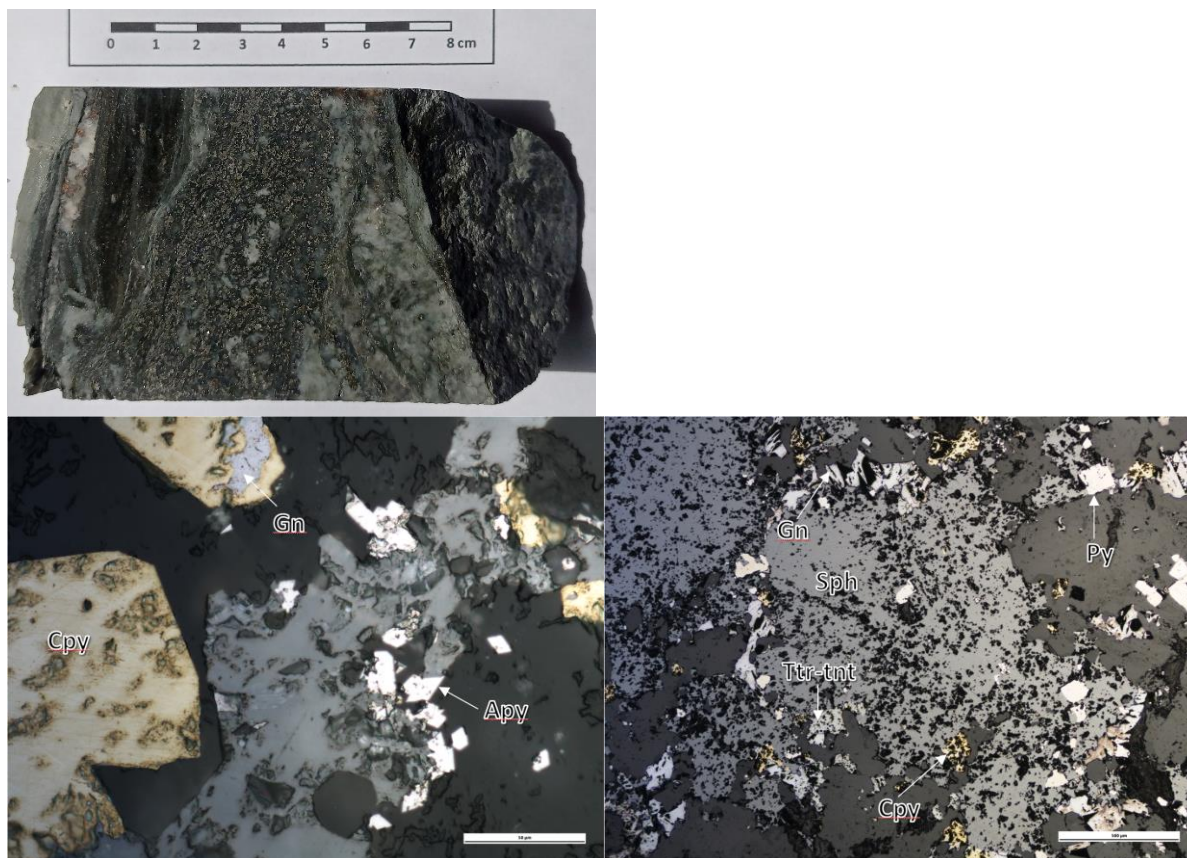


Figura 10. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN034_194.

Roca de textura inequigranular con cristales/granos de tamaños fino a medio con mineralización de pirita, esfalerita, galena, tetraedrita-tenantita, calcopirita y arsenopirita. Los minerales mena se observan subhedrales a anhedrales, con la mineralización dispuesta en bandas y parches. Los minerales ganga se componen de cuarzo y clorita. Se evidencia pirita reemplazada por esfalerita, esfalerita reemplazada por galena, galena reemplazada por tetraedrita-tenantita y calcopirita reemplazando galena y esfalerita (ver Figura 10).

En la muestra se observan granulometrías de cristales/granos muy finos a finos, donde se observan los siguientes tamaños:

Esfalerita	25-1200	micras
Pirita	10-200	micras
Calcopirita	10-300	micras
Galena	10-250	micras
Tetraedrita-tenantita	30-200	micras

IN034 195,00

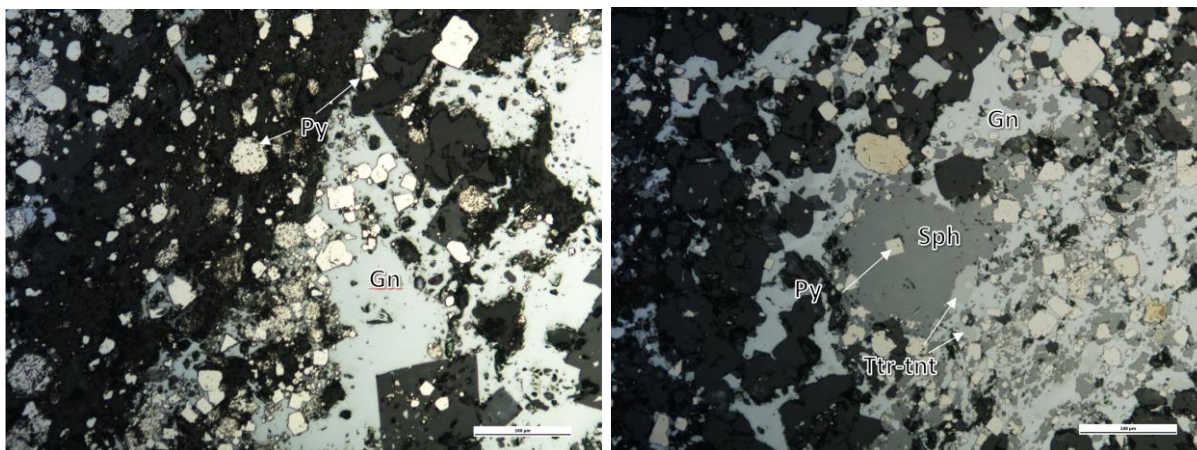


Figura 11. Muestra de mano y microfotografías de la muestra IN034_195,00.

Roca de textura inequigranular con cristales/granos de tamaños fino a medio con mineralización de pirita (framboidal y en cristales), esfalerita y tetraedrita-tenantita. Los minerales mena se observan subhedrales a anhedrales, con la mineralización dispuesta en bandas y parches. Los minerales ganga se componen de cuarzo y moscovita representando la alteración sericítica de intensidad alta. Se observa pirita de bordes corroídos, framboidal y como cristales euhedrales. Además, se puede ver el reemplazamiento de esfalerita por tetraedrita-tenantita.

En la muestra se observan granulometrías de cristales/granos muy finos a finos, donde se observan los siguientes tamaños:

Esfalerita	5-800	micras
Pirita	3-50	micras
Tetraedrita-tenantita	5-100	micras

4.2. Resultados geoquímicos de las muestras

Los resultados geoquímicos de las muestras se listan a continuación y han sido aportados por Emerita Resources, los cuales se detallan para cada muestra como sigue.

IN008

La muestra IN008 presenta un porcentaje en peso de mineral mena de 84.03% y un contenido de minerales ganga de 15.97%.

Tabla 1. Datos geoquímicos de la muestra IN008.

Ag ppm ME-ICPORE	As % ME-ICPORE	Au ppm Au-AA23	Bi % ME-ICPORE	Ca % ME-ICPORE	Cd % ME-ICPORE	Co % ME-ICPORE	Cu % ME-ICPORE	Fe % ME-ICPORE	Hg ppm ME-ICPORE
342	0.791	1.915	0.006	0.06	0.122	0.0005	4.33	4.95	1070
Mg % ME-ICPORE	Mn % ME-ICPORE	Mo % ME-ICPORE	Ni % ME-ICPORE	P % ME-ICPORE	Pb % ME-ICPORE	S % ME-ICPORE	Sb % ME-ICPORE	Tl % ME-ICPORE	Zn % ME-ICPORE
0.1	0.063	0.002	0.003	0.01	16.95	24.6	1.2	0.0025	30.7

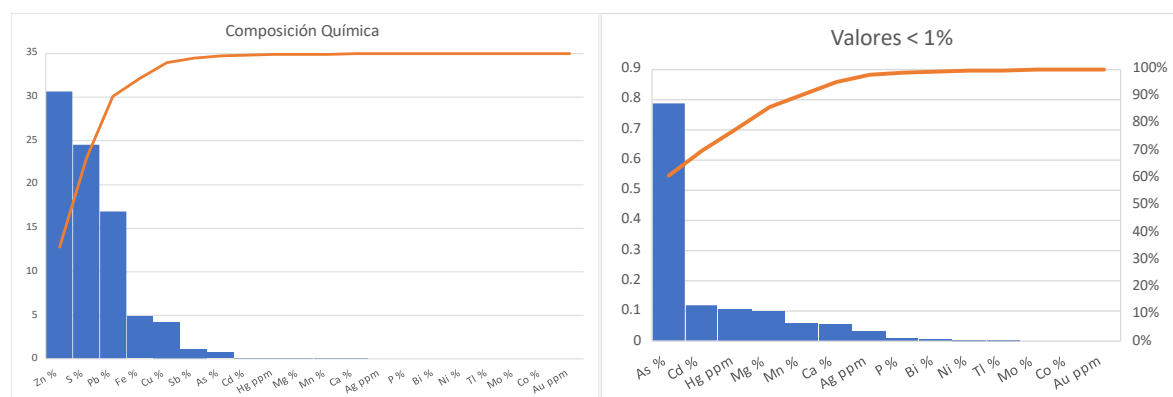


Figura 12. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN008.

IN017

La muestra IN017 presenta un porcentaje en peso de mineral mena de 62.04% y un contenido de minerales ganga de 37.96%.

Tabla 2. Datos geoquímicos de la muestra IN017.

Ag ppm ME-ICPORE	As % ME-ICPORE	Au ppm Au-AA23	Bi % ME-ICPORE	Ca % ME-ICPORE	Cd % ME-ICPORE	Co % ME-ICPORE	Cu % ME-ICPORE	Fe % ME-ICPORE	Hg ppm ME-ICPORE
245	0.229	1.04	0.0025	0.15	0.079	0.0005	2.13	6.34	674
Mg % ME-ICPORE	Mn % ME-ICPORE	Mo % ME-ICPORE	Ni % ME-ICPORE	P % ME-ICPORE	Pb % ME-ICPORE	S % ME-ICPORE	Sb % ME-ICPORE	Tl % ME-ICPORE	Zn % ME-ICPORE
0.11	0.028	0.002	0.004	0.005	9.69	19.9	1.075	0.0025	22.2

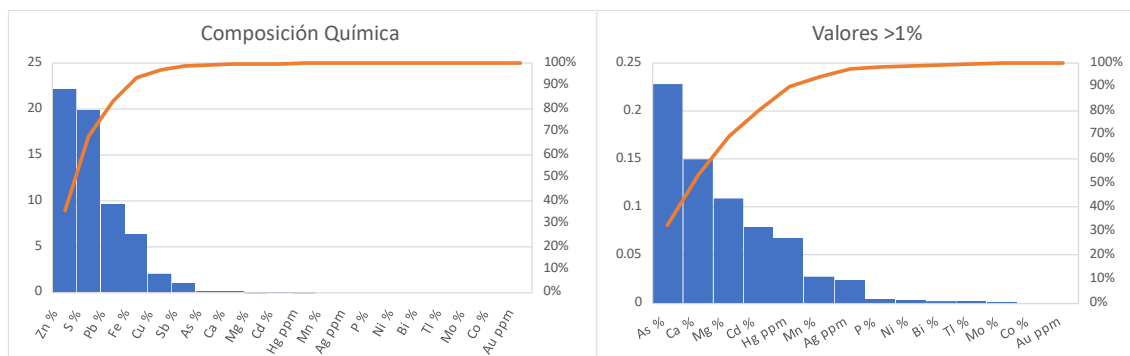


Figura 13. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN017.

IN021

La muestra IN021 presenta un porcentaje en peso de mineral mena de 40.84% y un contenido de minerales ganga de 59.16%.

Tabla 3. Datos geoquímicos de la muestra IN021.

Ag ppm ME-ICPORE	As % ME-ICPORE	Au ppm Au-AA23	Bi % ME-ICPORE	Ca % ME-ICPORE	Cd % ME-ICPORE	Co % ME-ICPORE	Cu % ME-ICPORE	Fe % ME-ICPORE	Hg ppm ME-ICPORE
22	0.52	0.109	0.0025	0.08	0.0005	0.0005	1.73	14.05	4
Mg % ME-ICPORE	Mn % ME-ICPORE	Mo % ME-ICPORE	Ni % ME-ICPORE	P % ME-ICPORE	Pb % ME-ICPORE	S % ME-ICPORE	Sb % ME-ICPORE	Tl % ME-ICPORE	Zn % ME-ICPORE
6.52	0.047	0.0005	0.0005	0.005	2.52	15.3	0.022	0.0025	0.04

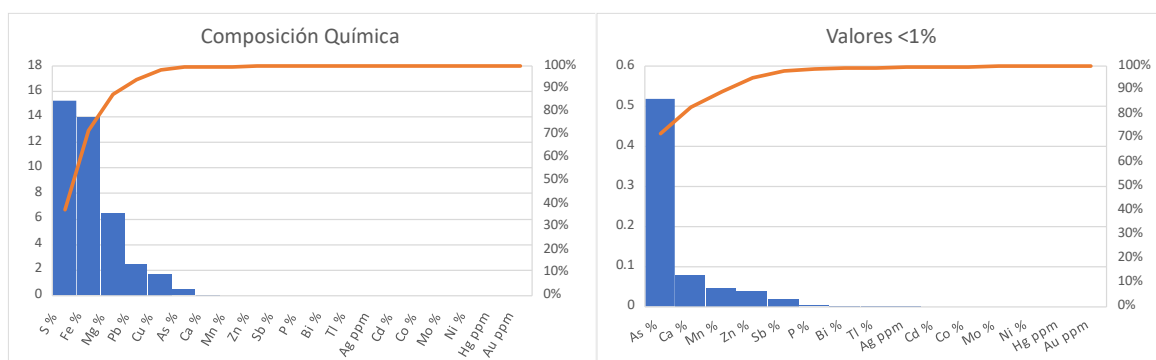


Figura 14. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN021.

IN025 80.00

La muestra IN021 80.00m presenta un porcentaje en peso de mineral mena de 62.75% y un contenido de minerales ganga de 37.25%.

Tabla 4. Datos geoquímicos de la muestra IN025_80,00.

Ag ppm ME-ICPORE	As % ME-ICPORE	Au ppm Au-AA23	Bi % ME-ICPORE	Ca % ME-ICPORE	Cd % ME-ICPORE	Co % ME-ICPORE	Cu % ME-ICPORE	Fe % ME-ICPORE	Hg ppm ME-ICPORE
277	0.712	1.28	0.0025	0.1	0.052	0.0005	2.63	5.12	455

Mg % ME-ICPORE	Mn % ME-ICPORE	Mo % ME-ICPORE	Ni % ME-ICPORE	P % ME-ICPORE	Pb % ME-ICPORE	S % ME-ICPORE	Sb % ME-ICPORE	Tl % ME-ICPORE	Zn % ME-ICPORE
0.26	0.237	0.0005	0.005	0.03	12.65	17.2	1.475	0.0025	22.2

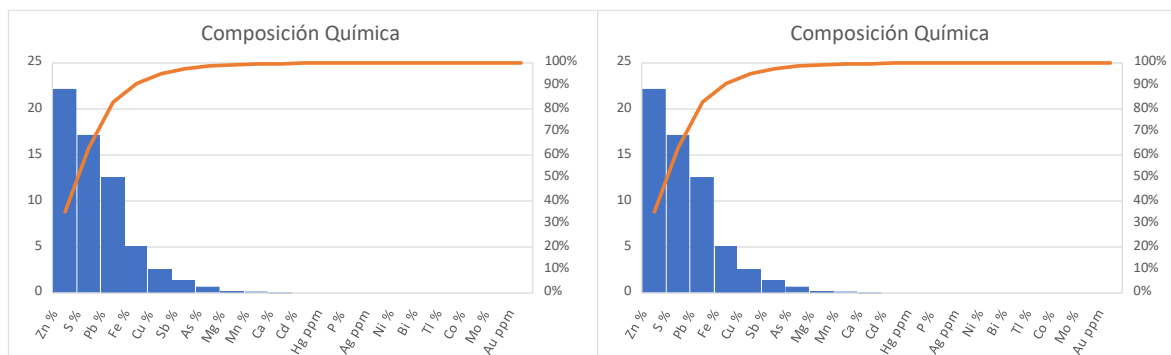


Figura 15. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN025_80,00.

IN025 84.30

La muestra IN025 84.30m presenta un porcentaje en peso de mineral mena de 14.36% y un contenido de minerales ganga de 85.64%.

Tabla 5. Datos geoquímicos de la muestra IN025_84,30.

Ag ppm ME-ICPORE	As % ME-ICPORE	Au ppm Au-AA23	Bi % ME-ICPORE	Ca % ME-ICPORE	Cd % ME-ICPORE	Co % ME-ICPORE	Cu % ME-ICPORE	Fe % ME-ICPORE	Hg ppm ME-ICPORE
203	0.211	0.548	0.0025	0.54	0.007	0.0005	0.273	2.43	104
Mg % ME-ICPORE	Mn % ME-ICPORE	Mo % ME-ICPORE	Ni % ME-ICPORE	P % ME-ICPORE	Pb % ME-ICPORE	S % ME-ICPORE	Sb % ME-ICPORE	Tl % ME-ICPORE	Zn % ME-ICPORE
0.95	0.044	0.0005	0.0005	0.01	1.44	4.62	0.332	0.0025	3.47

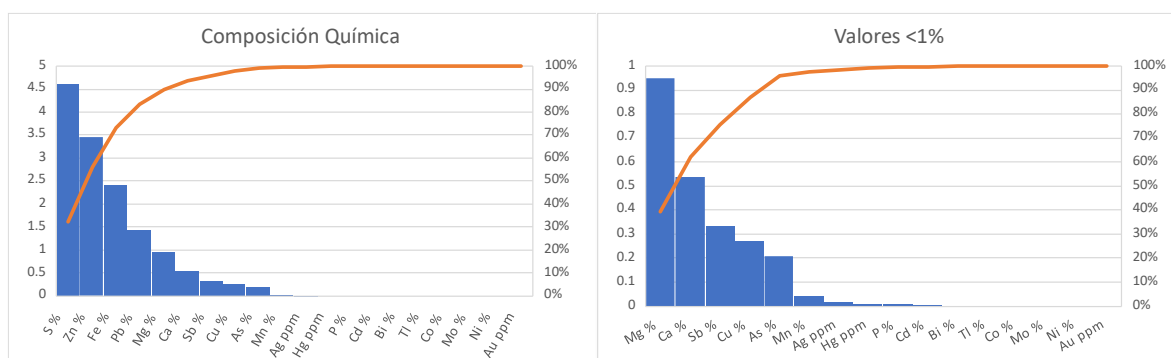


Figura 16. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN025_84,30.

IN030 41,30

La muestra IN030 41.30m presenta un porcentaje en peso de mineral mena de 50.85% y un contenido de minerales ganga de 49.15%.

Tabla 6. Datos geoquímicos de la muestra IN030_41,30.

Ag ppm ME-ICPORE	As % ME-ICPORE	Au ppm Au-AA23	Bi % ME-ICPORE	Ca % ME-ICPORE	Cd % ME-ICPORE	Co % ME-ICPORE	Cu % ME-ICPORE	Fe % ME-ICPORE	Hg ppm ME-ICPORE
9	0.948	1.615	0.0025	0.02	0.001	0.0005	0.04	23	153
Mg % ME-ICPORE	Mn % ME-ICPORE	Mo % ME-ICPORE	Ni % ME-ICPORE	P % ME-ICPORE	Pb % ME-ICPORE	S % ME-ICPORE	Sb % ME-ICPORE	Ti % ME-ICPORE	Zn % ME-ICPORE
0.2	0.017	0.005	0.005	0.005	0.04	26.4	0.028	0.024	0.099

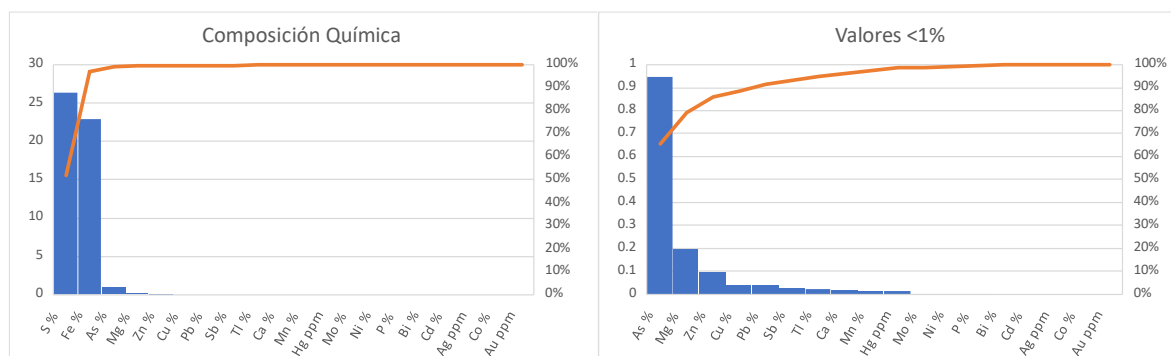


Figura 17. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN030_41,30.

