

EXPLORACIÓN Y CARTOGRAFÍA GEOQUÍMICAS
DE LAS ZONAS OESTE Y SUROESTE DE BADAJOZ

2010

Este estudio ha sido realizado, entre 2006 y Octubre 2010, por un equipo de trabajo del **Instituto Geológico y Minero de España (IGME)**, bajo la Dirección y Coordinación de **Juan Locutura Rupérez**, y de la **Dirección General de Ordenación Industrial, Energía y Minas de la Consejería de Economía y Trabajo de la Junta de Extremadura**, con la Coordinación de **Carlos Alcalde Molero**.

Este equipo está constituido por los siguientes técnicos del IGME:

Alejandro Bel-lan Ballester : Tratamiento de datos-SIG.

Juan Locutura Rupérez: Tratamiento de datos e interpretación. Dirección del proyecto.

Sandra Martínez Romero: SIG-Edición mapas 1/150.000.

Miguel Chamorro Pozo: Estudio mineralométrico con lupa binocular. Toma de muestras de llanuras de inundación, Supervisión y control de campo.

Mariano Martínez Martín: Toma de muestras de llanuras de inundación y de la campaña de orientación. Toma de muestras de control analítico y de muestreo. Supervisión y control de campo.

Los trabajos de toma de muestras en campo, de preparación de muestras y de análisis químicos han sido realizados, en régimen de contratación, por la empresa consultora “**Consultores en Recursos Naturales (C.R.N.)**”, bajo la Dirección de **Juan León Coullaut Sáez de Sicilia**.

La preparación de muestras ha sido efectuada e los laboratorios de IGME de Peñarroya (Córdoba) con la coordinación de **José Francisco Montero Caballero**, y en los laboratorios de GEOPRIN S.A. de Sevilla con la coordinación de **Francisco Jiménez**.

Los análisis químicos han sido efectuados en los laboratorios **ACTLABS**, en Ontario (Canadá).

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	1
2. INTRODUCCIÓN	1
2.1. MARCO Y SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA	1
2.2. OROGRAFÍA	3
2.3.- HIDROGRAFÍA	3
2.4.- CLIMA. VEGETACIÓN	9
2.5. MARCO GEOLÓGICO	10
2.5.1.- ESTRATIGRAFÍA	12
2.5.1.1.- <u>Precámbrico</u>	12
2.5.1.1.1.- Secuencia pre-orogénica	12
2.5.1.1.2.- Secuencia sin-orogénica	12
2.5.1.2.- <u>Paleozoico</u>	12
2.5.1.2.1.- Secuencias ligadas a la fase de Rift	12
2.5.1.2.2.- Secuencias de margen pasivo: Ordovícico-Devónico Inferior	13
2.5.1.2.3.- Cuencas sinorogénicas variscas: Devónico Medio-Pérmico Inferior	14
2.5.1.2.4.- Materiales de cobertera: Cenozoico.	16
2.5.2.- ROCAS ÍGNEAS	16
2.5.2.1.- <u>Rocas ígneas ligadas al Arco Cadomiense</u>	16
2.5.2.2.- <u>Magmatismo asociado a la extensión cambro-ordovícica (3 y 4)</u>	17
2.5.2.3.- <u>Rocas ígneas variscas</u>	17
2.5.3.- TECTÓNICA	18
2.5.3.1.- <u>Zona de Ossa Morena</u>	18
2.5.3.1.1.- Deformación pre-variscica	18
2.5.3.1.2.- Deformación variscica	19
2.5.3.1.3.- Deformación alpina	19
2.5.4.- METAMORFISMO	20
2.6.- MARCO METALOGENÉTICO	20
2.6.1.- <u>Mineralizaciones de hierro</u>	21
2.6.1.1.- Mineralizaciones estratoligadas en rocas volcánicas del Neoproterozoico Superior-Cámbrico	21
2.6.1.1.- Mineralizaciones estratoligadas en rocas volcánicas del Neoproterozoico Superior-Cámbrico	21
2.6.1.2.- Mineralizaciones relacionadas con skarns y remplazamientos de albita-actinolita	24
2.6.1.3.- Mineralizaciones de Fe ligadas a intrusiones subvolcánicas de albititas.	25
2.6.1.4.- Mineralizaciones filonianas	25
2.6.1.4.1.- Indicios en el Cámbrico	25
2.6.1.4.2.- Indicios en el Ordovícico-Silúrico.	25
2.6.1.4.3.- Filones en rocas intrusivas.	25
2.6.2.- <u>Mineralizaciones de cobre</u>	26
2.6.2.1.- Mineralizaciones de Cu en el NeoProterozoico (Fm. Bodonal-Serie Negra)	26
2.6.2.2.- Mineralizaciones filonianas de cobre en el Cámbrico Medio	26
2.6.2.3.- Mineralizaciones filonianas de cobre en el Ordovícico, Silúrico y Devónico.	26
2.6.3.- <u>Mineralizaciones de Ba</u>	26
2.6.4.- <u>Mineralizaciones de W-Bi</u>	26
2.6.5.- <u>Mineralizaciones de Mn</u>	27
2.6.6.- <u>Mineralizaciones de Titanio</u>	28