IN030 41,85

La muestra IN030 41.85m presenta un porcentaje en peso de mineral mena de 36.29% y un contenido de minerales ganga de 63.71%.

Tabla 7. Datos geoquímicos de la muestra IN030_41,85.

Ag ppm ME-ICPORE	As % ME-ICPORE	Au ppm Au-AA23	Bi % ME-ICPORE	Ca % ME-ICPORE	Cd % ME-ICPORE	Co % ME-ICPORE	Cu % ME-ICPORE	Fe % ME-ICPORE	Hg ppm ME-ICPORE
3	0.406	0.347	0.0025	0.02	0.0005	0.0005	0.018	16.4	67
Mg % ME-ICPORE	Mn % ME-ICPORE	Mo % ME-ICPORE	Ni % ME-ICPORE	P % ME-ICPORE	Pb % ME-ICPORE	S % ME-ICPORE	Sb % ME-ICPORE	Ti % ME-ICPORE	Zn % ME-ICPORE
0.62	0.019	0.002	0.002	0.005	0.019	18.7	0.011	0.01	0.043

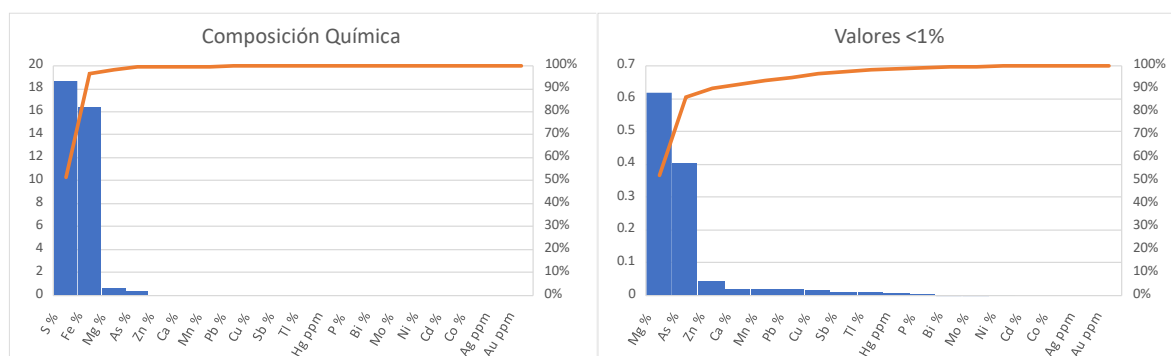


Figura 18. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN030_41,85.

IN034 194,00

La muestra IN034 194.0m presenta un porcentaje en peso de mineral mena de 19.71% y un contenido de minerales ganga de 80.29%.

Tabla 8. Datos geoquímicos de la muestra IN034_194,00.

Ag ppm ME-ICPORE	As % ME-ICPORE	Au ppm Au-AA23	Bi % ME-ICPORE	Ca % ME-ICPORE	Cd % ME-ICPORE	Co % ME-ICPORE	Cu % ME-ICPORE	Fe % ME-ICPORE	Hg ppm ME-ICPORE
307	0.047	1.94	0.0025	1.22	0.007	0.001	0.47	4.45	347
Mg % ME-ICPORE	Mn % ME-ICPORE	Mo % ME-ICPORE	Ni % ME-ICPORE	P % ME-ICPORE	Pb % ME-ICPORE	S % ME-ICPORE	Sb % ME-ICPORE	Tl % ME-ICPORE	Zn % ME-ICPORE
1.19	0.111	0.0005	0.01	0.03	1.985	6.39	1.635	0.0025	2.09

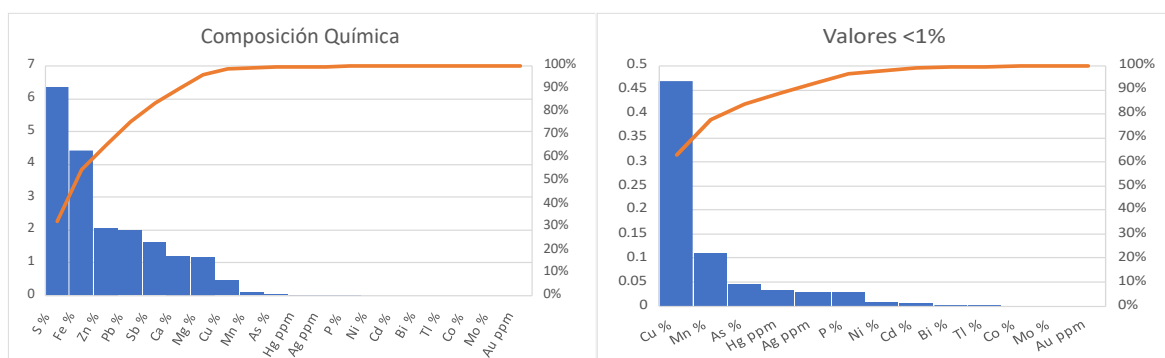


Figura 19. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN034_194,00.

IN034 195,00

La muestra IN034 195.00m presenta un porcentaje en peso de mineral mena de 19.71% y un contenido de minerales ganga de 80.29%.

Tabla 9. Datos geoquímicos de la muestra IN034_195,00.

Ag ppm ME-ICPORE	As % ME-ICPORE	Au ppm Au-AA23	Bi % ME-ICPORE	Ca % ME-ICPORE	Cd % ME-ICPORE	Co % ME-ICPORE	Cu % ME-ICPORE	Fe % ME-ICPORE	Hg ppm ME-ICPORE
9	0.042	0.19	0.0025	0.36	0.003	0.0005	0.179	5.99	49
Mg % ME-ICPORE	Mn % ME-ICPORE	Mo % ME-ICPORE	Ni % ME-ICPORE	P % ME-ICPORE	Pb % ME-ICPORE	S % ME-ICPORE	Sb % ME-ICPORE	Tl % ME-ICPORE	Zn % ME-ICPORE
4.44	0.069	0.0005	0.001	0.01	0.411	6.36	0.047	0.006	0.679

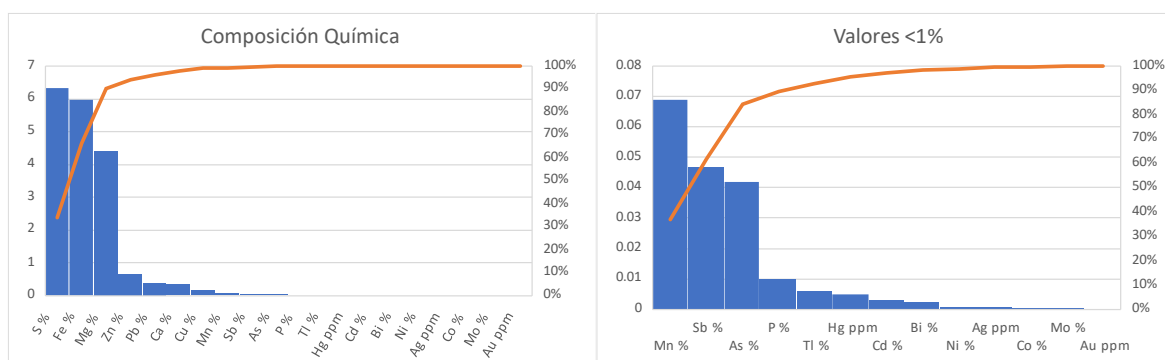


Figura 20. Gráficos de barras de los resultados geoquímicos de la muestra IN034_195,00.

4.2.1. Correlación de los resultados geoquímicos

Para el análisis de los datos se grafican los datos según las relaciones de interés por ejemplo Au/Ag. Para esto se usan los datos originales del Anexo 1, y utilizando gráficos de dispersión, se analiza la relación entre los datos según el coeficiente de correlación de Pearson “r” basados en el trabajo Mindrila & Balentyne (2017). Debido a que en los gráficos de dispersión no se expresa “r” sino “R²”, se analizan los valores de “R²” según la Tabla 10.

Tabla 10. Valores de R² utilizados para la correlación de las relaciones entre datos.

Valor absoluto de R ²	Fuerza o relación
<0.09	Muy débil
0.09 < R ² < 0.25	Débil
0.25 < R ² < 0.49	Moderado
R ² > 0.49	Fuerte

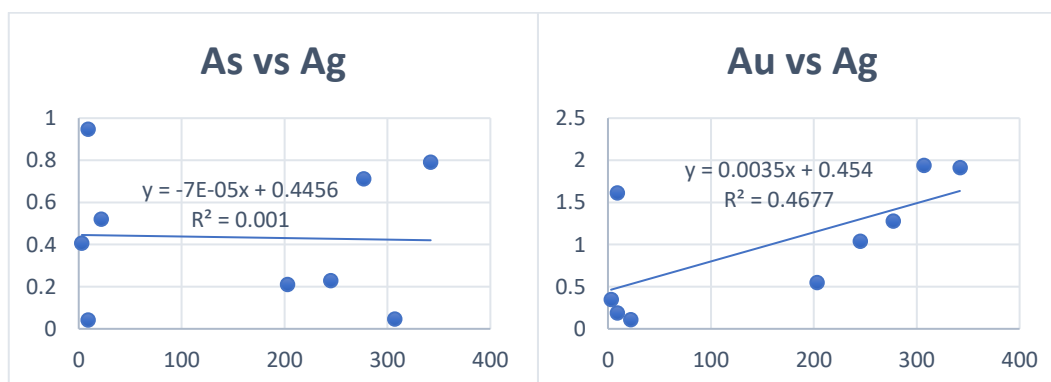
Mientras se van graficando los datos, se deja sin graficar los datos ya relacionados con el fin de evitar la redundancia de los gráficos. En las tablas donde se refiere a la relación entre los datos se evita la redundancia de la información de la misma manera que las gráficas.

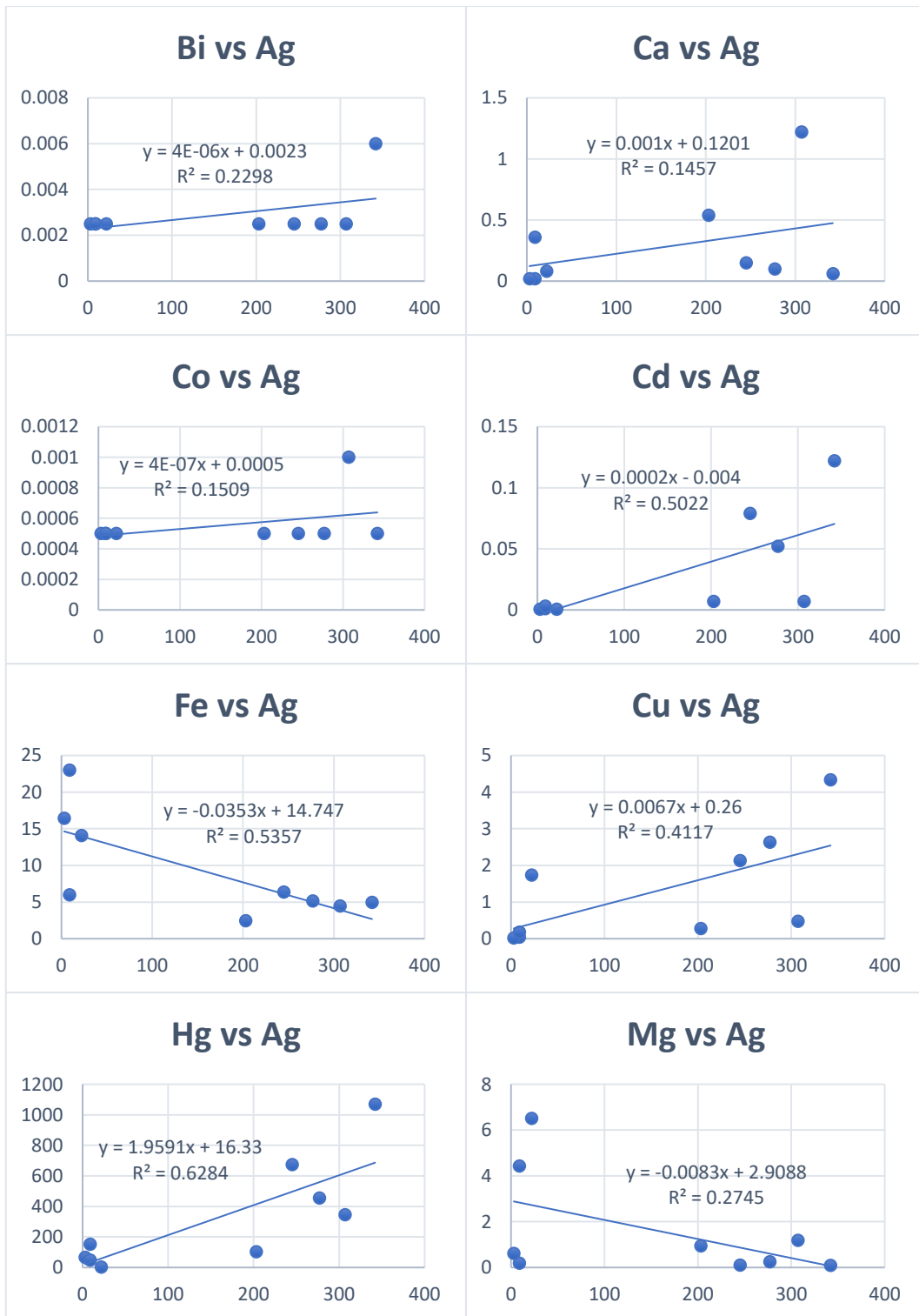
Correlación respecto a Ag

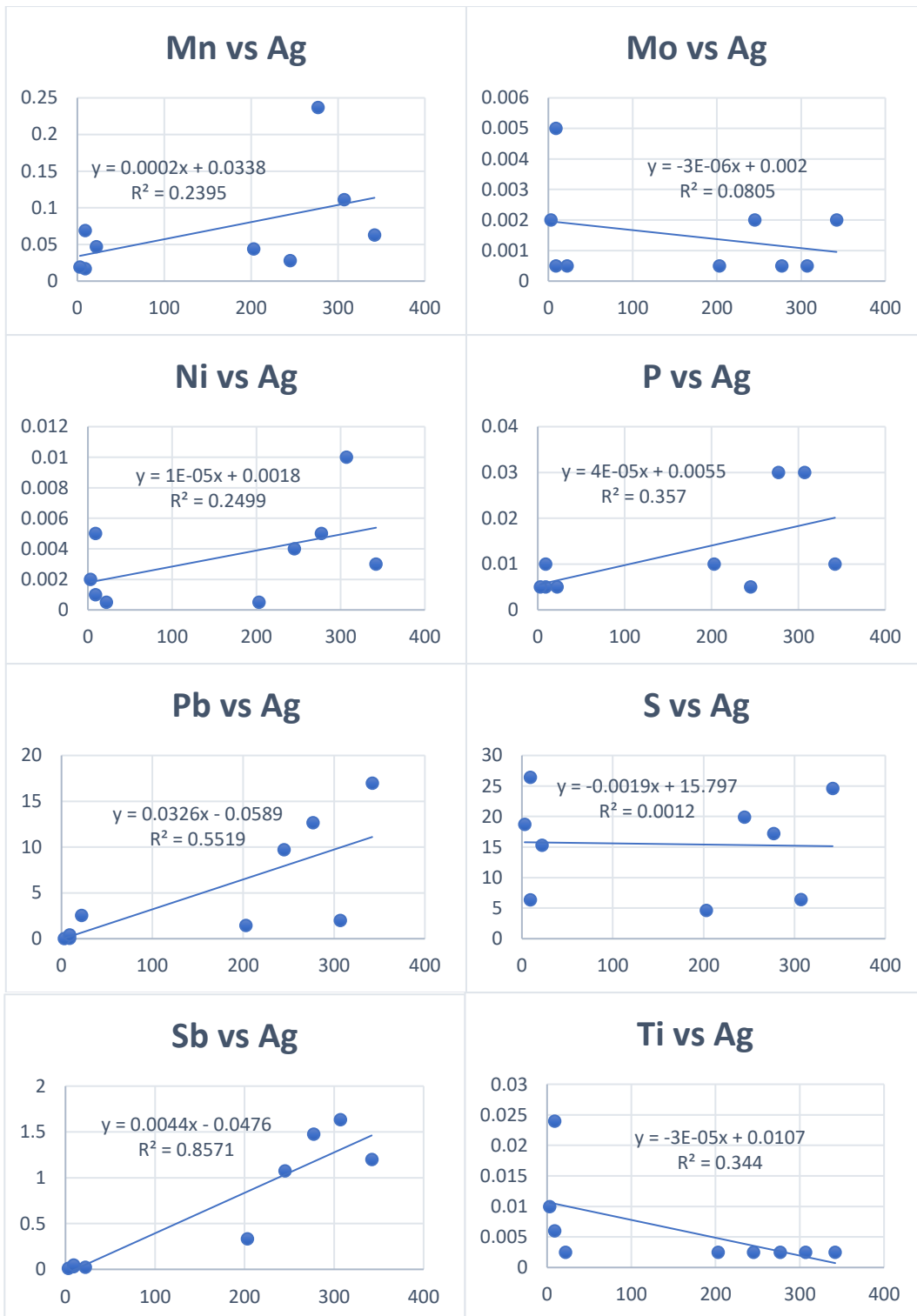
Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación a la Plata, y como resultado de la observación y el análisis de los datos, se listan los elementos que mantienen una relación fuerte y moderada.

Tabla 11. Relación de elementos respecto a Ag.

Elemento	Relación	Elemento	Relación
Au	Moderada	Mg	Moderado negativa
Cd	Fuerte	P	Moderado
Cu	Moderada	Pb	Fuerte
Fe	Fuerte negativa	Sb	Fuerte
Hg	Fuerte	Zn	Fuerte







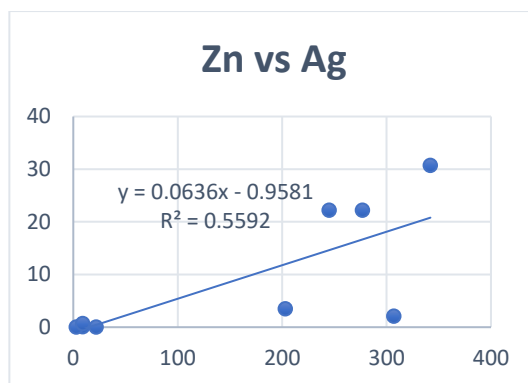


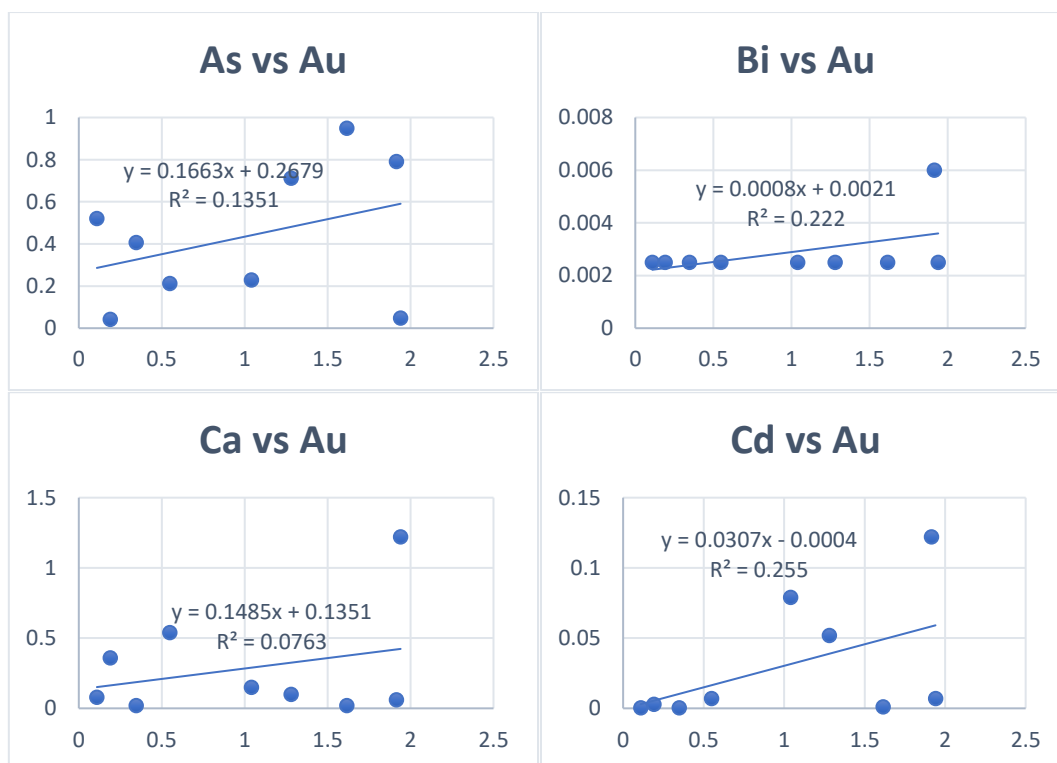
Figura 21. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Ag.