2.6.7.- <u>Mineralizaciones de Uranio</u> -----	28
2.6.8.- <u>Mineralizaciones de Zn-Pb</u> -----	28
3.- <u>OBJETIVOS Y METODOLOGÍA GENERAL</u> -----	29
4.- <u>GEOQUÍMICA DE ROCAS (LITOGEOQUÍMICA)</u> -----	31
4.1.- <u>OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</u> -----	31
4.1.1.- TOMA DE MUESTRAS-----	31
4.1.2.- PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ROCAS.-----	35
4.1.3.- ANÁLISIS QUÍMICO MULTIELEMENTAL-----	35
4.2.- <u>TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.</u> -----	36
4.2.1.- HISTOGRAMAS -----	36
4.2.2.- DIAGRAMAS DE CAJAS DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS POR TIPOS LITOLÓGICOS. -----	38
4.2.2.- COMPARACIÓN DE LOS RASGOS GEOQUÍMICOS ENTRE UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS. BOX PLOTS POR UNIDADES-----	41
5.- <u>CAMPAÑA DE ORIENTACIÓN</u> -----	48
5.1. <u>METODOLOGÍA Y DESARROLLO</u> -----	48
5.1.1. TOMA DE MUESTRAS -----	48
5.1.2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS-----	49
5.1.3. ANÁLISIS QUÍMICO-----	49
5.1.4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA CAMPAÑA DE ORIENTACIÓN.-----	50
6.- <u>GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE CORRIENTE</u> -----	56
6.1. <u>MUESTREO</u> -----	56
6.2.- <u>PREPARACIÓN DE MUESTRAS</u> -----	59
6.3.- <u>ANÁLISIS QUÍMICO MULTIELEMENTAL</u> -----	60
6.4.- <u>CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA Y DE CALIDAD DEL MUESTREO.</u> -----	61
6.4.1.- CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA.-----	61
6.4.2.- ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL MUESTREO (O VARIANZA INHERENTE A ÉL) -----	66
6.5.- <u>TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN GEOQUÍMICA MULTIELEMENTAL E INTERPRETACIÓN</u> -----	71
6.5.1. ESTUDIO O ANÁLISIS UNIVARIANTE-----	71
6.5.1.1.- <u>Estudio estadístico</u> -----	71
6.5.1.1.1.- Parámetros estadísticos descriptivos-----	71
6.5.1.1.2.- Histogramas-----	74
6.5.1.1.3.- Diagramas de cajas o boxplots de la población total-----	77
6.5.1.1.4.- Gráficos log-probabilísticos (log plots o rectas de Henry) de las concentraciones elementales-----	78
6.5.1.1.5.- Gráficos Cuantil-Cuantil (Q-Q) de los contenidos elementales en sedimentos y suelos-----	80
6.5.1.1.6.- Diagramas de cajas de los contenidos elementales en las poblaciones de suelos y sedimentos por separado-----	82
6.5.1.1.7.- Comparación de contenidos elementales en las muestras de sedimentos-suelos y en las rocas-----	84
6.5.1.2.- <u>Estudio gráfico univariante</u> -----	86
6.5.1.2.1.- Mapas de distribución espacial de los elementos químicos-----	86
6.5.1.2.2.- Mapas de distribución espacial con escala no ecualizada-----	111
6.5.2.- ESTUDIO Y ANÁLISIS BIVARIANTE-----	117
6.5.2.1. <u>Coeficientes de correlación</u> -----	117
6.5.2.2.- <u>Diagramas de correlación binarios</u> -----	119
6.5.3.- ESTUDIO Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE-----	127
6.5.3.1.- <u>Análisis factorial</u> .-----	127
6.5.3.2.- <u>Mapas de distribución ternarios</u> -----	147
6.5.3.3.- <u>Mapas multielementales de distribución por composición de mallas</u> -----	159

6.5.3.4.- <u>Clasificación de la población en clases geoquímicas</u> -----	164
6.5.4.- ANOMALIAS GEOQUIMICAS-----	172
7.- <u>MINERALOMETRÍA Y GEOQUÍMICA DE CONCENTRADOS</u>	
<u>DE MINERALES PESADOS</u> -----	183
7.1. -TOMA DE MUESTRAS-----	183
7.2. -PREPARACION DE MUESTRAS-----	185
7.3.- ESTUDIO MINERALOMÉTRICO CON LUPA BINOCULAR -----	185
7.4.- MAPAS MINERALOMÉTRICOS-----	189
7.5.- ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS CONCENTRADOS DE MINERALES PESADOS-----	204
7.5.1.- <u>Estudio estadístico univariante.</u> -----	204
7.5.1.1.- Histogramas-----	204
7.5.1.2.- Diagramas de cajas (Box Plots) -----	206
7.5.1.3.- Parámetros estadísticos descriptivos-----	207
7.5.2.- <u>Estudio gráfico univariante</u> -----	208
7.5.3.- <u>Estudio bivalente</u> -----	218
7.5.4.- <u>Análisis multivalente</u> -----	224
8.- <u>SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN GEOQUÍMICA.</u>	
<u>ÁREAS ANÓMALAS Y CONCLUSIONES.</u> -----	231
8.1.- SÍNTESIS FINAL DE ANOMALÍAS Y ÁREAS PROSPECTIVAS-----	231
8.1.1.- CONCLUSIONES DE TIPO GEOLÓGICO-----	231
8.1.2.- CONCLUSIONES DE TIPO GEOQUÍMICO-METALOGÉNICO-----	234
8.1.3.- CONCLUSIONES DE TIPO PROSPECTIVO.	
DEFINICIÓN DE ZONAS ANÓMALAS-----	234
9.- <u>CONSIDERACIONES MEDIO AMBIENTALES</u> -----	259
9.1.- ZONIFICACIÓN DEL ÁREA CON RESPECTO	
A UMBRALES DE CONTAMINACIÓN-----	259
9.2.- DISTRIBUCIÓN DE MUESTRAS CON VALORES SUPERIORES A LOS	
NIVELES DE REFERENCIA.-----	268
9.3.- GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE LLANURAS DE INUNDACIÓN-----	272
10.- <u>CONCLUSIONES GENERALES DEL ESTUDIO</u> -----	285
11.- <u>BIBLIOGRAFÍA</u> -----	288

1. ANTECEDENTES

El estudio “Cartografía y Exploración Geoquímica en Ossa Morena, Sur Oeste y Oeste de Badajoz” se ha realizado en el marco de un Convenio Específico entre la Consejería de Economía y Trabajo de la Junta de Extremadura y el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) para este fin. Se ha desarrollado entre 2007 y 2010. A todos los efectos este estudio constituye la segunda fase del previamente realizado entre 2003 y 2006 con el título “Cartografía y Exploración Geoquímica en Ossa Morena, Sur de Badajoz”. Por ello, y dada la contigüidad de las zonas de trabajo de ambos proyectos y la similitud de los planteamientos técnicos, en esta memoria se harán constantes referencias a él, con la denominación abreviada de “CEGOM-Fase 1”.

Las técnicas de prospección geoquímica han sido ampliamente utilizadas en el territorio de Extremadura, tanto en sedimentos de corriente como en suelos, aplicadas a la búsqueda de mineralizaciones de metales base, uranio, oro, estaño y wolframio. Esta actividad ha sido desarrollada fundamentalmente por organismos de las administraciones central (IGME) y autonómica (Dirección General de Industria y Minas de la Consejería de Economía y Trabajo) o por empresas mineras. Las campañas realizadas tenían unos fines muy específicos y, en general, se han basado en un escaso número de elementos químicos.

La exploración geoquímica o la cartografía geoquímica con enfoque regional y multielemental tienen, sin embargo, escasos antecedentes. Cabe citar únicamente, en este sentido, las campañas realizadas por PRESUR en los años 1980 en la Reserva del Estado “La Monaguera” y por el IGME en la Reserva “Alange-Campillo” en el marco del Programa de Exploración Sistemática (P.E.S.). La primera, en un área situada al Sur de la del presente proyecto, se fundamentó en el empleo de sedimentos de corriente y tuvo un carácter multi-elemental. Fruto de ese estudio fue la definición de numerosas anomalías geoquímicas, una de las cuales condujo, tras estudios de detalle, a la identificación del yacimiento de níquel-cobre de Agua Blanca, actualmente en explotación por Río Nancea Gold Mines S.A. La segunda, asimismo basada en sedimentos de corriente y, en forma complementaria, en muestras de concentrados de minerales pesados se hizo con una densidad de muestreo de 2 muestras por km² y en ella se analizaron 22 elementos químicos.