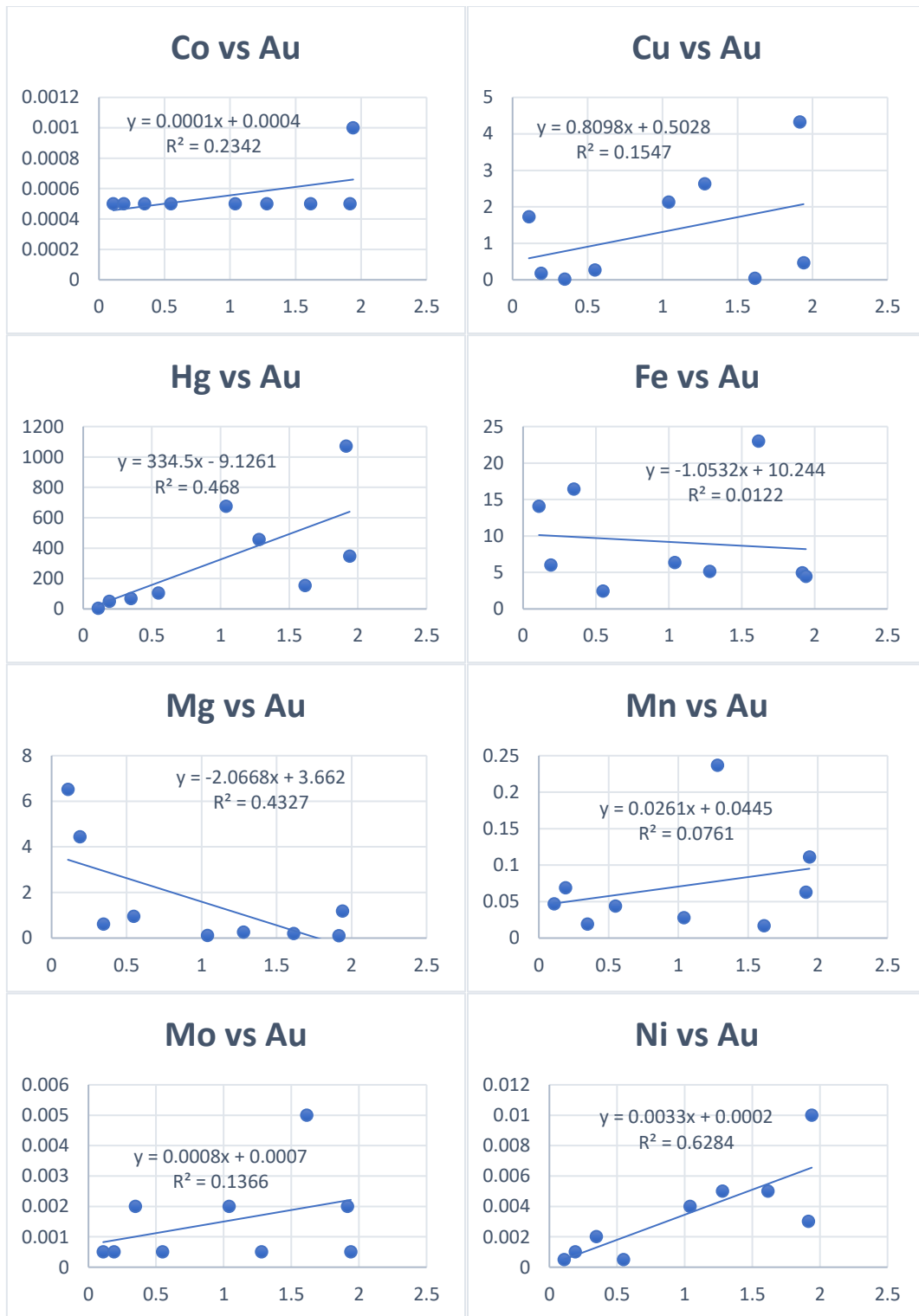
Correlación respecto a Au

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al oro, y como resultado de la observación y el análisis de los datos, se listan los elementos que mantienen una relación fuerte y moderada.

Tabla 12. Relación de elementos respecto a Au.

Elemento	Relación	Elemento	Relación
Cd	Moderada	Ni	Fuerte
Hg	Moderada	Sb	Fuerte
Mg	Moderada negativa		





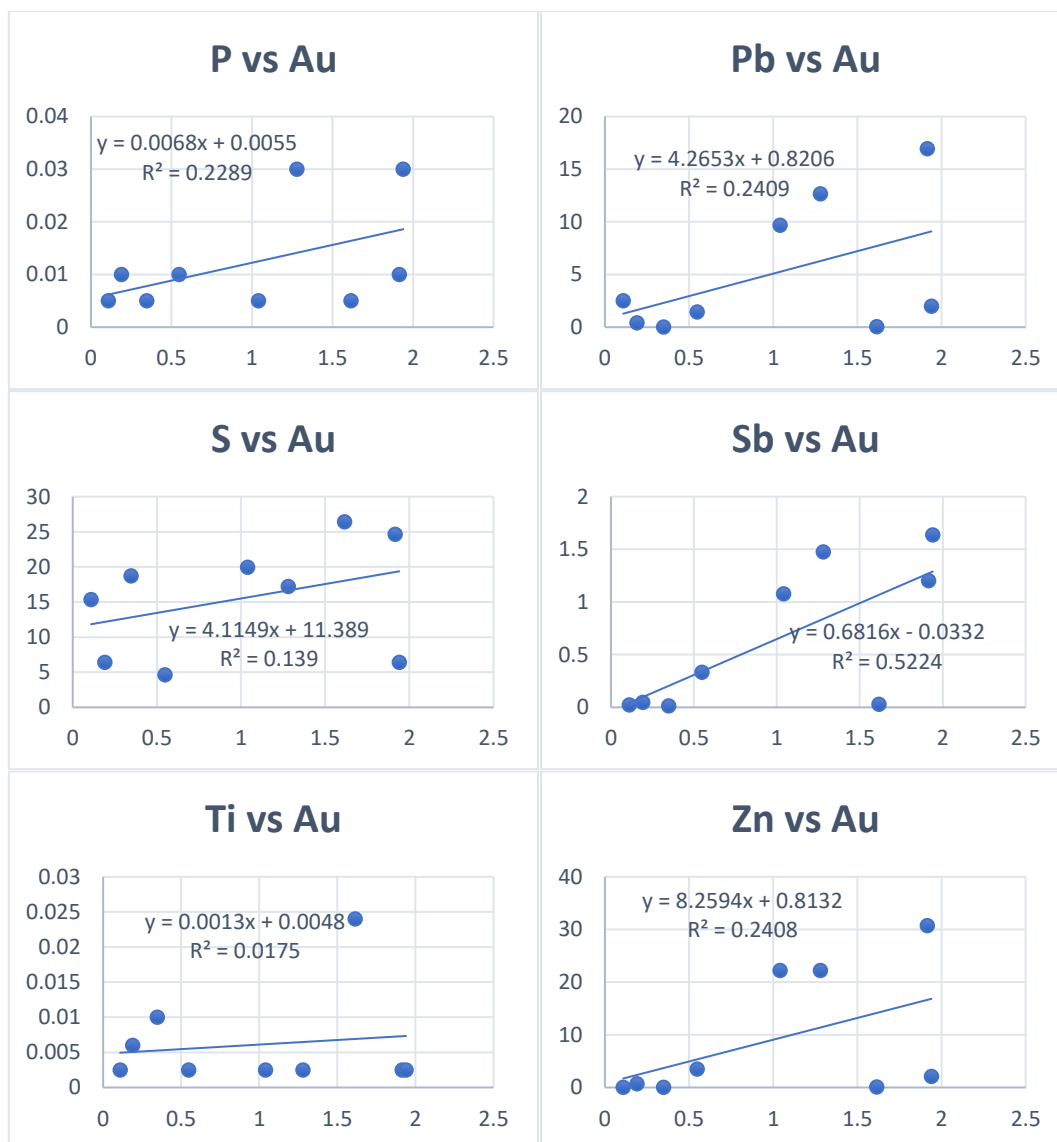


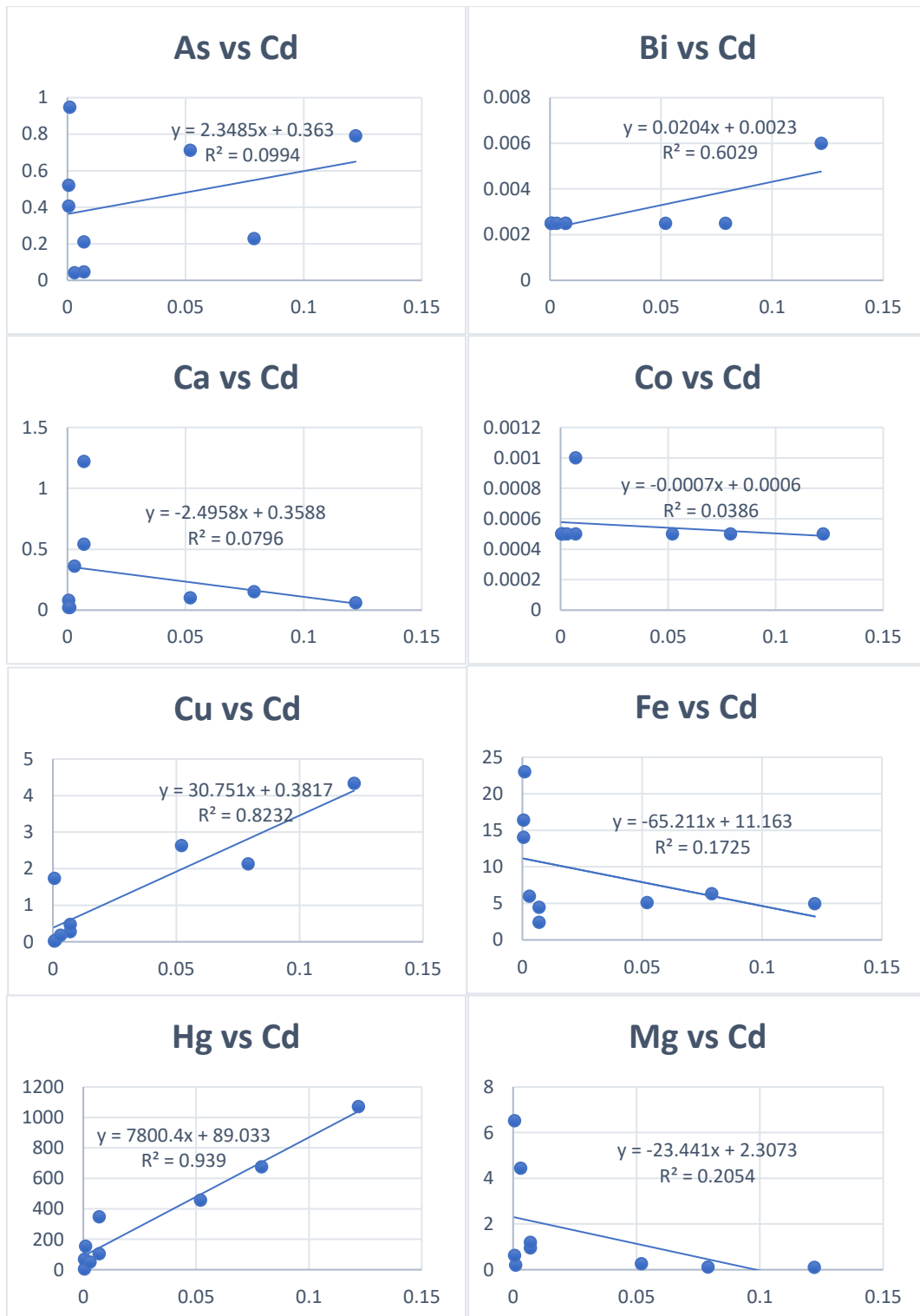
Figura 22. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Au.

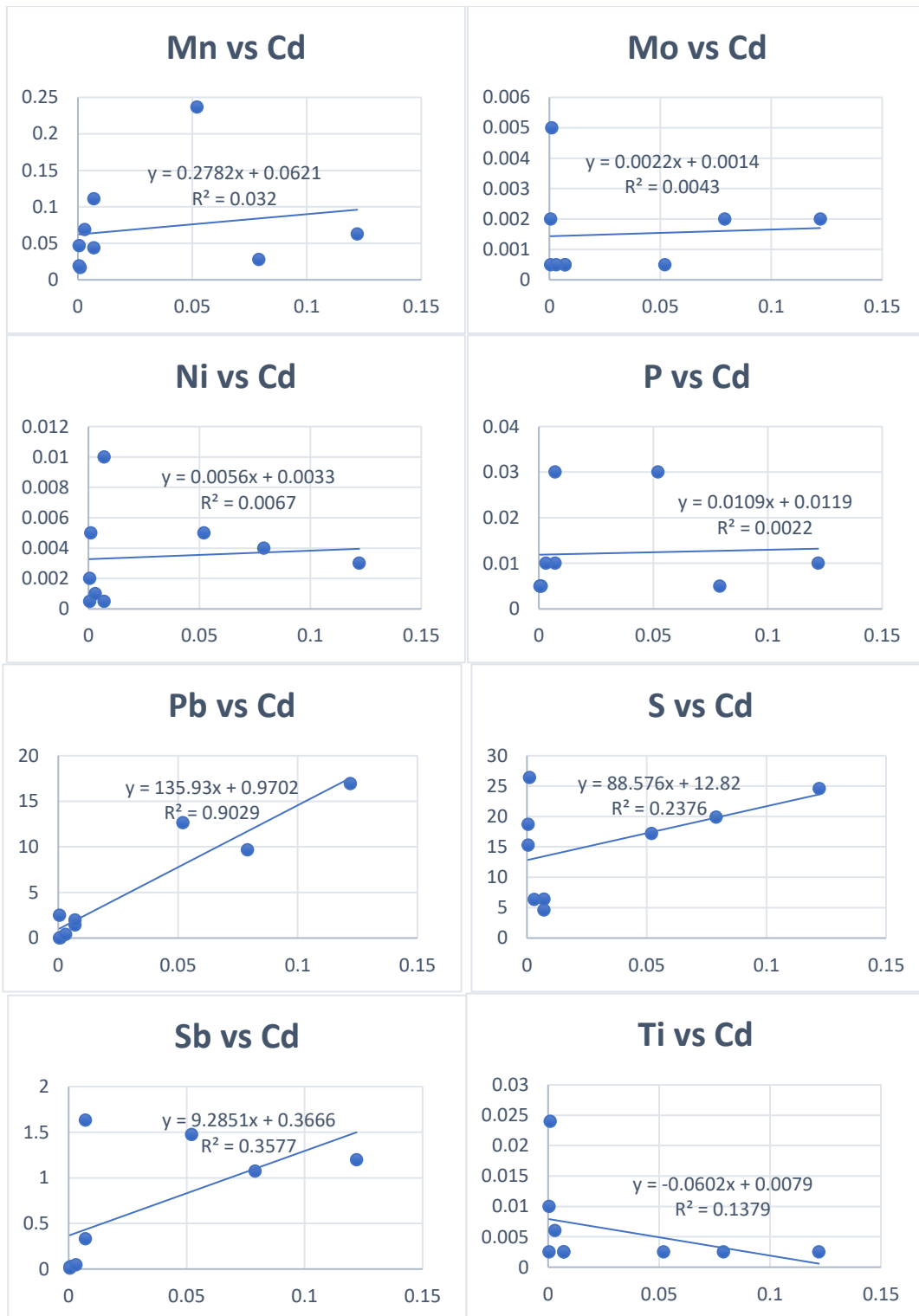
Correlación respecto a Cd

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Cadmio, y como resultado de la observación y el análisis de los datos, se listan los elementos que mantienen una relación fuerte y moderada.

Tabla 13. Relación de elementos respecto a Cd.

Elemento	Relación	Elemento	Relación
Bi	Fuerte	Pb	Fuerte
Cu	Fuerte	Sb	Moderado
Hg	Fuerte	Zn	Fuerte





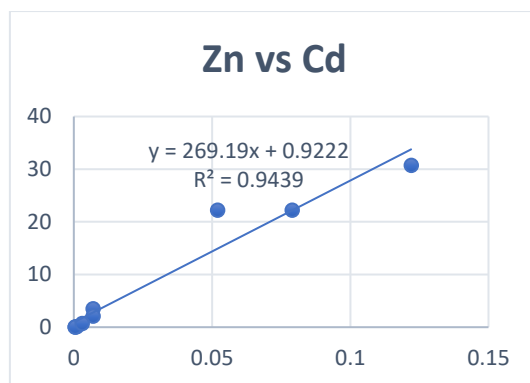


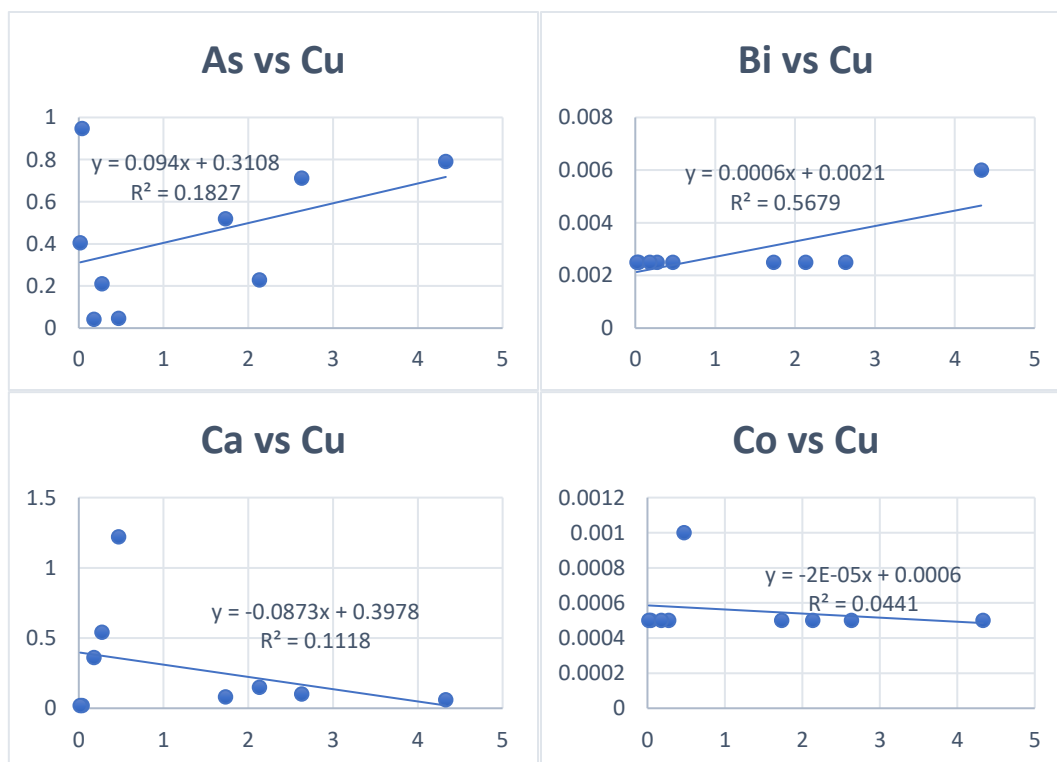
Figura 23. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Cd.