El presente trabajo representa una prolongación de otros anteriores mencionados y una continuidad evidente del “CEGOM Fase 1”, y se caracteriza, como este último, por su carácter multi-elemental, por su alta resolución y densidad de muestreo y por ser una exploración “multi-media”, al utilizar varios medios de muestreo complementarios. Este estudio de carácter regional, sistemático y multi-elemental, continúa una nueva vía de aplicación de las técnicas geoquímicas en Extremadura, en sintonía con los grandes programas de cartografía geoquímica regional en desarrollo en numerosos países. Esta corriente de trabajo en el terreno de la geoquímica comenzó con la reutilización de la geoquímica de exploración regional con otros fines más amplios y ambiciosos. En la actualidad, constituye ya una actividad infraestructural con identidad propia, que la mayor parte de los Servicios Geológicos nacionales asume como básica para campos de investigación muy diversos. Están en gestación o en avanzado estado de desarrollo, según los países, programas nacionales de cartografía geoquímica, habiendo incluso iniciativas de ámbito mundial, como la que promueve la UNESCO en el Programa IGCP 259 (Darnley et al., 1995). En la actualidad el IGME está desarrollando un ambicioso proyecto de cartografía geoquímica de la totalidad del territorio Nacional, con la utilización de varios tipos de medios de muestreo y distintos tipos de análisis químicos (extracciones totales y parciales) aunque, evidentemente con una menor densidad de muestreo de la que tienen estudios regionales como el presente (“Cartografía Geoquímica de sedimentos y suelos. Mapa Geoquímico de España”).

2. INTRODUCCIÓN

2.1. MARCO Y SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA

El área de trabajo se localiza en la zona oriental y suroriental de la provincia de Badajoz y está limitada al Oeste por el límite con Portugal (Río Guadiana), al Norte con la Cuenca Terciaria del Guadiana (incluida en pequeña proporción en este estudio), Al E con la zona estudiada en la Fase 1 de este proyecto y, al Sur

con la provincia de Huelva. Al SE de la zona se encuentra la antigua Reserva del Estado “Monaguera” explorada por Presur. Está situada, en su casi totalidad en el dominio de la zona de Ossa Morena. La superficie de la zona de estudio, **de aproximadamente 2.465 km²**, se distribuye por 10 hojas 1/50.000 del Mapa Topográfico Nacional a escala 1/50.000. Las 10 hojas 1/50.000 del M.T.N. representadas en la zona de trabajo son las siguientes:

800 (Villareal), **801** (Olivenza), **826** (Cheles), **827** (Alconchel), **851** (Rabito), **852** (Villanueva del Fresno), **873** y **874** (Oliva de La Frontera), **875** (Jerez de Los Caballeros), **896** (Higuera La Real). En conjunto, el área tiene aproximadamente una **superficie de 2.465 km²**, equivalente a la de **4,6 hojas 1/50.000**.

La situación del área y el perímetro de las hojas 1/50.000 en ella representadas puede verse en la figura 2-1 y en la 2-2 (sobre la base geológica).

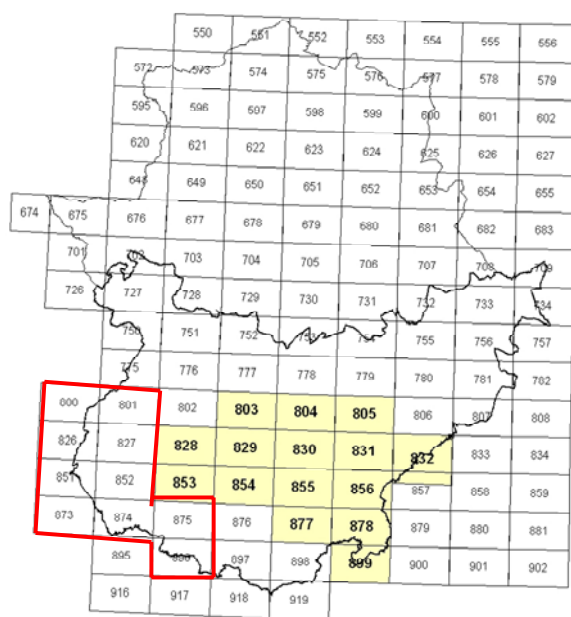


Figura 2-1. Situación de la zona de trabajo (con borde rojo) y hojas 1/50.000 a las que afecta. Con fondo amarillo, zona de trabajo del proyecto CGEOM-Fase 1

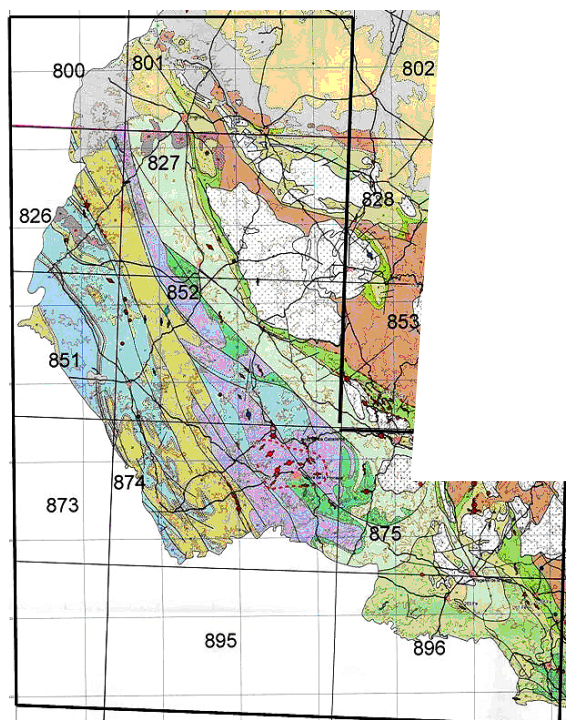


Figura 2.2. Hojas 1/50.000 comprendidas en la zona de estudio, sobre esquema geológico