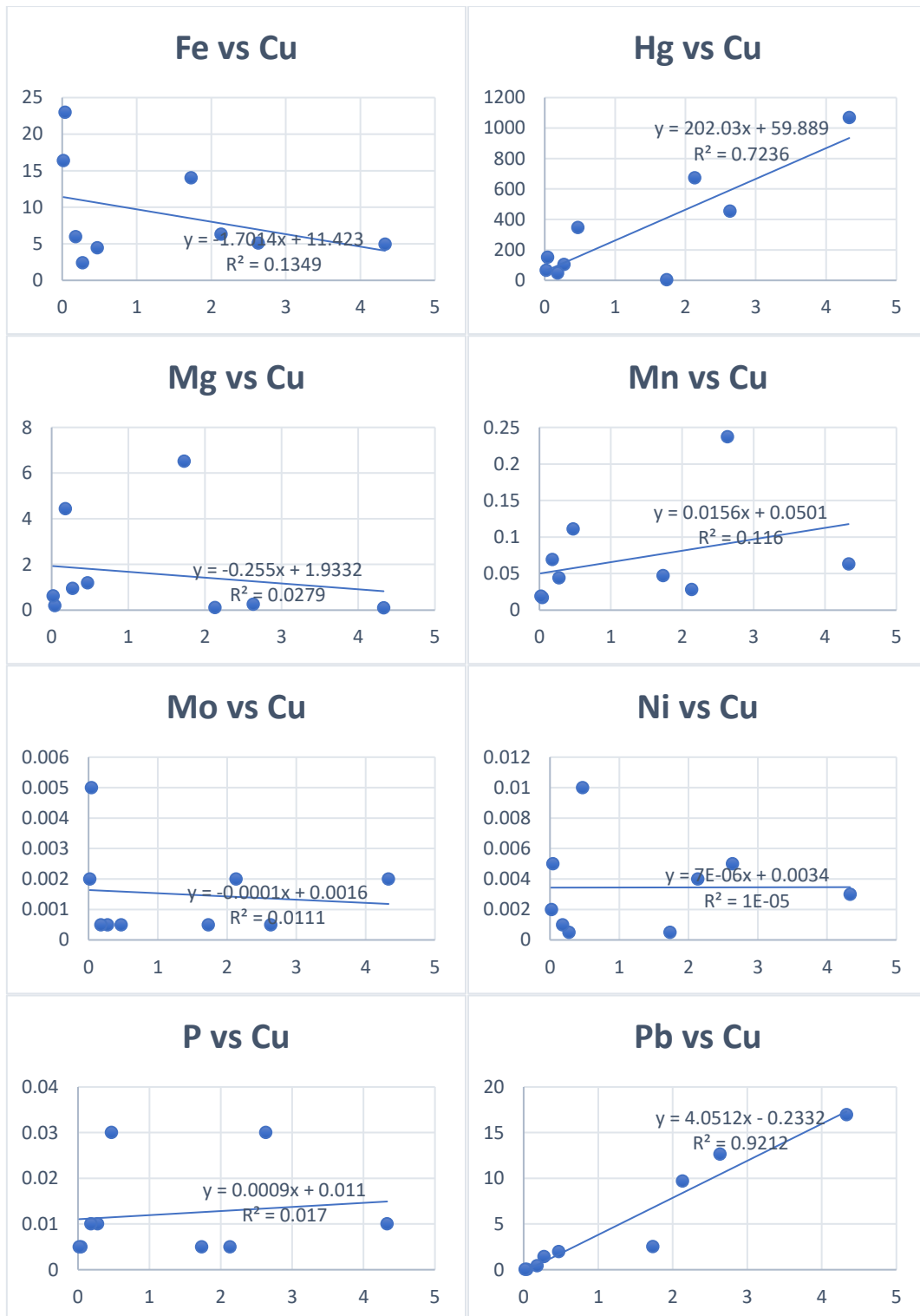
Correlación respecto a Cu

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Cobre, y como resultado de la observación y el análisis de los datos, se listan los elementos que mantienen una relación fuerte y moderada.

Tabla 14. Relación de elementos respecto a Cu.

Elemento	Relación	Elemento	Relación
Bi	Fuerte	Sb	Moderado
Hg	Fuerte	Zn	Fuerte
Pb	Fuerte		





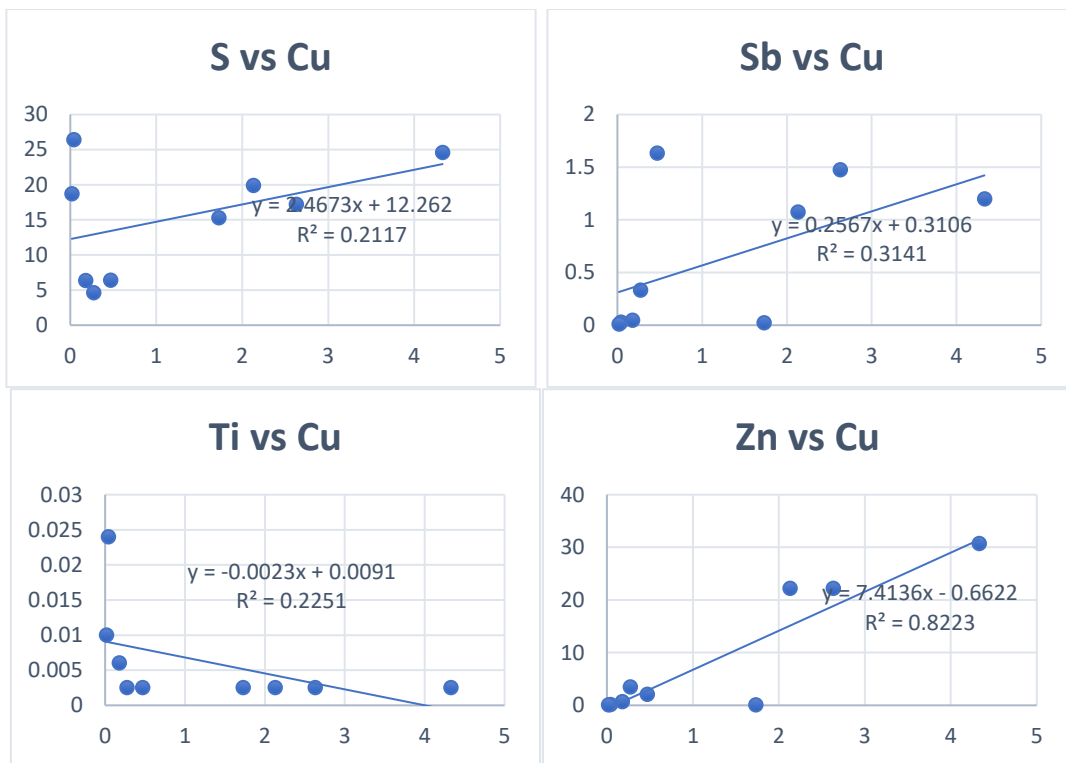


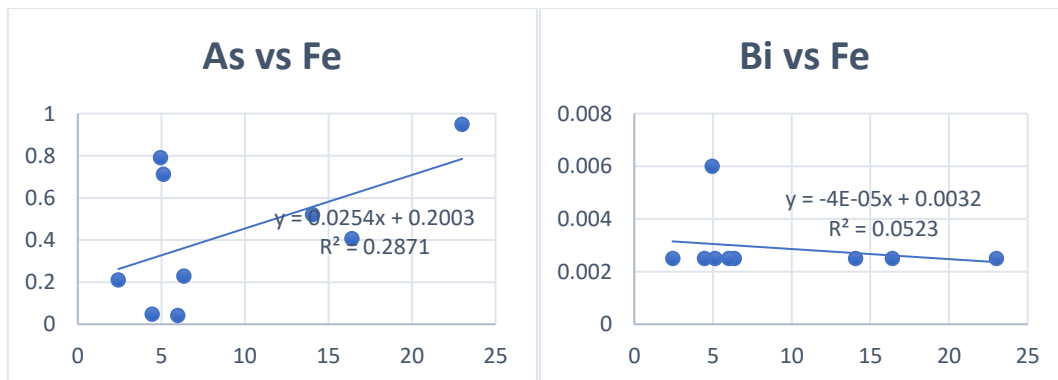
Figura 24. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Cu.

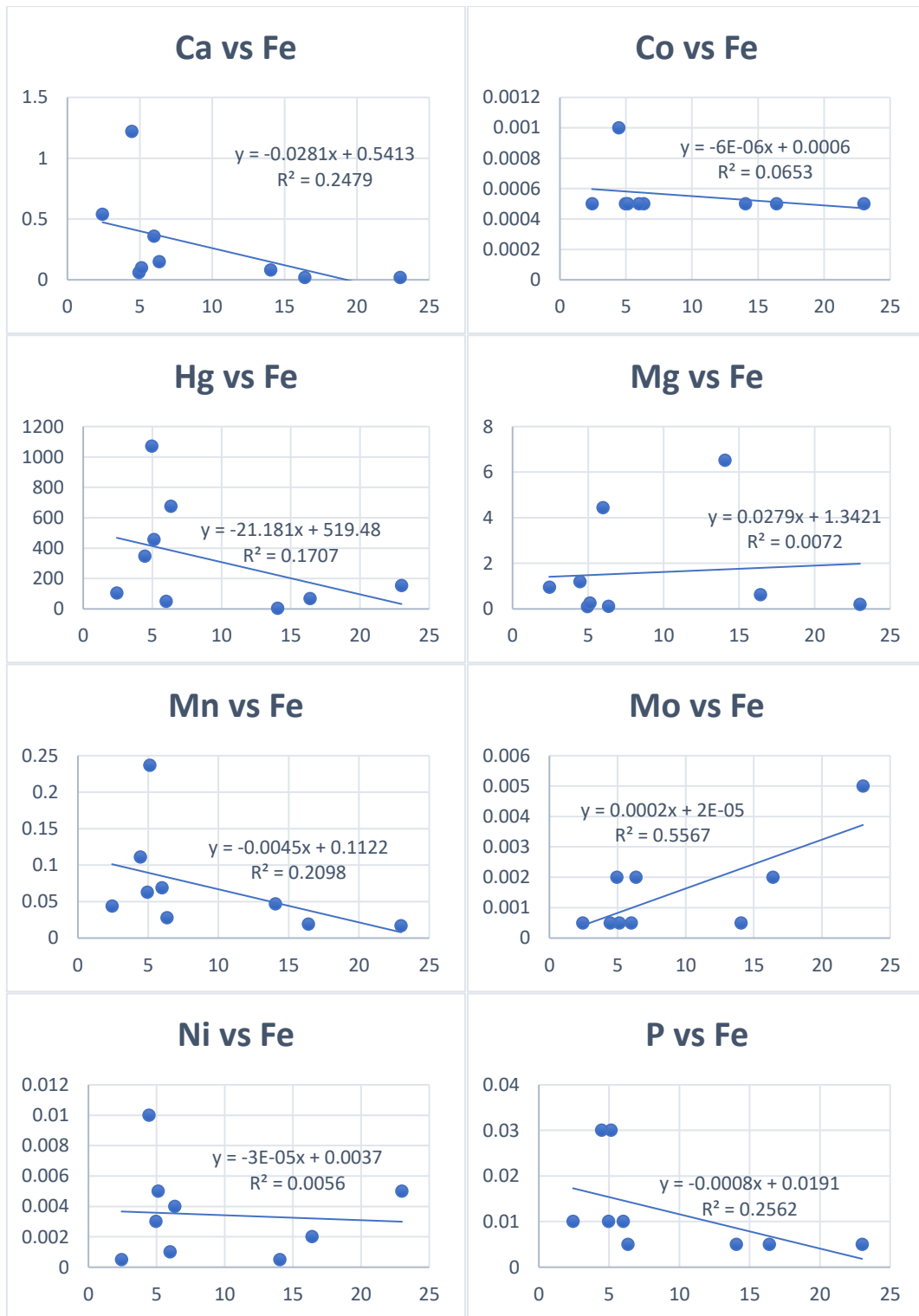
Correlación respecto a Fe

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Hierro, y como resultado de la observación y el análisis de los datos, se listan los elementos que mantienen una relación fuerte y moderada.

Tabla 15. Relación de elementos respecto a Fe.

Elemento	Relación	Elemento	Relación
Mo	Fuerte	Sb	Moderada negativa
P	Moderada negativa	Ti	Fuerte
S	Moderado		





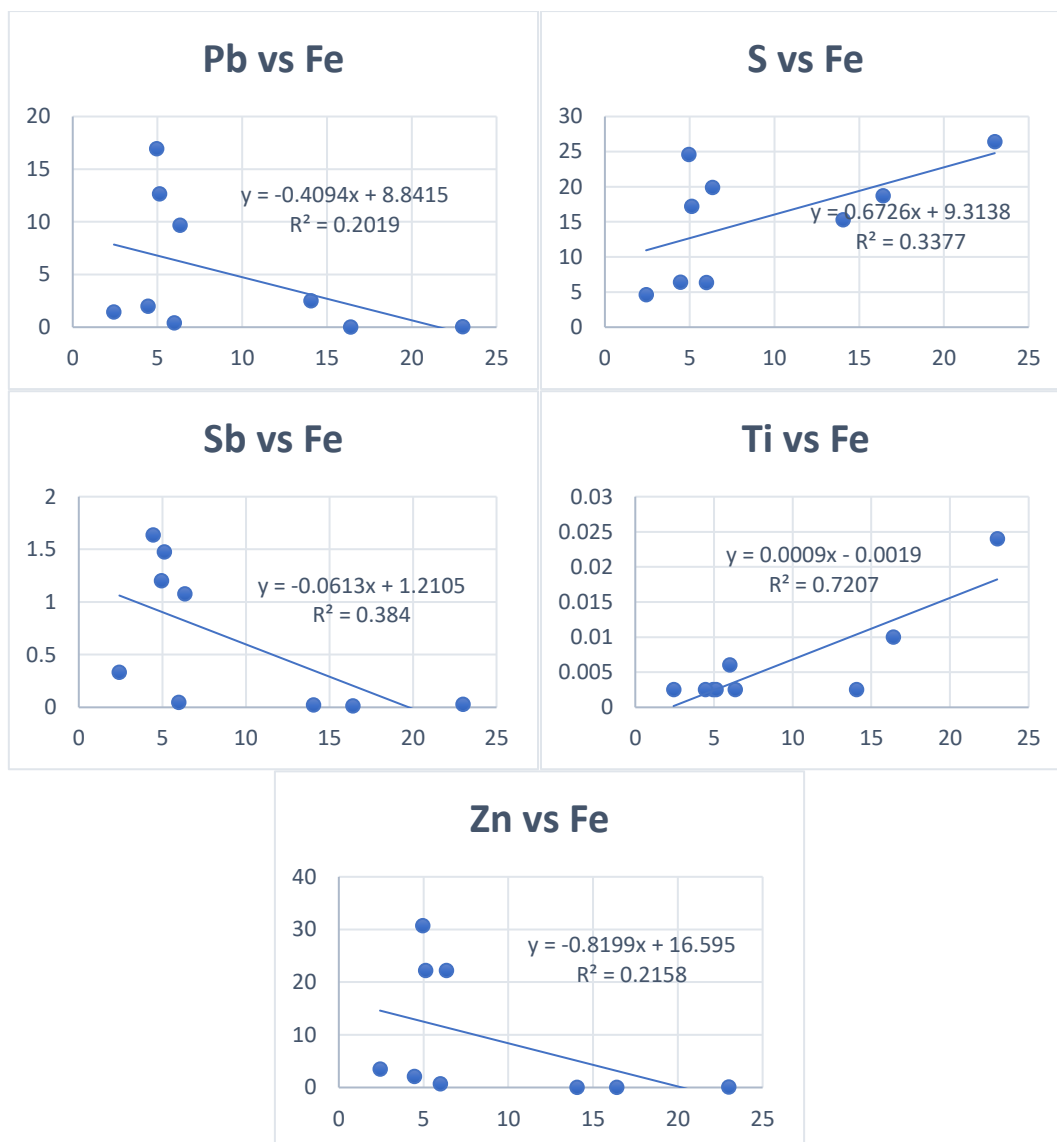


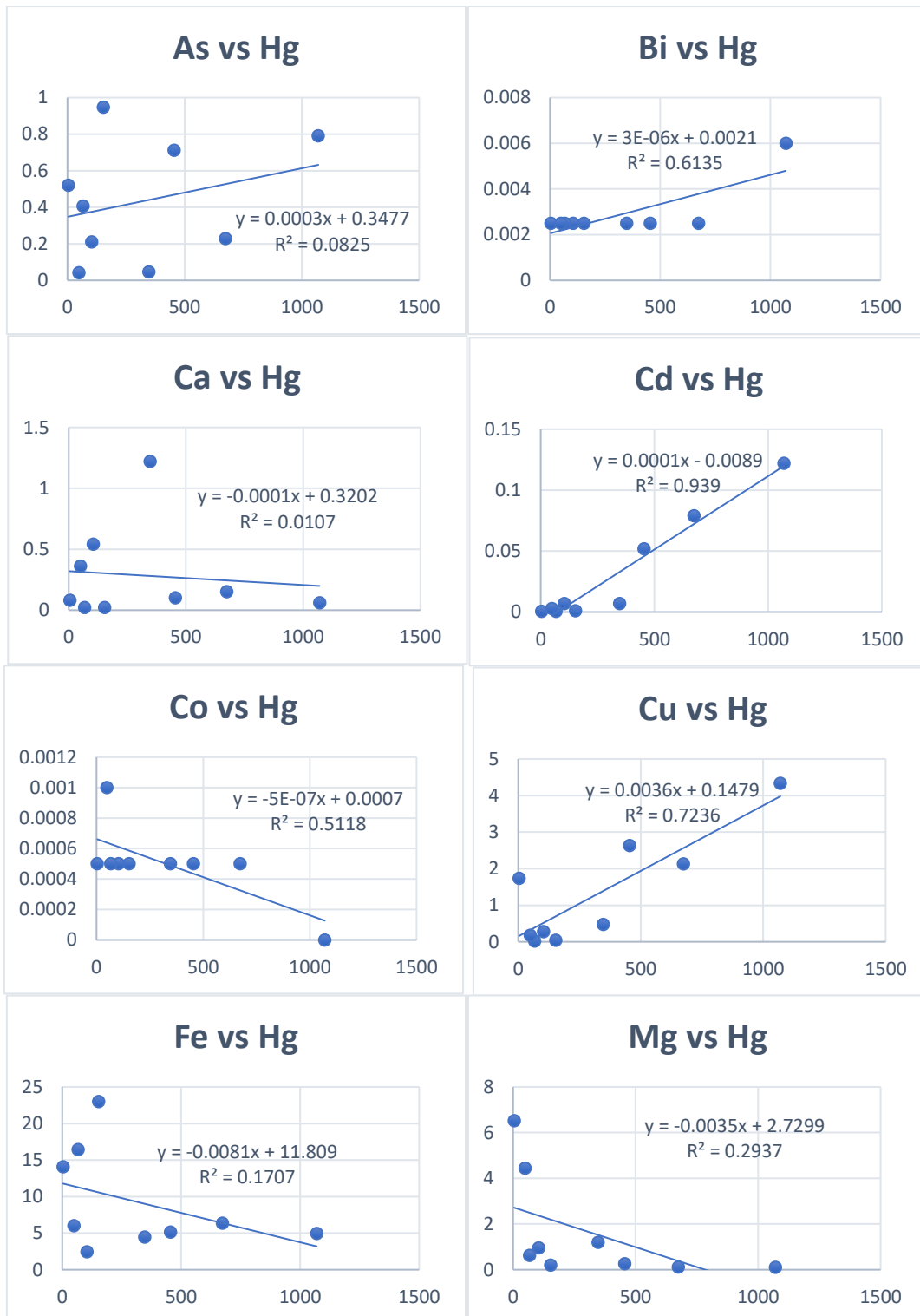
Figura 25. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Fe.

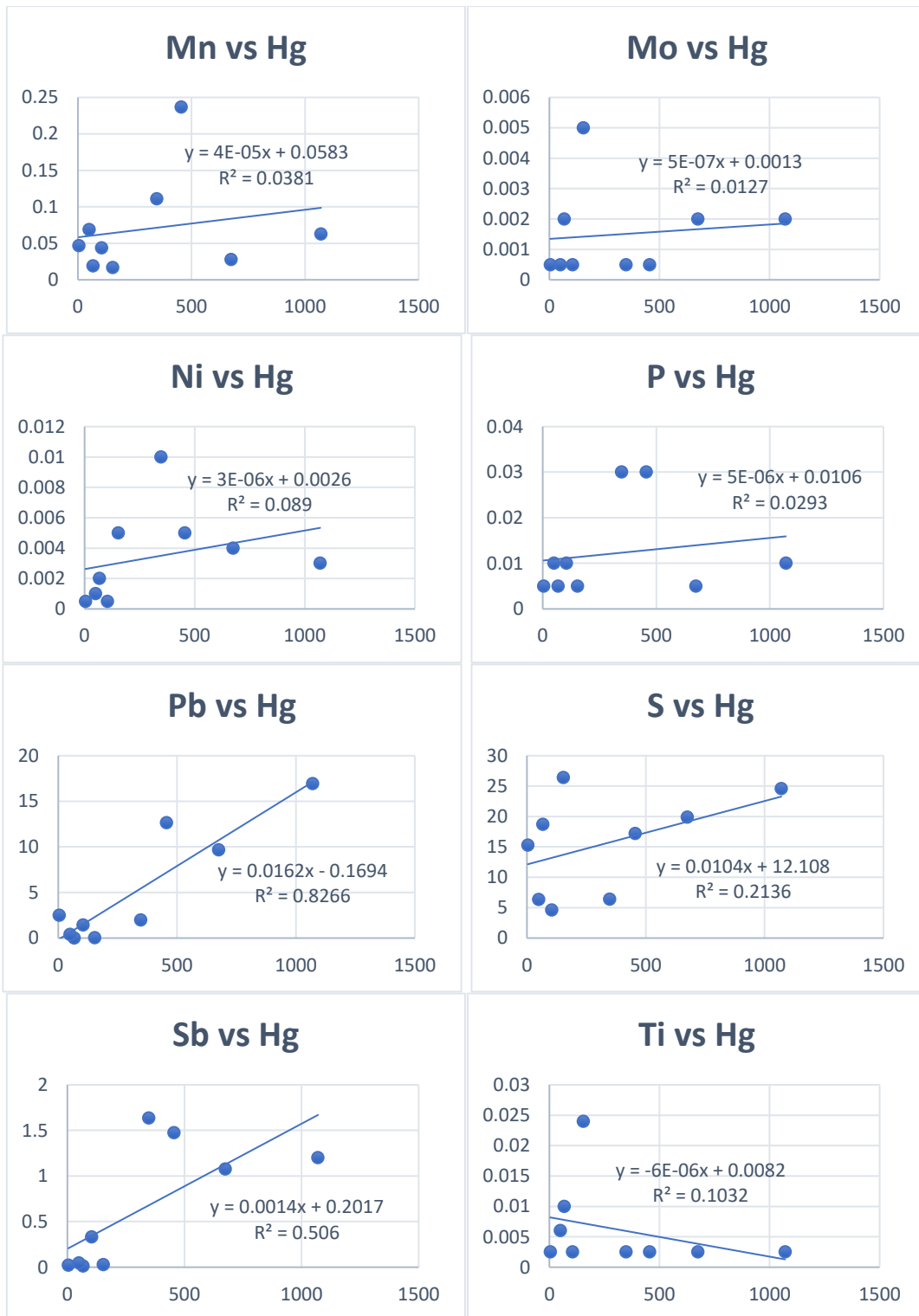
Correlación respecto a Hg

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Mercurio, y como resultado de la observación y el análisis de los datos, se listan los elementos que mantienen una relación fuerte y moderada.

Tabla 16. Relación de elementos respecto a Hg.

Elemento	Relación	Elemento	Relación
Bi	Fuerte	Mg	Moderado Negativo
Cd	Fuerte	Pb	Fuerte
Co	Fuerte Negativo	Sb	Fuerte
Cu	Fuerte	Zn	Fuerte





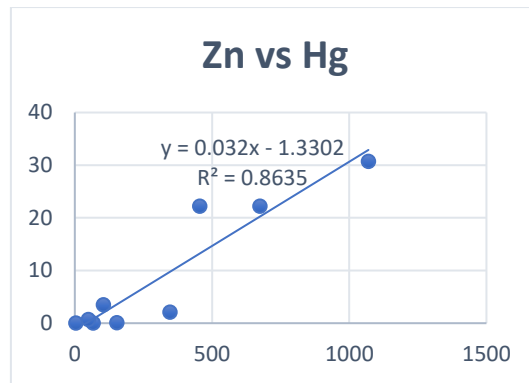
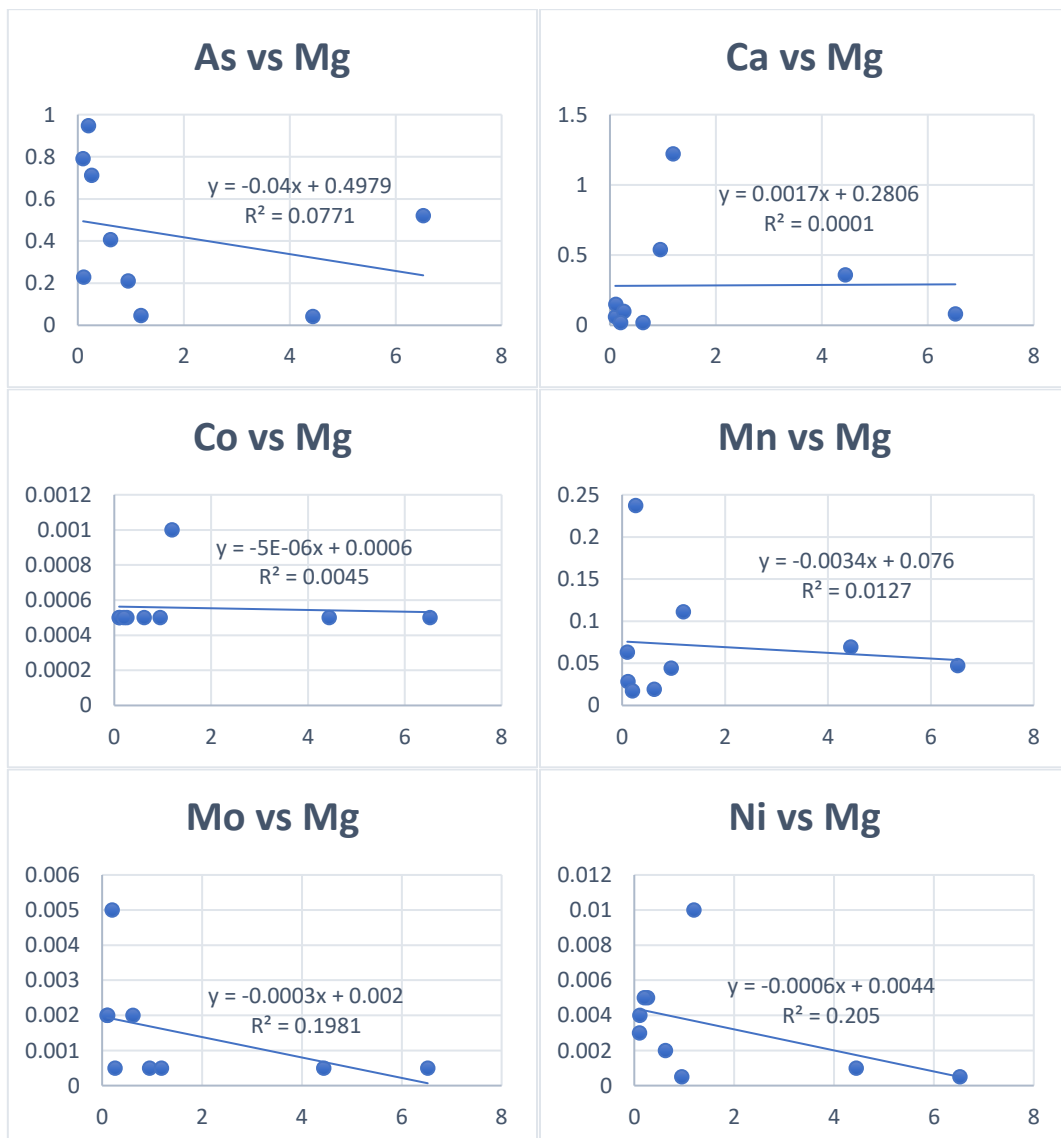


Figura 26. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Hg.

Correlación respecto a Mg

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Magnesio. Los gráficos que presentan una relación fuerte y/o moderada ya se han mostrado más arriba.



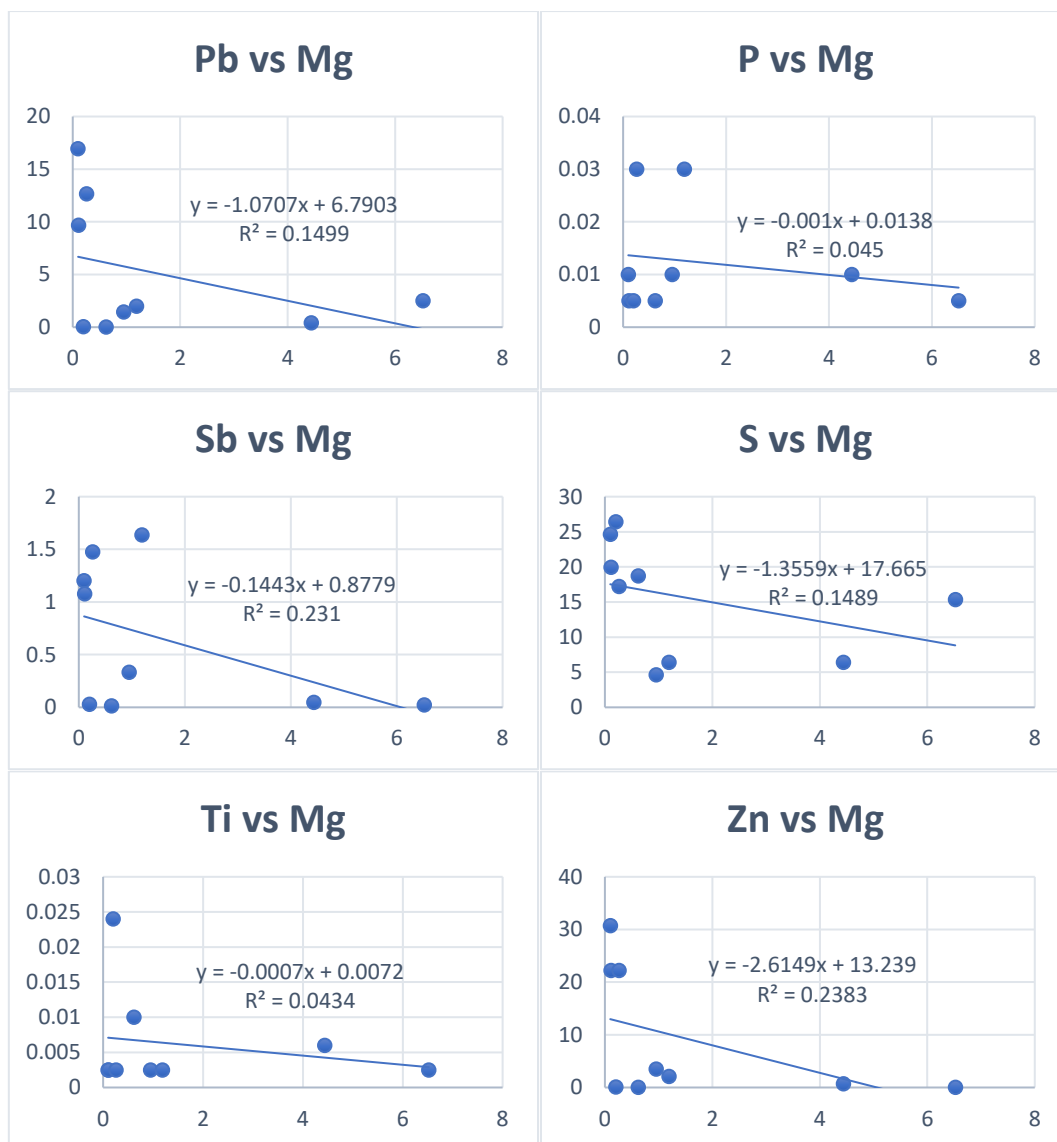


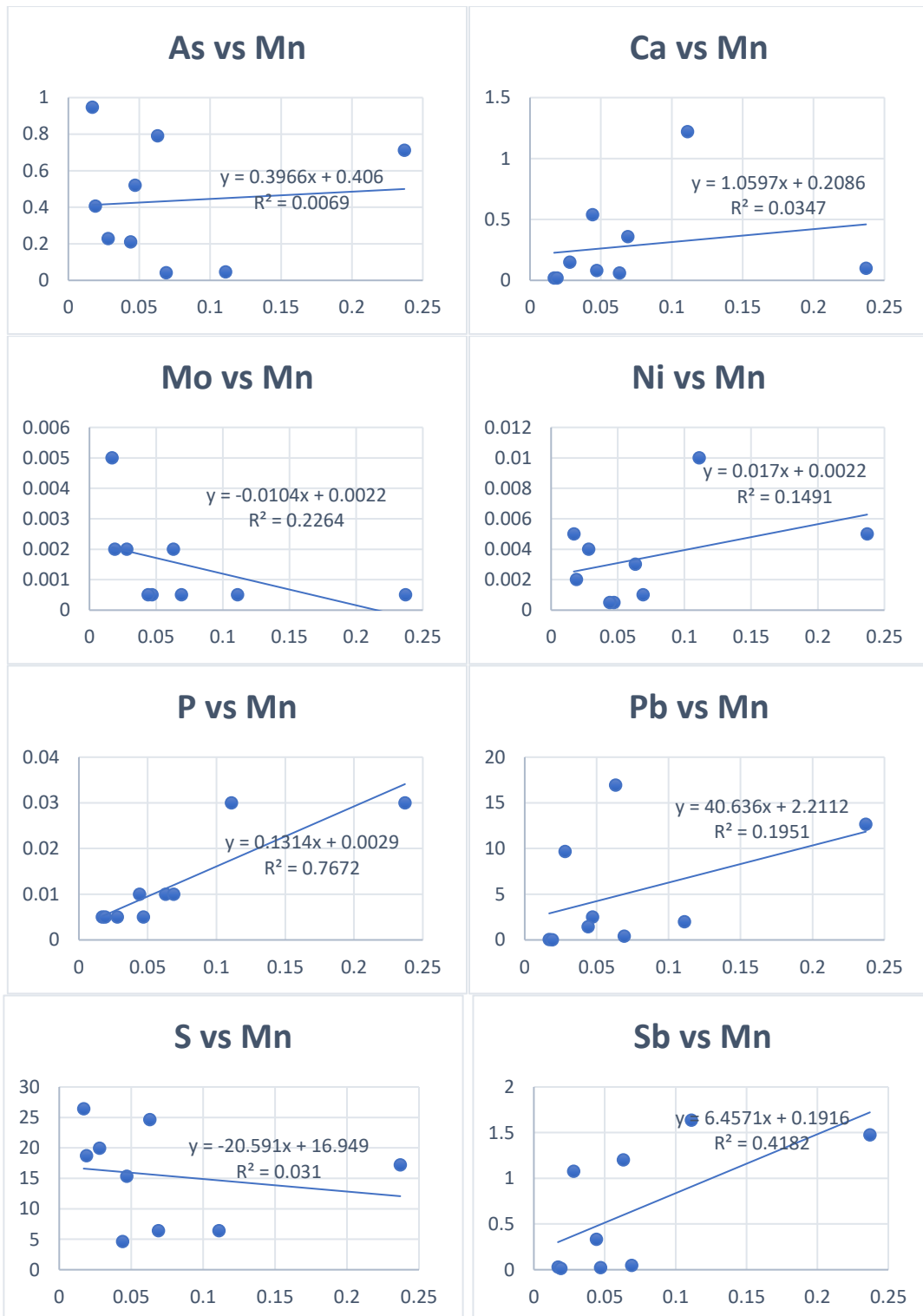
Figura 27. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Mg.

Correlación respecto a Mn

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Manganeso, y como resultado de la observación y el análisis de los datos, se listan los elementos que mantienen una relación fuerte y moderada.

Tabla 17. Relación de elementos respecto a Mn.

Elemento	Relación	Elemento	Relación
P	Fuerte	Sb	Moderado



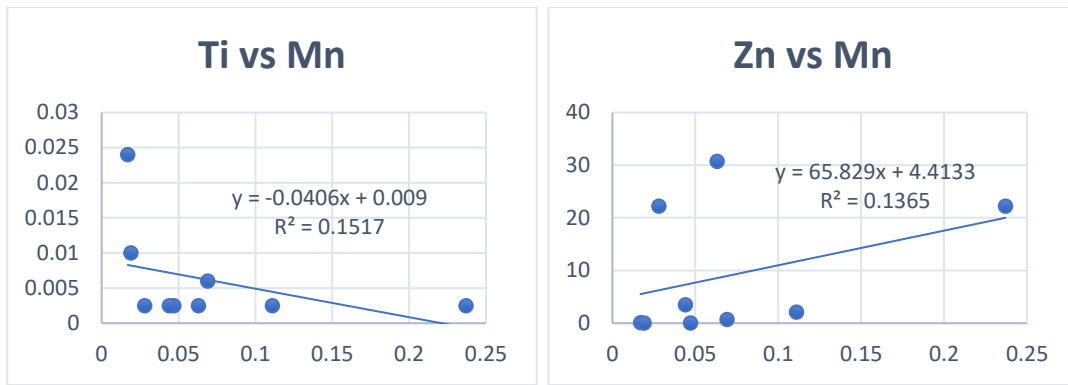


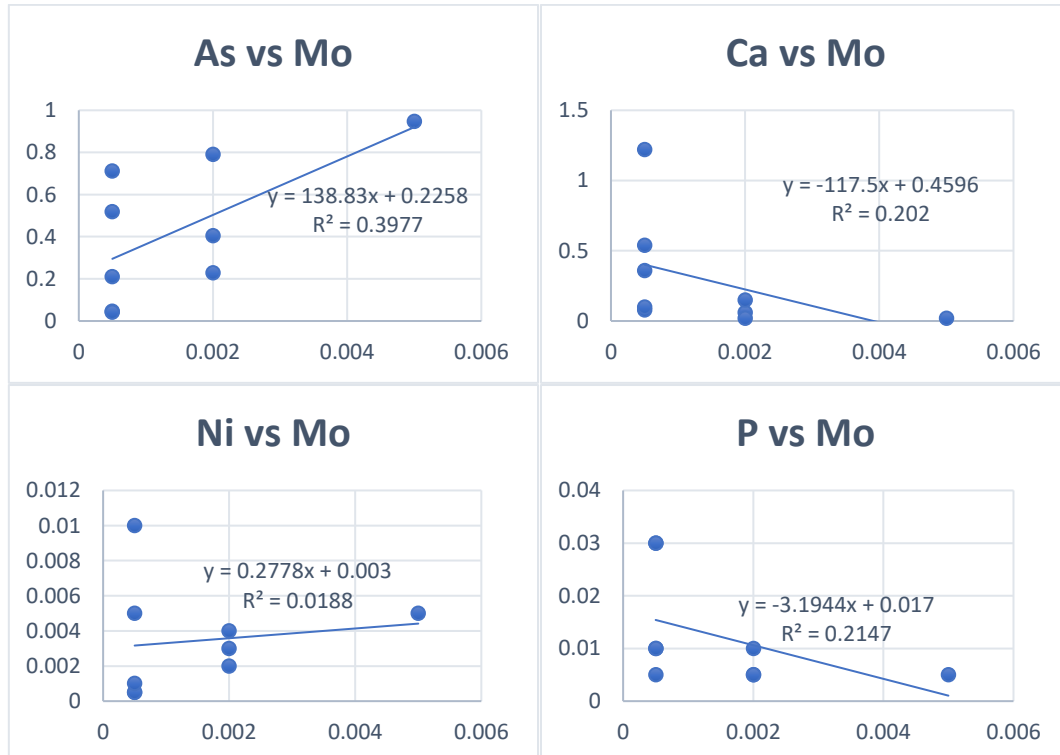
Figura 28. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Mn.

Correlación respecto a Mo

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Molibdeno, y como resultado de la observación y el análisis de los datos, se listan los elementos que mantienen una relación fuerte y moderada.

Tabla 18. Relación de elementos respecto a Mo.