2.2. OROGRAFÍA

En términos generales, la zona de estudio presenta un relieve con escaso contraste entre los distintos dominios fisiográficos que la componen. (Figura 2.3). Constituye una prolongación hacia el O y SO de la meseta de la Mancha aunque con un descenso sensible de cotas absolutas. La altitud oscila entre 200 y 500 m y decrece progresivamente, aunque con algún escalón poco pronunciado como los de las Sierras de Alor (611 m) o la de la Sierra de Las Puercas, entre Olivenza e Higuera de Vargas, y la del Perdón, desde la parte más oriental hacia el valle del Río Guadiana. La zona intermedia, con una cota media de unos 400 m es una amplia penillanura que, hacia el Este presenta pues una cierta elevación media hasta los 500 m y muestra un relieve algo más notable, al situarse en las estribaciones occidentales de una serie de sierras con dirección N120° a N150°, con alturas entre 700 y 800 m (Sierras de Salvatierra, de Monsalud (737 m) cerca de Nogales, y la Sierra de Santa María (806 m), en las proximidades de Barcarrota, cuyas cotas máximas se alcanzan cerca del límite oriental de la zona, pero fuera de ella. Localmente, existen en esta zona oriental algunos valles encajados, con diferencias de cotas apreciables en pequeñas distancias, que dan lugar a relieves algo abruptos, entre llanuras con 300-400 m de cota y las pequeñas sierras que se elevan por encima de los 600 m.

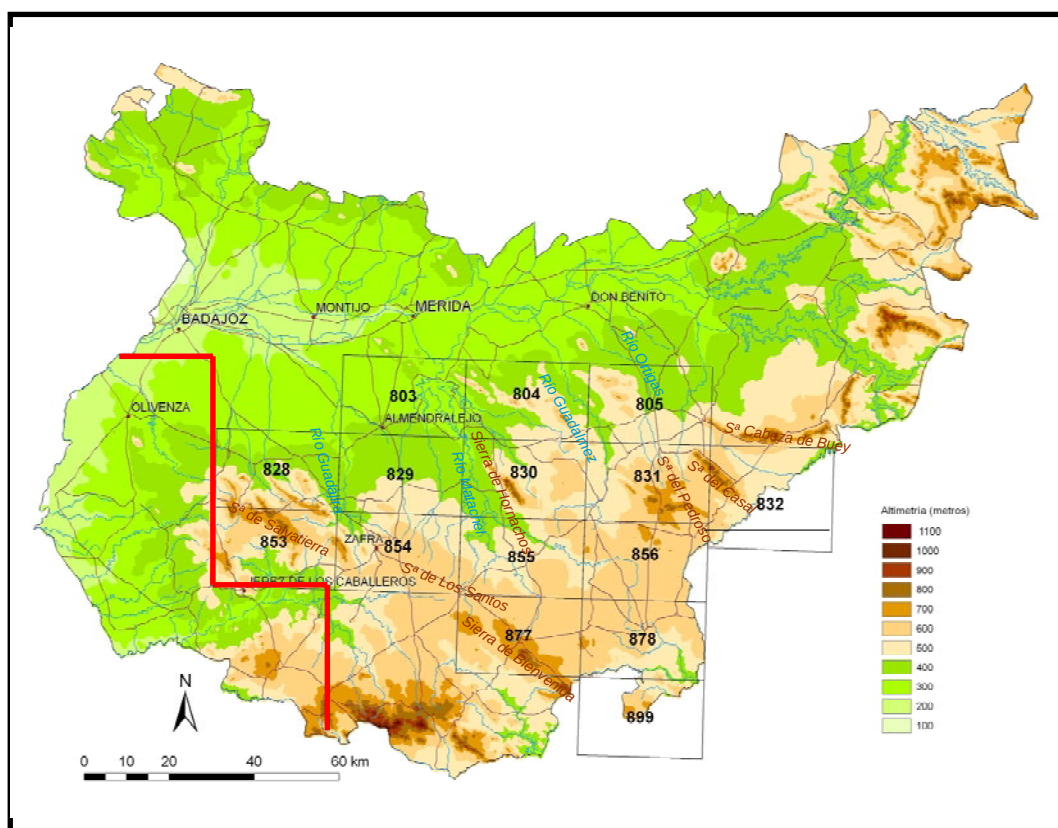


Figura 2.3. Situación de la zona de trabajo sobre el mapa orográfico de la provincia de Badajoz

Más al Sur, en el área de Fregenal, las estribaciones de Sierra Morena y más concretamente de la Sierra de Aracena, se manifiestan en la Sierra de San Salvador con cotas superiores a los 600m y que constituye el límite fisiográfico de la zona. Más al Este y ya en el área del anterior proyecto (CGOM-Fase 1) se encuentra la Sierra de Tudia, con elevaciones de hasta 1100 m..

Algunas formas de paisaje se presentan en las fotos 2.1 a 2.10.

2.3.- HIDROGRAFÍA

La red hidrográfica se articula en torno al Río Guadiana. La mayor parte de los cursos de agua de la zona son de muy pequeña importancia y vierten sus aguas en él. En la zona septentrional lo hacen con dirección hacia el Norte y se estructuran con respecto a ríos de mayor entidad, como el Guadajira. Ela

zona central y Sur, los arroyos y riberas tienen direcciones cercanas a la E-O, para verter sus aguas en el Guadiana cuyo curso en ese sector es N-S. Destacan los ríos o riberas de Olivenza, Alconchel, Godolid y Alcarrache, aunque el más significativo, es el Río Ardila, en el sector meridional, y cuyo nacimiento está en las cercanías de Monasterio. Desemboca en el Guadiana ya en Portugal. En definitiva, la mayor parte de los cursos de agua nacen en los relieves montañosos del anticlinorio de Olivenza-Monasterio y vierten en el Guadiana (Figura 2.5)

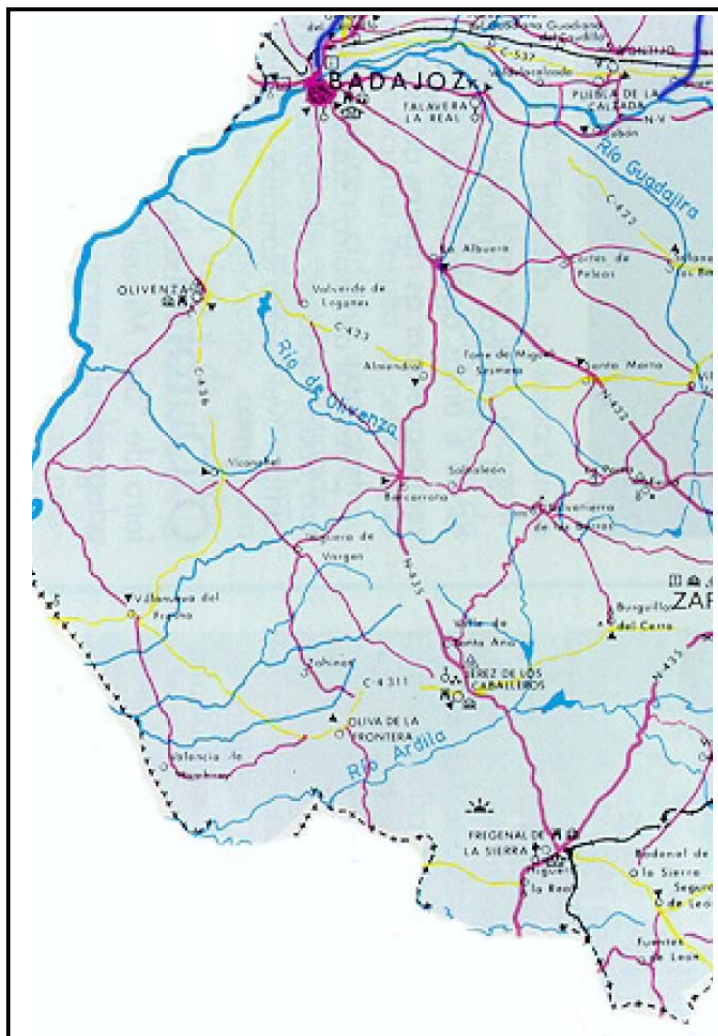


Figura 2-4. Red hidrográfica del sector SO de la provincia de Badajoz (Fuente: Guisad, L. et al. 2002)

Una representación más detallada (Figura 2.5), elaborada a partir de la cartografía topográfica 1/50.000 (IGN) permite observar los rasgos de la estructura de la red hidrográfica de la zona de estudio.

En esta figura puede apreciarse que la red hidrográfica de orden menor (arroyos de 1º, 2º, 3º, 4º y hasta 5º orden es, en general, densa y con estructura en arborescente. Puede, sin embargo, observarse cómo predominan, en los cursos de orden superior, direcciones más norteadas en el sector N de la zona, direcciones O-E en los sectores central y occidental, y hacia el SO en el sector S y SE. Asimismo, pueden apreciarse diferencias en la densidad de la red hidrográfica según áreas, con un marcado control geológico, función de la mayor o menor competencia de las rocas del basamento, así como del relieve. Destacan por la gran densidad de la red los afloramientos de dirección NO-SE de las unidades Ordovícicas y Cámbricas Fm. Barrancos y Fm. Fatuquedo. Los sectores con estructura más laxa corresponden a los materiales Terciarios del N de la zona, con un relieve más llano, y al sector SO, formado por unidades detríticas cámbricas y con un relieve más pronunciado.