Elemento	Relación	Elemento	Relación
As	Moderado	S	Fuerte
Ti	Fuerte		



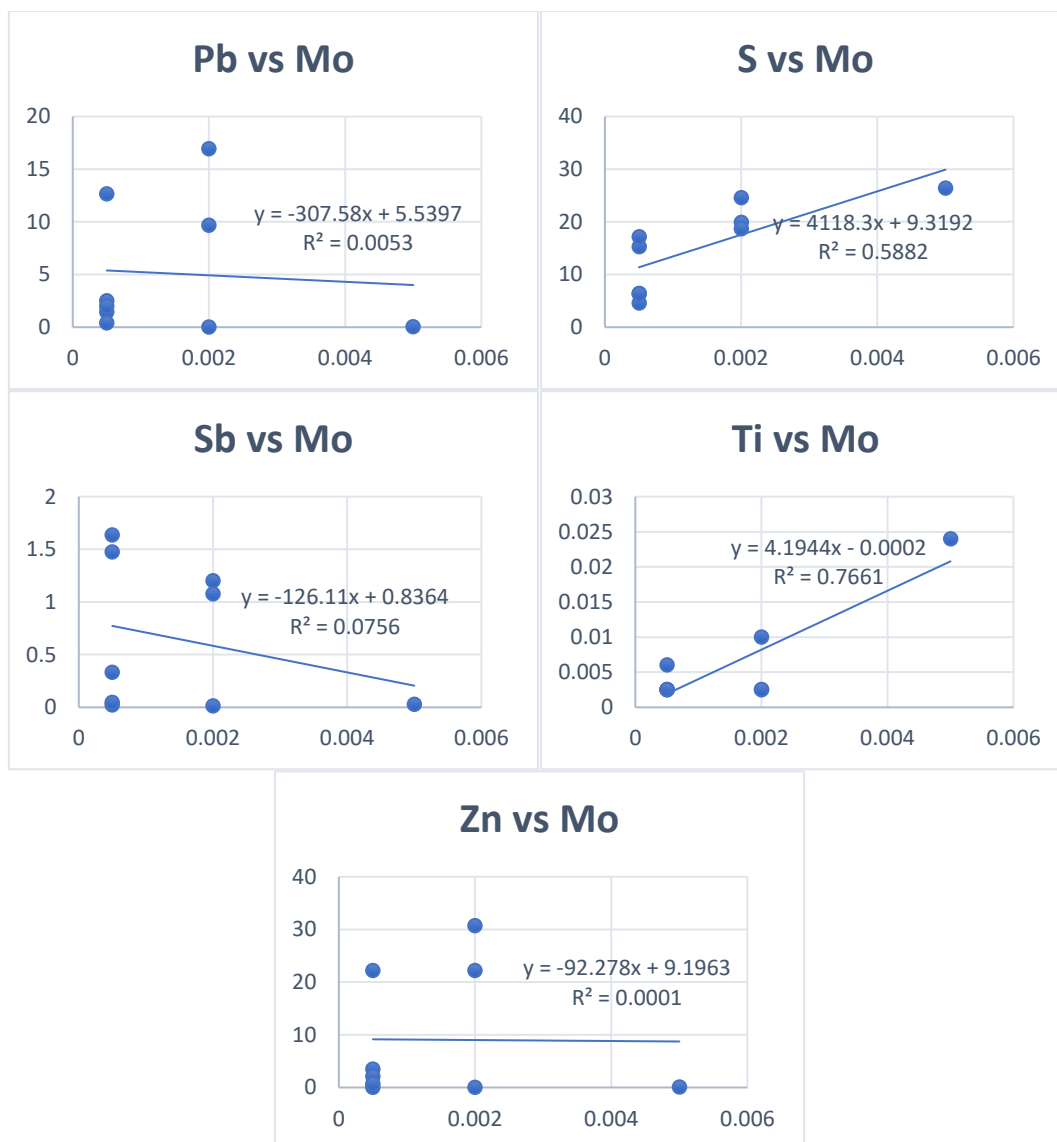


Figura 29. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Mo

Correlación respecto a Ni

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Molibdeno, y como resultado de la observación y el análisis de los datos, se listan los elementos que mantienen una relación fuerte y moderada.

Tabla 19. Relación de elementos respecto a Ni

Elemento	Relación	Elemento	Relación
Ca	Moderado	P	Moderado
Sb	Fuerte		

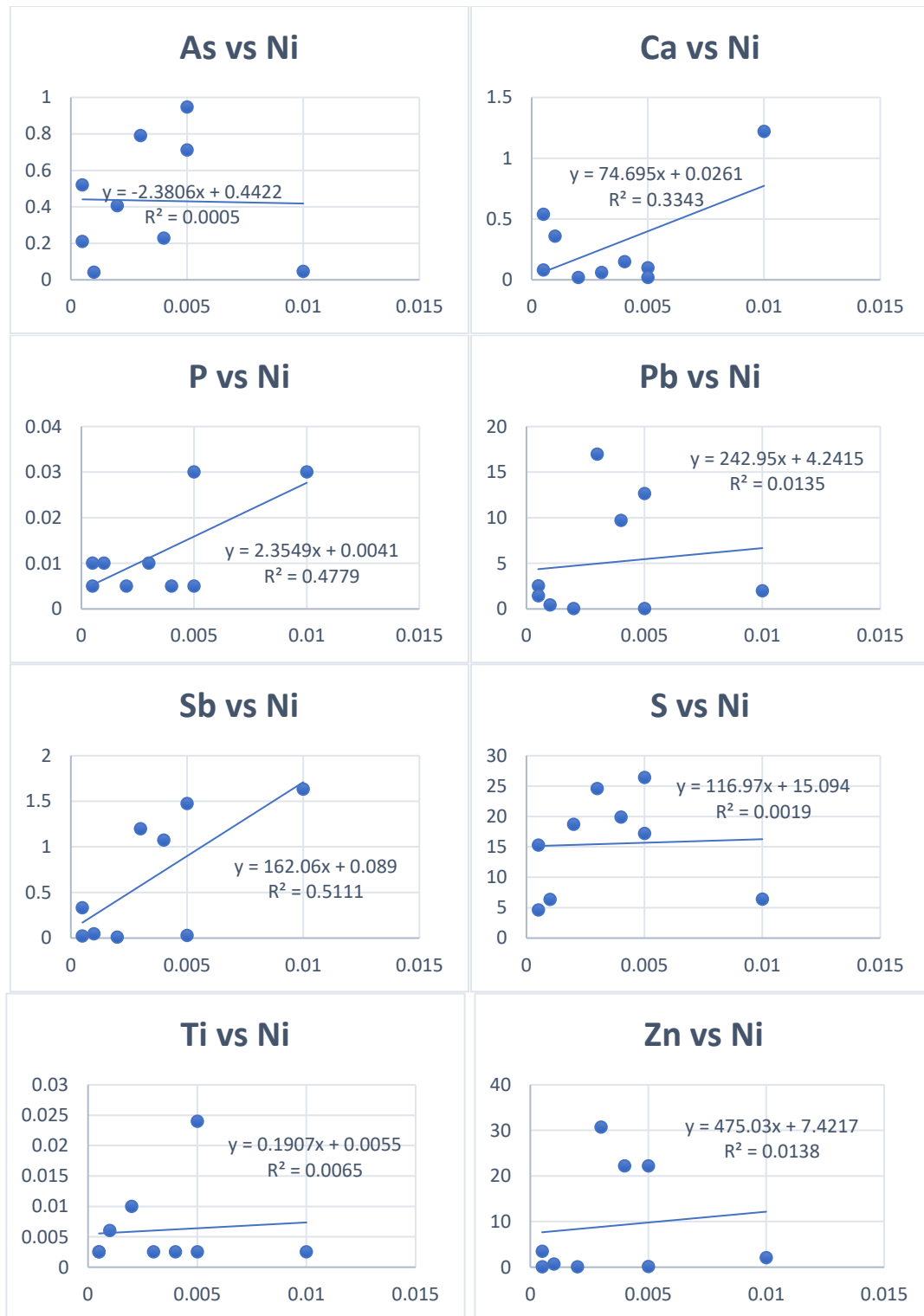


Figura 30. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Ni

Correlación respecto a P

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Fósforo, y como resultado de la observación y el análisis de los datos, se listan los elementos que mantienen una relación fuerte y moderada.

Tabla 20. Relación de elementos respecto a P.

Elemento	Relación	Elemento	Relación
Ca	Moderado	Sb	Fuerte

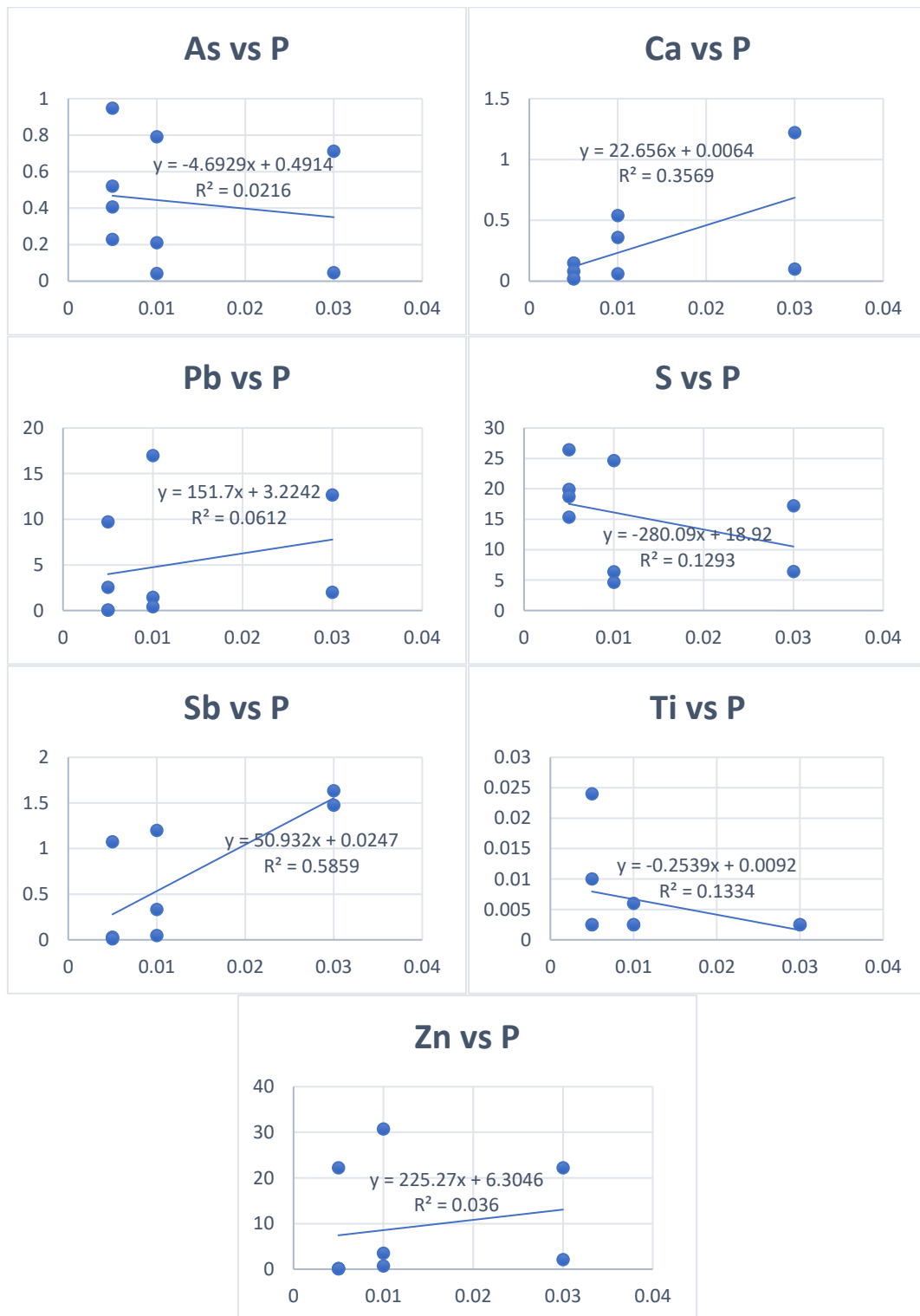


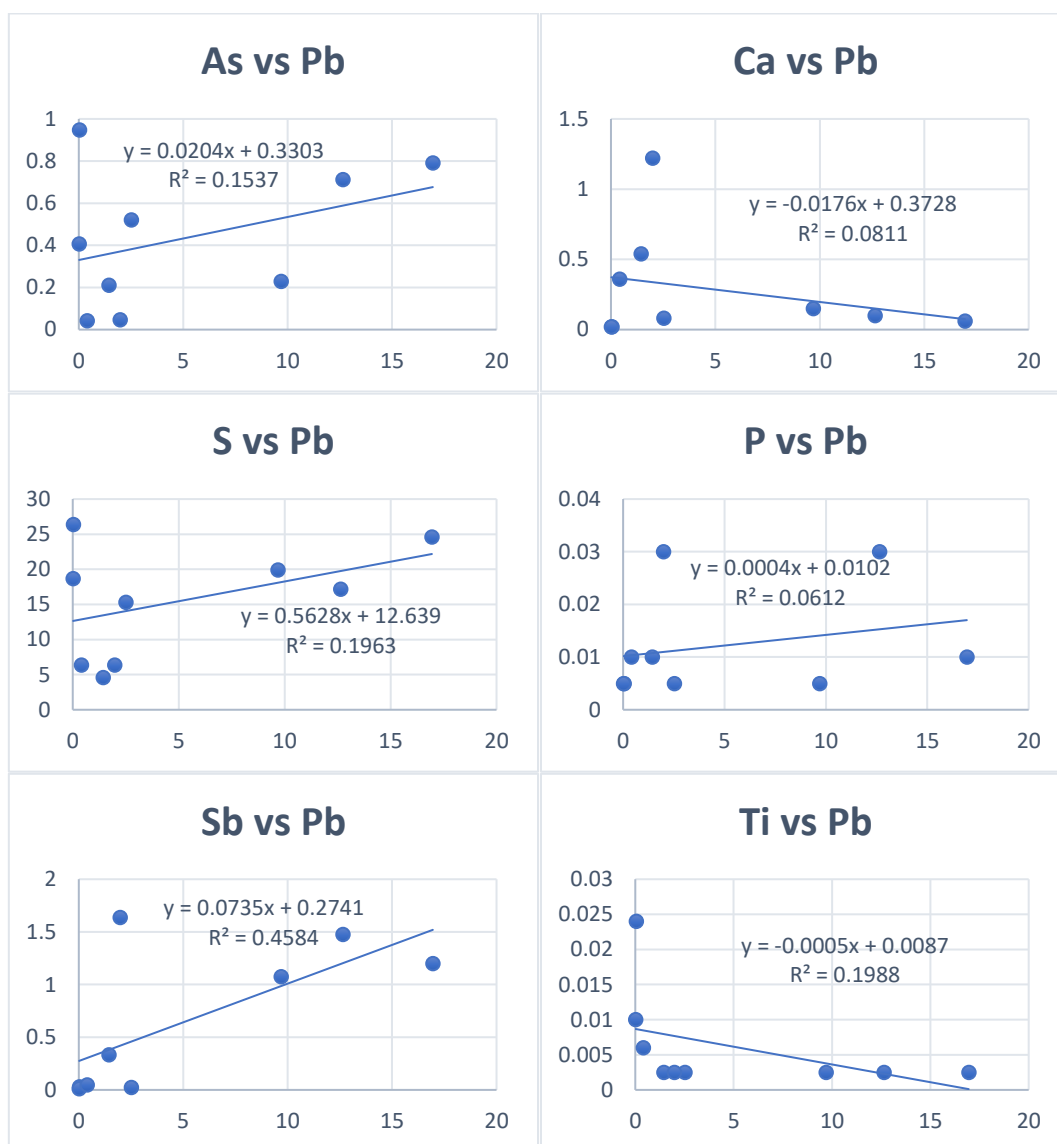
Figura 31. Conjunto de graficos de correlación respecto a P.

Correlación respecto a Pb

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Plomo, y como resultado de la observación y el análisis de los datos, se listan los elementos que mantienen una relación fuerte y moderada.

Tabla 21. Relación de elementos respecto a Pb.

Elemento	Relación	Elemento	Relación
Sb	Moderado	Zn	Fuerte



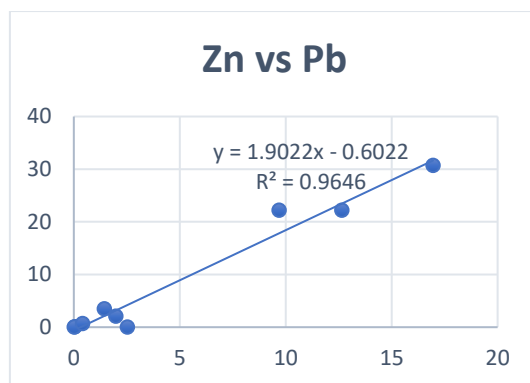


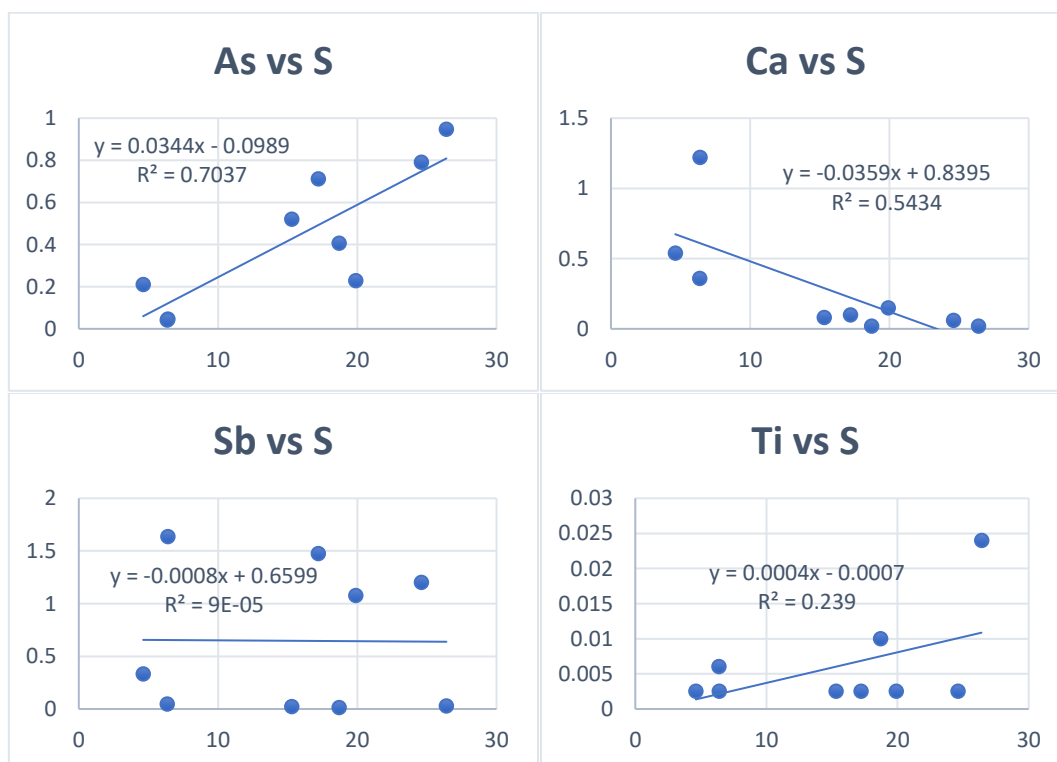
Figura 32. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Pb.

Correlación respecto a S

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Azufre, y como resultado de la observación y el análisis de los datos, se listan los elementos que mantienen una relación fuerte y moderada.

Tabla 22. Relación de elementos respecto a S.

Elemento	Relación	Elemento	Relación
As	Fuerte	Ca	Fuerte negativa



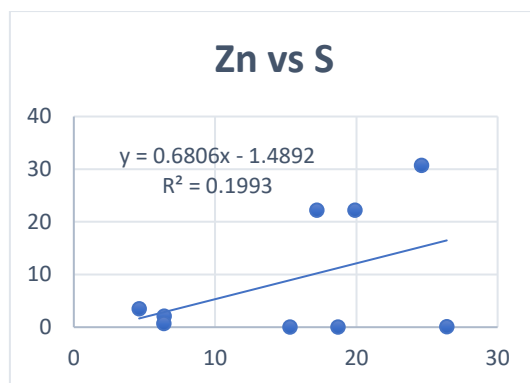


Figura 33. Conjunto de gráficos de correlación respecto a S.

Correlación respecto a Sb

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Antimonio, y como resultado de la observación y el análisis de los datos, se listan los elementos que mantienen una relación fuerte y moderada.

Tabla 23. Relación de elementos respecto a Sb.

Elemento	Relación	Elemento	Relación
Ti	Moderada negativa	Zn	Moderada

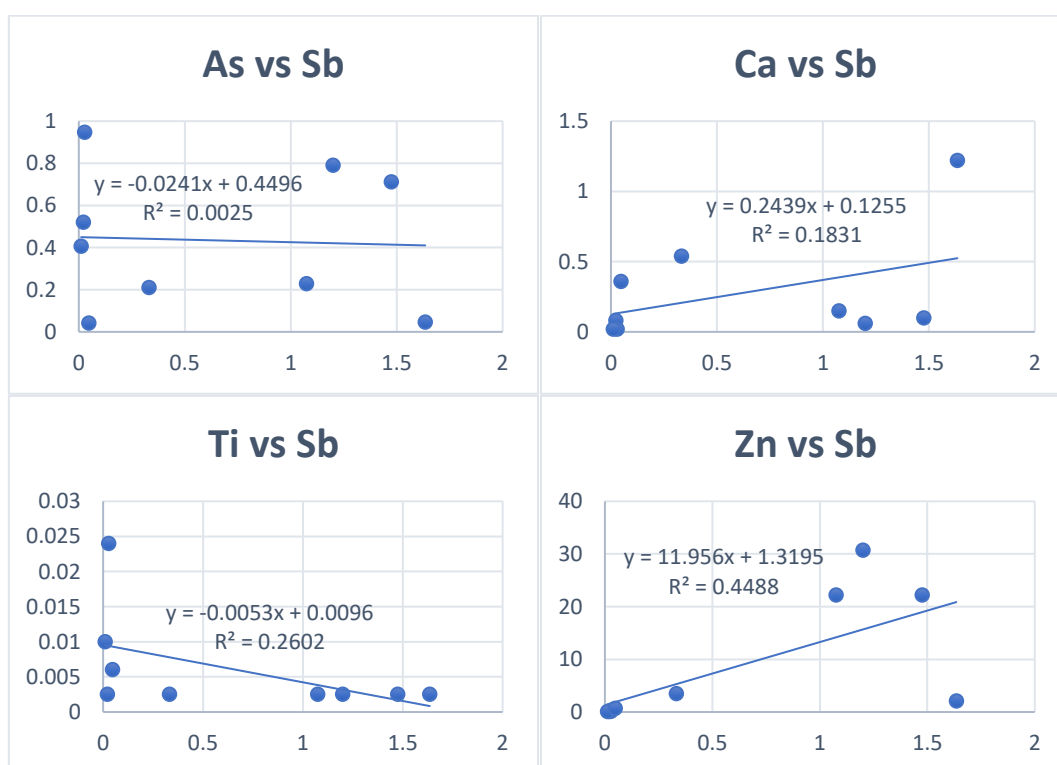


Figura 34. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Sb.