Por las características climáticas de la zona, sobre todo en la penillanura y en la zona septentrional, con menor pluviosidad, los arroyos suelen estar secos en los meses estivales, mientras que en el sector de las sierras del O y SO, algo más lluviosas, suelen llevar agua durante gran parte del año (Fotos 2.11 a 2.17.

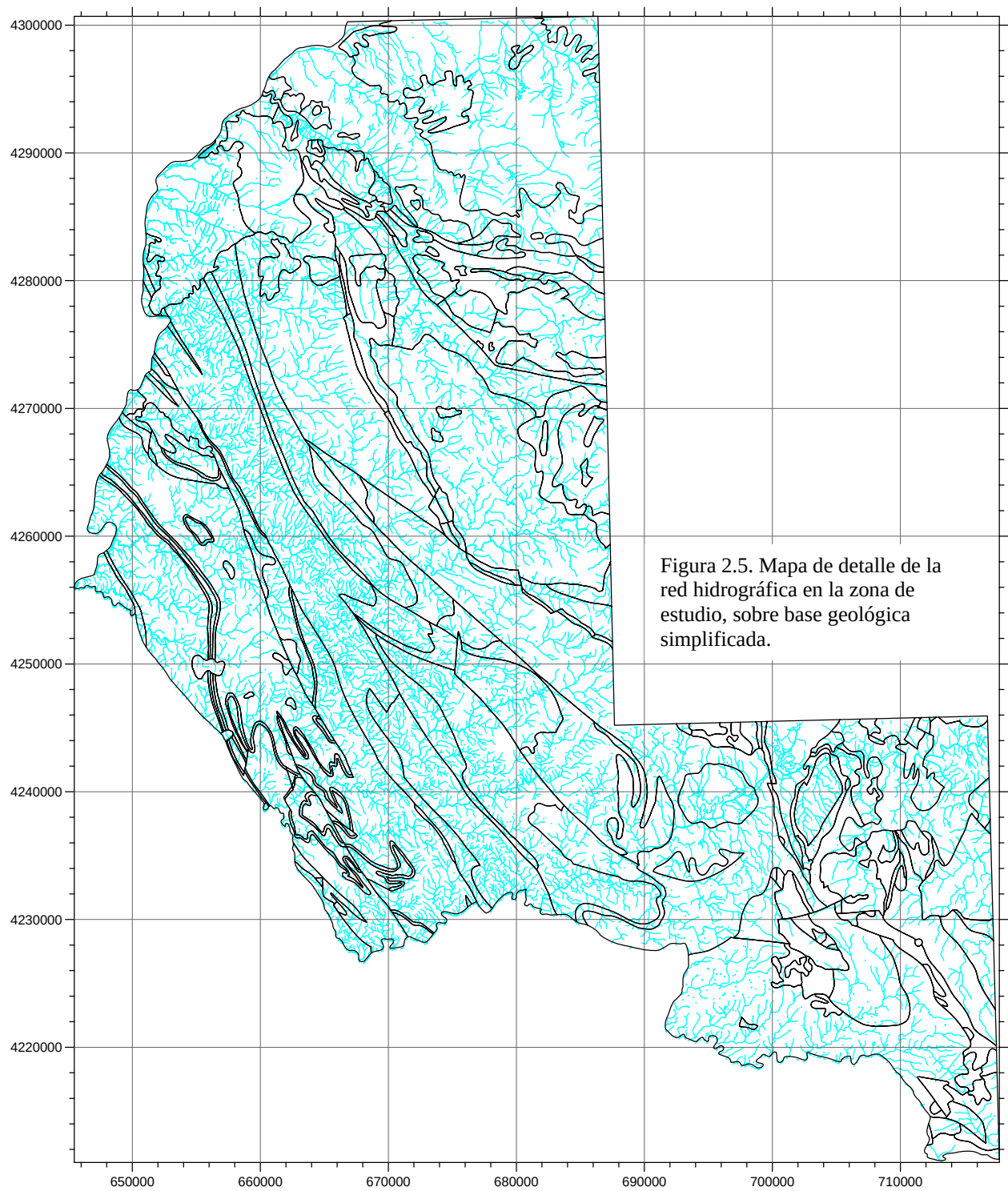




Foto 2.1. Forma del paisaje al Sur de Olivenza
Substrato de rocas detrítica del Paleozoico inferior



Foto 2.2. Vista de la dehesa en los Llanos de Olivenza, en la penillanura.