Correlación respecto a Ti

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Titanio. Los gráficos que presentan una relación fuerte y/o moderada ya se han mostrado más arriba.

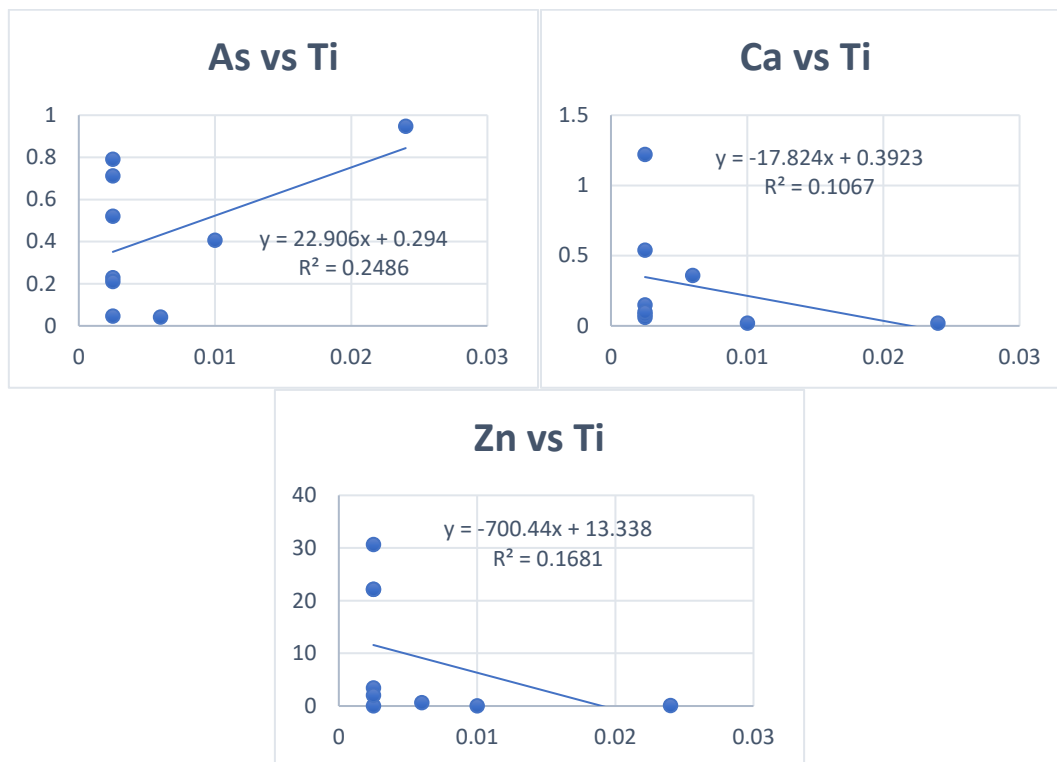


Figura 35. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Ti.

Correlación respecto a Zn

Al utilizar los gráficos de dispersión se puede analizar las diferentes relaciones de los elementos con relación al Zinc. Los gráficos que presentan una relación fuerte y/o moderada ya se han mostrado más arriba.

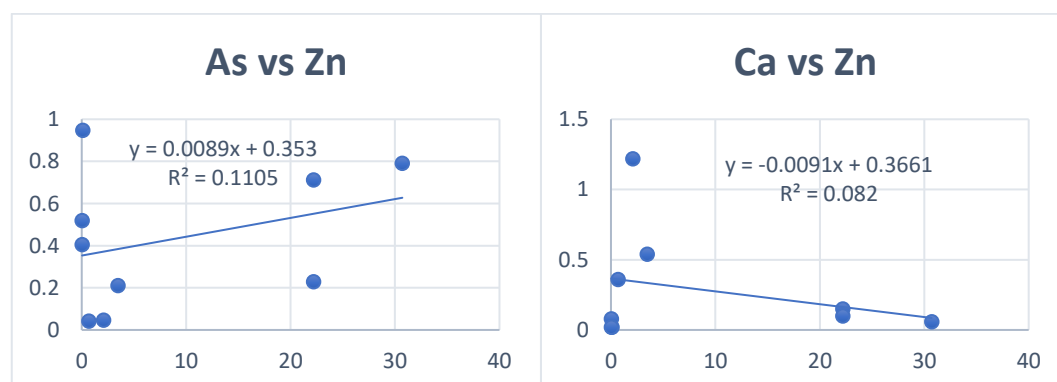


Figura 36. Conjunto de gráficos de correlación respecto a Zn.

5. Discusiones

Paragénesis mineral

La secuencia de cristalización puede explicarse mediante la Figura 37, la cual muestra cómo se forman los minerales según evoluciona el depósito teniendo en cuenta que en el sistema la temperatura va aumentando con el tiempo. En este sentido, los eventos se podrían diferenciar en cuatro.

En el primer evento se depositaría pirita primaria y/o biogénica formando diseminación de pirita de grano fino y framboidal dentro de la secuencia de rocas encajante.

El segundo evento estaría marcado por un aumento en la temperatura del sistema (150-250°C), la formación de pirita euhedral y la precipitación de esfalerita y galena intersticial en bajas porciones.

En el tercer evento debido al aumento de temperatura (250-300°C) y la evolución del fluido hace cristalizar la calcopirita con proporciones discontinuas de esfalerita, galena y tetraedrita-tenantita. La calcopirita puede estar reemplazando esfalerita, galena reemplazando pirita, esfalerita reemplazando galena, tetraedrita-tenantita reemplazando galena, y la tetraedrita-tenantita junto con la galena relleno espacios.

Finalmente, el cuarto evento viene con el aumento de temperatura (300-350°C), donde el fluido mineralizante continúa disolviendo parte de la pirita, esfalerita y galena, y se caracteriza por venillas que precipitan tetraedrita-tenantita y calcopirita.

Tabla 24. Paragénesis mineral.

MINERAL	1º EVENTO	2º EVENTO	3º EVENTO	4º EVENTO
Pirita	—————			
Calcopirita			—————	
Esfalerita		—————		
Galena		—————		
Tetraedrita-Tenantita			—————	

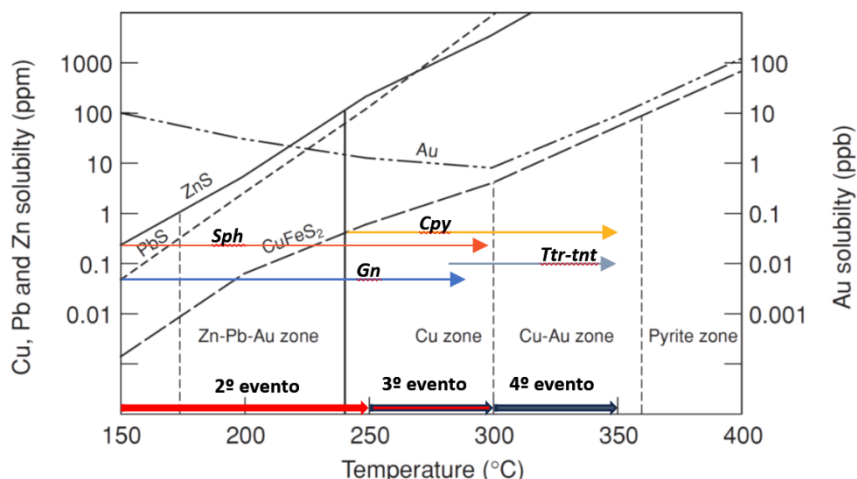


Figura 37. Gráfico de temperatura versus solubilidad de Cu, Pb, Zn y Au, Tomado de Large (1992).

Ubicación de las muestras en el depósito

Apoyados en la información mineralógica, geoquímica y según el tipo de alteración presente en las muestras analizadas se puede estimar para las muestras estudiadas una posición dentro del modelo genético teórico de los VMS. Teniendo como base teórica el modelo genético propuesto por Large (1992) y Lydon (1988), se propone una posible ubicación de las muestras de roca analizadas.

Tabla 25. Concentración relativa de elementos de minerales base.

MUESTRA	CONCENT. RELATIVA
IN021	Fe>Pb>Cu
IN008 IN017 IN025_80,0 IN025_84,3	Zn>Pb>Fe>Cu
IN034_194,0 IN034_195,0	Fe>Zn>Pb>Cu
IN030_41,30 IN030_41,85	Fe>>Zn>Pb>Cu

➤ IN021

El contenido elemental de la muestra IN021 (Tabla 3) sugiere una posición dentro del depósito donde se disponga de Fe en mayor proporción seguido de Pb y Cu. Por tal motivo, una posible ubicación de la muestra sería en la zona de transición entre el stockwork, la zona de alteración sericítica y el cuerpo masivo de piritita (ver Figura 38). Esto podría explicar el contenido mineral, la alteración sericítica de la muestra y la cantidad de mineral y de ganga presente.

➤ IN008, IN017, IN025_80.0, IN025_84.3

El contenido elemental de este grupo de muestras (Tabla 1, Tabla 2, Tabla 4 y Tabla 5) sugiere una posición dentro del depósito donde se disponga de Zn>Pb>Fe>Cu, con Zn en mayor proporción seguido de Pb, Fe y Cu. Una posible ubicación de las muestras sería dentro de la zona de alteración sericítica y en cercanía al cuerpo masivo de esfalerita-galena (ver Figura 38). Esto podría explicar el contenido mineral, la alteración sericítica de la muestra y la cantidad de mineral y de ganga presente. El bajo contenido en Zn en la muestra IN025_84,3 se podría explicar suponiendo que la muestra se ubique un poco más alejada del cuerpo masivo, dando lugar a una menor cantidad de minerales mena.

➤ IN034_194.0, IN034_195.0

El contenido elemental de este grupo de muestras (Tabla 8 y Tabla 9) sugiere una posición dentro del depósito donde se disponga de Fe en mayor proporción seguido de Zn, Pb y Cu. Una posible ubicación de las muestras sería dentro de la zona de alteración sericítica, en cercanía al stockwork y a la zona denominada por Large

(1992) como Cu \pm -Au stringer (ver Figura 38). Esto podría explicar el contenido mineral, la alteración sericítica de la muestra y la cantidad de mineral mena y de ganga presente. El alto contenido de Ag en la muestra IN034_194,0 puede estar relacionado al alto contenido de Hg, que podría estar asociado a la presencia de tetraedrita-tenantita.

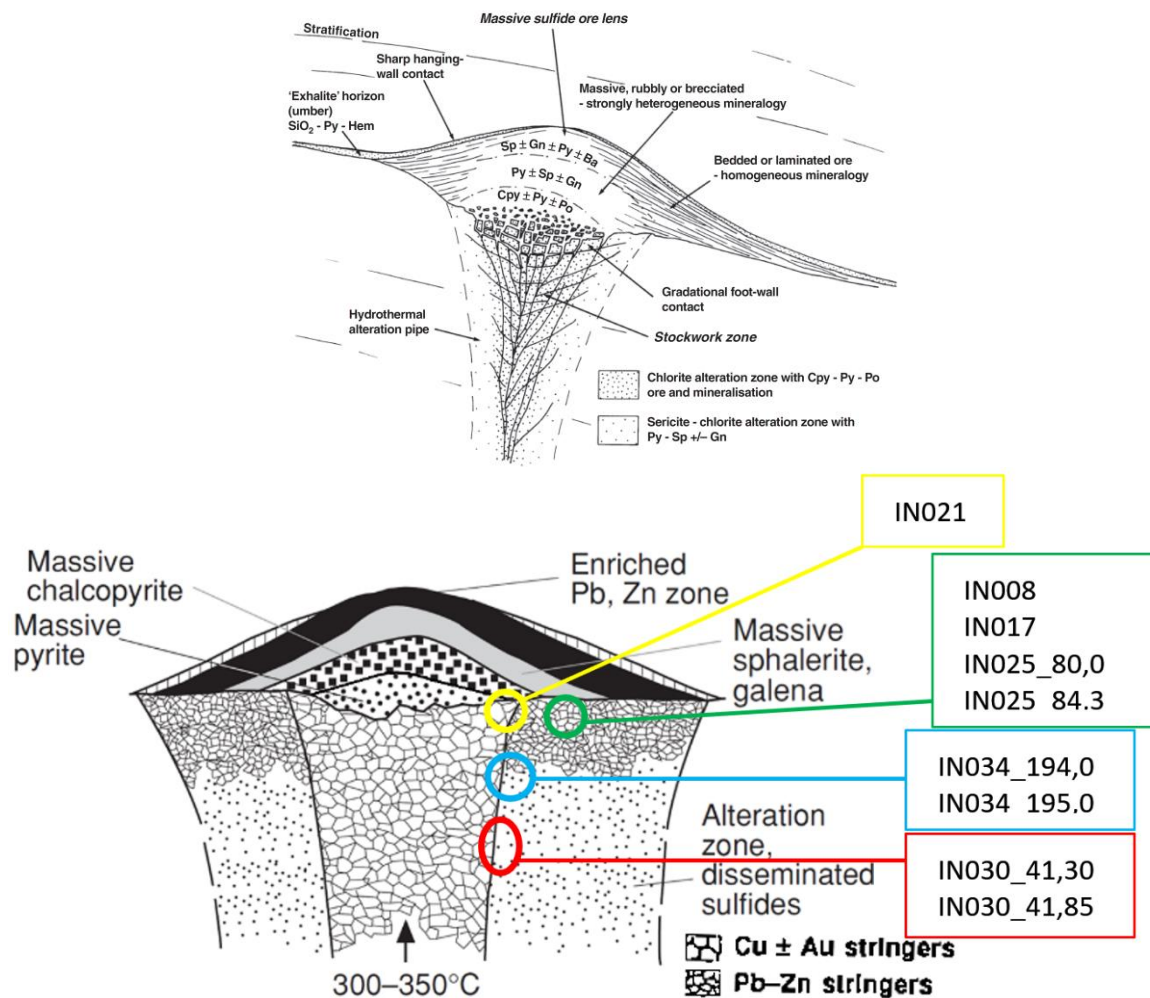


Figura 38. Estructura interna idealizada de los depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos mostrando la localización teórica probable de las muestras analizadas. Las muestras se agrupan por su contenido y proporción mineral quedando la muestra IN021 desvinculada de los otros grupos. Tomado y modificado de Large (1992) y Lydon (1988).

➤ IN030_41.30, IN030_41.85

El contenido elemental de este grupo de muestras (Tabla 6 y Tabla 7) sugiere una posición dentro del depósito donde se disponga de Fe en mayor proporción seguido de Zn, Pb y Cu. Una posible ubicación de las muestras sería dentro de la zona de alteración sericítica, en cercanías al stockwork y alejado del cuerpo principal del depósito (ver Figura 38). Esto podría explicar el contenido mineral, la alteración sericítica de la muestra y la cantidad de mineral mena y de ganga presente.

El contenido de Au en la muestra IN030_41,30 puede estar relacionado a la cercanía al stockwork y al contenido de Hg.

Debido a que las muestras analizadas en este estudio no presentan una alteración silíceá propia de las zonas de stockwork, en contraste, la mineralización presente en las muestras sugiere una cierta cercanía al cuerpo principal del depósito o a la zona de stockwork. Para un mejor entendimiento del depósito y su génesis se recomiendan estudios más avanzados con una cantidad representativa de muestras de todo el cuerpo mineralizado.

La correlación de los datos utilizando los gráficos de dispersión y la relación de Pearson, permite evidenciar las relaciones fuertes y moderadas con el fin de dar soporte a los planteamientos sobre la ubicación de las muestras dentro del depósito. Las relaciones más destacables se asocian con Hg, Cd y Ag. Por otro lado, es curioso observar que el Sb presenta una relación fuerte con tres elementos de mucho interés como lo son Ag, Au y Hg, y el Hg parece ser muy influyente para que se obtengan valores altos de Ag, Pb, Zn, Cu y Au. Las correlaciones con Bi, Co, Mo, Ni y Ti carecen de validez por presentar varios valores por debajo del límite de detección, por tal motivo se eliminan de la Tabla 26.

Tabla 26. Relaciones fuertes y moderadas entre elementos de las muestras analizadas.

Elemento	Relación fuerte con	Relación moderada con
Ag	Cd, Fe, Hg, Pb, Sb, Zn	Au, Cu, Mg, P
As	S	
Au	Ni, Sb	Ag
Ca	S,	P
Cd	Ag, Cu, Hg, Pb, Zn	Au, Sb
Cu	Cd, Hg	Ag, Sb
Fe	Ag	P, S, Sb
Hg	Ag, Cd, Cu, Pb, Sb, Zn	Au, Mg
Mg		Ag, Au, Hg
Mn	P	Sb
P	Mn, Sb	Ca, Fe, Ag
Pb	Ag, Cd, Cu, Hg	Sb
S	As, Ca	Fe
Sb	Ag, Au, Hg, P	Fe, Cd
Zn	Ag, Cd, Cu, Hg, Pb	

A partir de los datos resumidos en la tabla 26 se pueden establecer relaciones entre los principales metales base y los elementos trazas, que puede ser relevante en futuros procesos metalúrgicos. El Cd y Hg tienen una estrecha relación con el Zn, por lo que es previsible que ambos elementos se concentren en la esfalerita, mientras que la Ag y Au, al tener una fuerte correlación con Sb indicaría que su presencia podría estar asociada a la presencia de tetraedrita y/o el proceso de mineralización asociado a la precipitación de esta fase mineral. No obstante, la Ag también puede estar asociada a la estructura de la galena.

Geofísica

El resultado de una campaña reciente de gravimetría realizada en la zona de estudio revela altos gravimétricos importantes principalmente hacia la zona sur. Las

anomalías gravimétricas que más destacan se extienden en dirección E-W y otros dos altos gravimétricos más puntuales, uno al norte y el otro al oeste, son anomalías que indican posibles cuerpos mineralizados que no han sido interceptados (ver Figura 39. Mapa de anomalías de Bouguer resaltando los altos gravimétricos presentes en el proyecto La Infanta. Imagen suministrada por Emérita Resources.).

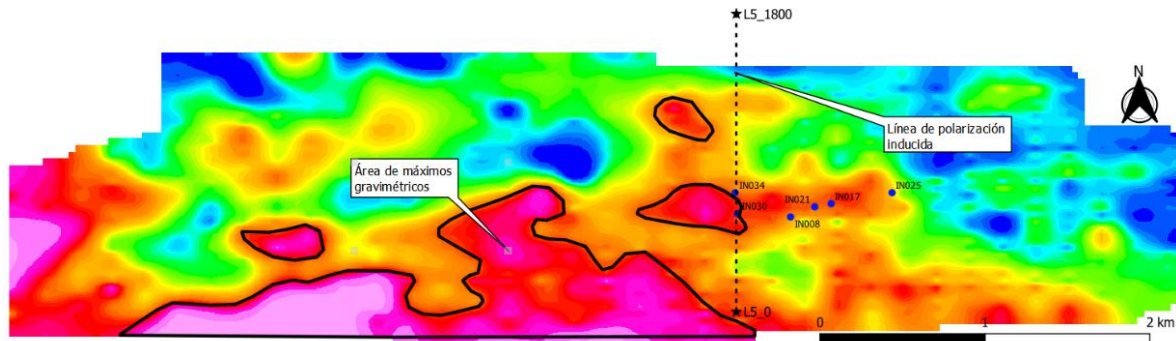


Figura 39. Mapa de anomalías de Bouguer resaltando los altos gravimétricos presentes en el proyecto La Infanta. Imagen suministrada por Emérita Resources.

Así mismo la campaña geofísica de polarización inducida proporciona información sobre la cargabilidad y resistividad de las litologías y/o cuerpos en el subsuelo. Para los primeros setecientos metros de la línea, zona sur de la línea sobre el mapa, se observa una anomalía de alta cargabilidad permitiendo inferir un posible cuerpo de interés económico. Los valores de resistividad de los cuerpos masivos pueden verse afectados por litologías contiguas con altas resistividades, lo que dificulta la interpretación de los datos resistivos.

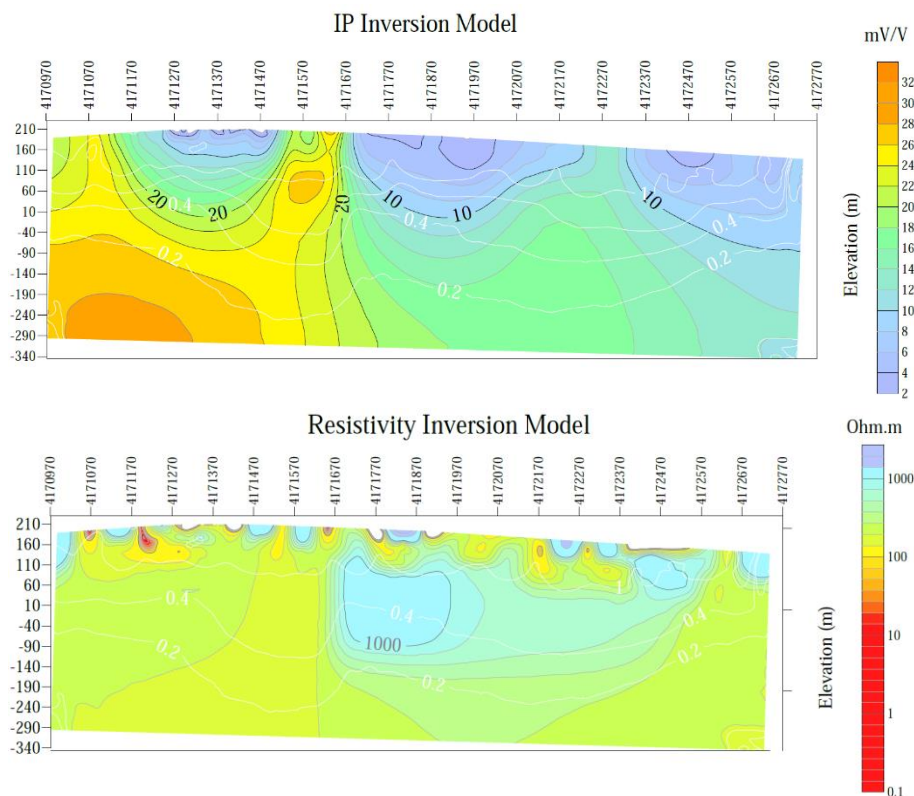


Figura 40. Modelo de polarización inducida y resistividades de una línea adquirida en el proyecto La Infanta. Imagen suministrada por Emérita Resources.

Al correlacionar los datos de gravimetría con los de polarización inducida se puede concluir que existe un fuerte indicio de otro cuerpo hacia el sur del proyecto la infanta. Esto supondría una gran posibilidad de que el depósito del proyecto se amplíe y aumente el volumen del depósito hasta ahora descubierto.

6. Conclusiones

Las características mineralógicas y petrográficas de las muestras estudiadas se corresponden con distintas zonas del depósito en cercanías al stockwork ligado a las mineralizaciones VHMS.

Se ha observado que existe una principalmente una correlación entre Cd con Ag, Cu, Hg, Pb y Zn; y entre Hg con Ag, Cd, Cu, Pb, Sb y Zn. Esta relación está ligada esencialmente con la distribución de menas, en especial, esfalerita, galena y tetraedrita-tenantita.

El proyecto de la Infanta se corresponde a un modelo de VHMS mostrando enriquecimiento anómalo en As, Sb, Ag, y Cu las cuales pueden ser el resultado de la presencia de tetraedrita-tenantita. Las posibles variedades de tetraedrita-tenantita como Freibergita $[(Ag,Cu,Fe)_{12}(Sb,As)_4S_{13}]$ y Giraudita $[(Cu,Zn,Ag)_{12}(As,Sb)_4(Se,S)_{13}]$ pueden contener 40% en Ag y 11,52% en Zn respectivamente según Gervilla (2023) en un estudio realizado para Emerita. Por otra parte, la galena también puede contener bastante Ag dentro de su estructura y la esfalerita estar enriquecida en Cd.

Finalmente, el depósito de La Infanta podría ampliarse hacia el norte, oeste y principalmente hacia el sur donde se aprecian altos gravimétricos y alta cargabilidad, lo cual indica la presencia de cuerpos conductivos y de alta densidad. El cuerpo que se aprecia hacia el sur con tendencia a E-W puede estar relacionado con el cuerpo principal del depósito en la zona de exploración y claramente de un importante interés económico.

7. Referencias

- Adamides, N. G. (2013). Rio Tinto (Iberian Pyrite Belt): A world-class mineral field reopens. *Applied Earth Science*, 122(1), 2-15. <https://doi.org/10.1179/1743275813Y.0000000028>.
- Almodóvar, G. R., & Sáez, R. (1992). Los yacimientos de sulfuros masivos de la Faja Pirítica Sur-Ibérica. *Recursos minerales de España*, 1309-1324.
- Almodóvar, G. R., Sáez, R., Pons, J. M., Maestre, A., Toscano, M., & Pascual, E. (1998). Geology and genesis of the Aznalcóllar massive sulphide deposits, Iberian Pyrite Belt, Spain. *Mineralium Deposita*, 33(1), 111-136. <https://doi.org/10.1007/s001260050136>.
- Almodóvar, G. R., Yesares, L., Sáez, R., Toscano, M., González, F., & Pons, J. M. (2019). Massive Sulfide Ores in the Iberian Pyrite Belt: Mineralogical and Textural Evolution. *Minerals*, 9(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/min9110653>.
- Barrie, T. C., Amelin, Y., & Pascual, E. (2002). U–Pb Geochronology of VMS mineralization in the Iberian Pyrite Belt. *Mineralium Deposita*, 37(8), 684-703. <https://doi.org/10.1007/s00126-002-0302-7>.

- Boulter, C. A. (1993a). Comparison of Rio Tinto, Spain, and Guaymas Basin, Gulf of California: An explanation of a supergiant massive sulfide deposit in an ancient sill-sediment complex. *Geology*, *21*(9), 801-804. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1993\)021<0801:CORTSA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1993)021<0801:CORTSA>2.3.CO;2).
- Boulter, C. A. (1993b). High-level peperitic sills at Rio Tinto, Spain: Implications for stratigraphy and mineralization. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy. Section B. Applied earth science*, *102*, 30-38.
- Carvalho, D., Barriga, F. J. a. S., & Munhá, J. (1997). Bimodal Siliciclastic Systems—The Case of The Iberian Pyrite Belt. <https://doi.org/10.5382/Rev.08.16>.
- Delgado Domínguez, A., Bustamante Álvarez, M., & Martins, A. (2017). La Faja Pirítica Ibérica en época de Augusto. *Gerión. Revista de Historia Antigua*, *35*(Esp.), 895-824. <https://doi.org/10.5209/GERI.56179>.
- Donaire, T., Pascual, E., Sáez, R., Pin, C., Hamilton, M. A., & 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. <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.
- Emerita Ressources. (2022). Litoteca Proyecto La Infanta.
- Fernández Martín, M. L., Sáez Ramos, R., & Pascual Martínez, E. (1996). Piroxenos relictos: Una clave para la interpretación del vulcanismo en la Faja Pirítica Ibérica. *Geogaceta*, *20*(3), 568-571.
- García de Miguel, J. M., & Chamorro, R. (1986). Geología y Mineralogía del yacimiento de «Sierrecilla» (Puebla de Guzmán, Huelva, España). *Boletín geológico y minero*, *97*(4), 128-138.
- Gervilla Linares, F. (2023). Mineralogía y petrografía de 10 muestras procedentes del cuerpo mineral Infanta.
- González, F., Moreno, C., Sáez, R., & Clayton, G. (2002). Ore genesis age of the Tharsis Mining District (Iberian Pyrite Belt): A palynological approach. *Journal of the Geological Society*, *159*(3), 229-232. <https://doi.org/10.1144/0016-764901-142>.
- Jesus, A. P. (2011). Ore forming systems in the western compartment of the Beja layered gabbroic sequence: (Ossa Morena zone Portugal) [Doctoral Thesis]
- Jesus, A. P., Munhá, J., Mateus, A., Tassinari, C., & Nutman, A. P. (2007). The Beja Layered Gabbroic Sequence (Ossa-Morena Zone, Southern Portugal): Geochronology and geodynamic implications. *Geodinamica Acta*, *20*(3), 139-157. <https://doi.org/10.3166/ga.20.139-157>.
- Jorge, R. C. G. S., Fernandes, P., Rodrigues, B., Pereira, Z., & Oliveira, J. T. (2013). Geochemistry and provenance of the Carboniferous Baixo Alentejo Flysch Group, South Portuguese Zone. *Sedimentary Geology*, *284-285*, 133-148. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2012.12.005>.
- Large, R. R. (1992). Australian volcanic-hosted massive sulfide deposits; features, styles, and genetic models. *Economic Geology*, *87*(3), 471-510. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.87.3.471>.
- Leistel, J. M., Marcoux, E., Thiéblemont, D., Quesada, C., Sánchez, A., Almodóvar, G. R., Pascual, E., & Sáez, R. (1998). The volcanic-hosted massive sulphide deposits of the Iberian Pyrite Belt Review and preface to the Thematic Issue. *Mineralium Deposita*, *33*(1), 2-30. <https://doi.org/10.1007/s001260050130>.

- Mitjavila, J., Martí, J., & Soriano, C. (1997). Magmatic Evolution and Tectonic Setting of the Iberian Pyrite Belt Volcanism. *Journal of Petrology*, 38(6), 727-755. <https://doi.org/10.1093/etroj/38.6.727>.
- Moreno, C. (1993). Postvolcanic Paleozoic of the Iberian pyrite belt; an example of basin morphologic control on sediment distribution in a turbidite basin. *Journal of Sedimentary Research*, 63(6), 1118-1128. <https://doi.org/10.1306/D4267CBC-2B26-11D7-8648000102C1865D>.
- Moreno, C., Sierra, S., & Sáez, R. (1996). Evidence for catastrophism at the Famennian-Dinantian boundary in the Iberian Pyrite Belt. *Geological Society, London, Special Publications*, 107(1), 153-162. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1996.107.01.12>.
- Munhá, J. (1983). Hercynian magmatism in the Iberian pyrite belt. Hercynian magmatism in the Iberian pyrite belt. *Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal*, (29), 39-81.
- Munhá, J., Oliveira, J. T., Ribeiro, A., Oliveira, V., Quesada, C., & Kerrich, R. (1986). Beja-Acebuches Ophiolite: Characterization and geodynamic significance. *Boletim Informativo da Sociedade Geológica de Portugal*, 2(13), 31.
- Oliveira, J. T. (1990). Stratigraphy and Synsedimentary Tectonism. En R. D. Dallmeyer & E. M. Garcia (Eds.), *Pre-Mesozoic Geology of Iberia* (pp. 334-347). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-83980-1_23.
- Oliveira, J. T., Cunha, T. A., Strel, M., & Vanguetaine, M. (1986). Dating the Horta Da Torre Formation, a new lithostratigraphic unit of the Ferreira-Ficalho Group, South Portuguese Zone: Geological consequences. *Communication Service Geologique du Portugal*, 72(1-2).
- Oliveira, J. T., M. H., & E. P. (1979). Preliminary note on the stratigraphy of the Baixo Alentejo Flysch group, Carboniferous of southern Portugal and on the paleogeographic development, compared to corresponding units in northwest Germany. *Serv. Geol. Portugal*, 65, 151-168.
- Oliveira, J. T., Pereira, Z., Carvalho, P., Pacheco, N., & Korn, D. (2004). Stratigraphy of the tectonically imbricated lithological succession of the Neves Corvo mine area, Iberian Pyrite Belt, Portugal. *Mineralium Deposita*, 39(4), 422-436. <https://doi.org/10.1007/s00126-004-0415-2>.
- Oliveira, J. T., Rosa, C. J. P., Pereira, Z., Rosa, D. R. N., Matos, J. X., Inverno, C. M. C., & Andersen, T. (2013). Geology of the Rosário-Neves Corvo antiform, Iberian Pyrite Belt, Portugal: New insights from physical volcanology, palynostratigraphy and isotope geochronology studies. *Mineralium Deposita*, 48(6), 749-766. <https://doi.org/10.1007/s00126-012-0453-0>.
- Pérez Macías, J. A. (1996). Metalurgia extractiva prerromana en Huelva. Universidad de Huelva.
- Pérez Macías, J. A. (1998). Las minas de Huelva en la antigüedad.
- Pinedo Vara, I. (1963). Piritas de Huelva: Su historia, minería y aprovechamiento. *Suc. de Rivadeneyra*.
- Quesada, C. (1991). Geological constraints on the Paleozoic tectonic evolution of tectonostratigraphic terranes in the Iberian Massif. *Tectonophysics*, 185(3), 225-245. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(91\)90446-Y](https://doi.org/10.1016/0040-1951(91)90446-Y).
- Quesada, C. (1996). Estructura del sector español de la Faja Pirítica: Implicaciones para la exploración de yacimientos. *Boletín geológico y minero*, 107(3), 65-78.
- Quesada, C. (1997). A reappraisal of the structure of the Spanish segment of the Iberian Pyrite Belt. *Mineralium Deposita*, 33(1), 31-44. <https://doi.org/10.1007/s001260050131>.
- Ribeiro, A., Munhá, J., Fonseca, P. E., Araújo, A., Pedro, J. C., Mateus, A., Tassinari, C., Machado, G., & Jesus, A. (2010). Variscan ophiolite belts in the Ossa-Morena Zone

- (Southwest Iberia): Geological characterization and geodynamic significance. *Gondwana Research*, 17(2), 408-421. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2009.09.005>.
- Ribeiro, A., Quesada, C., & Dallmeyer, R. D. (1991). Tectonostratigraphic terranes and the geodynamic evolution of the Iberian Variscan Fold Belt. *Tectonophysics*, 191(3-4), 438.
- Rosa, C. J. P., McPhie, J., Relvas, J. M. R. S., Pereira, Z., Oliveira, T., & Pacheco, N. (2008). Facies analyses and volcanic setting of the giant Neves Corvo massive sulfide deposit, Iberian Pyrite Belt, Portugal. *Mineralium Deposita*, 43(4), 449-466. <https://doi.org/10.1007/s00126-008-0176-4>.
- Sáez, R., Almodóvar, G. R., & Pascual, E. (1996). Geological constraints on massive sulphide genesis in the Iberian Pyrite Belt. *Ore Geology Reviews*, 11(6), 429-451. [https://doi.org/10.1016/S0169-1368\(96\)00012-1](https://doi.org/10.1016/S0169-1368(96)00012-1).
- Sáez, R., Pascual, E., Toscano, M., & Almodóvar, G. R. (1999). The Iberian type of volcano-sedimentary massive sulphide deposits. *Mineralium Deposita*, 34(5), 549-570. <https://doi.org/10.1007/s001260050220>.
- Schemerhorn, L. J. G. (1971). An outline stratigraphy of the Iberian Pyrite Belt. *Bol. Geol. Min.* 82, 23-52.
- Silva, J. B., Oliveira, J. T., & Ribeiro, A. (1990). Structural Outline. En R. D. Dallmeyer & E. M. Garcia (Eds.), *Pre-Mesozoic Geology of Iberia* (pp. 348-362). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-83980-1_24.
- Soriano, C., & Marti, J. (1999). Facies analysis of volcano-sedimentary successions hosting massive sulfide deposits in the Iberian pyrite belt, Spain. *Economic Geology*, 94(6), 867-882. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.94.6.867>.
- Suárez Suárez, J., Puche Riart, O., & Delgado Domínguez, A. (2017). Gonzalo y Tarín y la Descripción Física, Geológica y Minera de la Provincia de Huelva 1886-1888. *Boletín geológico y minero*, 128(1), 111-128.
- Thiéblemont, D., Pascual, E., & Stein, G. (1997). Magmatism in the Iberian Pyrite Belt: Petrological constraints on a metallogenic model. *Mineralium Deposita*, 33(1), 98-110. <https://doi.org/10.1007/s001260050135>.
- Tornos, F. (2006). Environment of formation and styles of volcanogenic massive sulfides: The Iberian Pyrite Belt. *Ore Geology Reviews*, 28(3), 259-307. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2004.12.005>.
- Tornos, F., Casquet, C., Relvas, J. M. R. S., Barriga, F. J. A. S., & Sáez, R. (2002). The relationship between ore deposits and oblique tectonics: The SW Iberian Variscan Belt. En D. J. Blundell, F. Neubauer, & A. von Quadt (Eds.), *The Timing and Location of Major Ore Deposits in an Evolving Orogen* (Vol. 204, p. 0). Geological Society of London. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2002.204.01.11>.
- Toscano Macías, M. (2016). Alteración hidrotermal asociada a los yacimientos de sulfuros masivos de la Faja Pirítica Suribérica. *Tesis Doctoral, Universidad de Huelva*, 224 pp.
- Valenzuela, A., Donaire, T., Pin, C., Toscano, M., Hamilton, M., & Pascual, E. (2011). Geochemistry and U-Pb dating of felsic volcanic rocks in the Riotinto-Nerva unit, Iberian Pyrite Belt, Spain: Crustal thinning, progressive crustal melting and massive sulphide genesis. *Journal of the Geological Society*, 168, 717-732. <https://doi.org/10.1144/0016-76492010-081>.

8. Anexos

8.1. Resultados geoquímicos de las muestras analizadas. Información aportada por Emerita Resources.

Sondeo	Tramo	Hole number	From	To	Length	ID Sample	Sample Type	Ag ppm ME-ICPORE	As % ME-ICPORE	Au ppm Au-AA23	Bi % ME-ICPORE	Ca % ME-ICPORE	Cd % ME-ICPORE	Co % ME-ICPORE	Cu % ME-ICPORE	Fe % ME-ICPORE	Hg ppm ME-ICPORE
IN008	72.50	IN008	71.5	72.5	1	B403482	Original	342	0.791	1.915	0.006	0.06	0.122	0.0005	4.33	4.95	1070
IN017	93.25	IN017	92.55	93.35	0.8	D818705	Original	245	0.229	1.04	0.0025	0.15	0.079	0.0005	2.13	6.34	674
IN021	90.20	IN021	90	90.5	0.5	D818838	Original	22	0.52	0.109	0.0025	0.08	0.0005	0.0005	1.73	14.05	4
IN025	80.00	IN025	79.8	80.3	0.5	D801505	Original	277	0.712	1.28	0.0025	0.1	0.052	0.0005	2.63	5.12	455
IN025	84.30	IN025	84.1	85	0.9	D801511	Original	203	0.211	0.548	0.0025	0.54	0.007	0.0005	0.273	2.43	104
IN030	41.30	IN030	40.4	41.4	1	D801638	Original	9	0.948	1.615	0.0025	0.02	0.001	0.0005	0.04	23	153
IN030	41.85	IN030	41.4	42.4	1	D801639	Original	3	0.406	0.347	0.0025	0.02	0.0005	0.0005	0.018	16.4	67
IN034	194.00	IN034	193.45	194.5	1.05	D801834	Original	307	0.047	1.94	0.0025	1.22	0.007	0.001	0.47	4.45	347
IN034	195.00	IN034	194.5	195.5	1	D801835	Original	9	0.042	0.19	0.0025	0.36	0.003	0.0005	0.179	5.99	49
Sondeo	Tramo	Hole number	From	To	Length	ID Sample	Sample Type	Mg % ME-ICPORE	Mn % ME-ICPORE	Mo % ME-ICPORE	Ni % ME-ICPORE	P % ME-ICPORE	Pb % ME-ICPORE	S % ME-ICPORE	Sb % ME-ICPORE	Tl % ME-ICPORE	Zn % ME-ICPORE
IN008	72.50	IN008	71.5	72.5	1	B403482	Original	0.1	0.063	0.002	0.003	0.01	16.95	24.6	1.2	0.0025	30.7
IN017	93.25	IN017	92.55	93.35	0.8	D818705	Original	0.11	0.028	0.002	0.004	0.005	9.69	19.9	1.075	0.0025	22.2
IN021	90.20	IN021	90	90.5	0.5	D818838	Original	6.52	0.047	0.0005	0.0005	0.005	2.52	15.3	0.022	0.0025	0.04
IN025	80.00	IN025	79.8	80.3	0.5	D801505	Original	0.26	0.237	0.0005	0.005	0.03	12.65	17.2	1.475	0.0025	22.2
IN025	84.30	IN025	84.1	85	0.9	D801511	Original	0.95	0.044	0.0005	0.0005	0.01	1.44	4.62	0.332	0.0025	3.47
IN030	41.30	IN030	40.4	41.4	1	D801638	Original	0.2	0.017	0.005	0.005	0.005	0.04	26.4	0.028	0.024	0.099
IN030	41.85	IN030	41.4	42.4	1	D801639	Original	0.62	0.019	0.002	0.002	0.005	0.019	18.7	0.011	0.01	0.043
IN034	194.00	IN034	193.45	194.5	1.05	D801834	Original	1.19	0.111	0.0005	0.01	0.03	1.985	6.39	1.635	0.0025	2.09
IN034	195.00	IN034	194.5	195.5	1	D801835	Original	4.44	0.069	0.0005	0.001	0.01	0.411	6.36	0.047	0.006	0.679