Foto2.3. Paisaje alrededor de un punto de muestreo, en zona con algo de relieve, en el entorno de Jerez de Los Caballeros. Basamento de rocas intrusivas. Muestra 7004-T



Foto 2.4. Vista de un pequeño cerro en la penillanura, sobre rocas intrusivas cámbricas- En la hoja topográfica 1/50.000 nº 875



Foto 2.5. Pequeñas elevaciones sobre la penillanura en terrenos formados por rocas del Paleozoico inferior (Cámbrico). Vegetación dispersa de quejigos y matorral. SurOeste de Olivenza.



Foto 2.6. Aspecto de la Dehesa en la zona de los Llanos de Olivenza, en la penillanura.



Foto 2.7. Aspecto de la penillanura del N de la zona de estudio, en la cuenca del Guadiana, con cultivos de cereales.



Foto 2.8. Vista de un área de penillanura, ocupada por dehesa, entre Olivenza y Alconchel.



Foto 2-9. Vista de la penillanura central con pastizales y dehesa dispersa, cerca de estribaciones de las sierras orientales (formadas por rocas intrusivas). Zona al O de Barcarrota.



Foto 2.10. Panorámica de la dehesa cubriendo el relieve de penillanura. Al fondo, hacia el Sur Oeste, elevaciones de las sierras orientales (Jerez).



Foto 2.11. Vista, aguas arriba, de un arroyo seco en una zona con relieve algo accidentado (Sierra de las Puercas). Depósito de fondo del cauce formado por bloques, grava y arena (rocas detríticas del Paleozoico inferior).



Foto 2.12. Vista de un cauce seco, con depósito grosero formado por gravas y arenas con algunos fragmentos del tamaño de bloques. Zona central, de penillanura.



Foto 2-13. Arroyo con cauce seco y lecho formado por bloques y, en forma minoritaria por gravas y arenas, procedentes de materiales detríticos del Paleozoico inferior. En el entorno vegetación de matorral.



Foto 2-14. Cauce con flujo de agua activo. Zona de penillanura, en proximidades a relieves (detrás) formados por rocas intrusivas. (Hoja 1/50.000 nº 875)



Foto 2-15. Paisaje similar al de la foto anterior, mostrando un canal con flujo de agua. Al fondo, tras la penillanura en primer plano relieves formados por rocas intrusivas. Zona de Barcarrota. Hoja 1/50.000 nº 852.



Foto 2-16. Aspecto de un pequeño cauce con flujo de agua, erosionando a su llanura aluvial, con bloques y cantos de rocas detríticas del Paleozoico inferior. Penillanura al Suroeste de Olivenza. Hoja 1/50.000 nº 852



Foto 2-17. Detalle del depósito de fondo de un cauce de arroyo seco. Aspecto muy heterogranular, con predominio de cantos y arenas gruesas derivadas de la erosión de cuarcitas y areniscas (Paleozoico inferior)

2.4.- CLIMA. VEGETACIÓN

La región está sometida a un clima mediterráneo-continental, aunque con una continentalidad menos acusada que en la meseta castellana, por cuanto las influencias atlánticas pueden penetrar fácilmente por el territorio más abierto de Portugal. Las temperaturas medias invernales se sitúan en torno a los 8-9° C, mientras que las veraniegas alcanzan los 25° C. Las precipitaciones no son abundantes, alcanzando, como media los 600 mm, aunque pueden ser algo menores en las áreas septentrionales de la zona en las que la media anual puede ser del orden de los 400 mm, pero también mayores, cercanas a los 1.000 mm, en el sector Sy SO de las estribaciones de las Sierras.

Las variaciones de relieve y morfología, así como de altitud, dan lugar a pequeños dominios morfoclimáticos en los que varían, a veces, los tipos de suelos y de vegetación. Son frecuentes en las zonas de sierra los depósitos coluvionares. Aunque, como ya se ha dicho, localmente pueden encontrarse suelos profundos y bien estructurados en zonas de valle o en llanuras, son mucho más predominantes los suelos raquíuticos y poco desarrollados que constan esencialmente de un horizonte C de material fragmentado y ligeramente descompuesto.

La vegetación original de la Península, el encinar mediterráneo, se conserva particularmente en la región extremeña. Hoy en día el encinar primario ha sido aclarado, dando lugar al paisaje de dehesas (fotos 2.2, 2.6, 2.8 y 2.10). Las dehesas de encina ocupan gran parte en las penillanuras y zonas de menor altitud, cediendo el lugar, en las sierras y por encima de los 600-700 m a otras especies arbóreas, como robledales, quejigares y castañares. En las zonas bajas son también muy frecuentes los matorrales de jara, retamas y plantas aromáticas, así como los pastizales. En zonas meridionales, es común la presencia de olivares, mientras que en las zonas septentrionales de la cuenca del Guadiana predominan los cultivos de cereal.

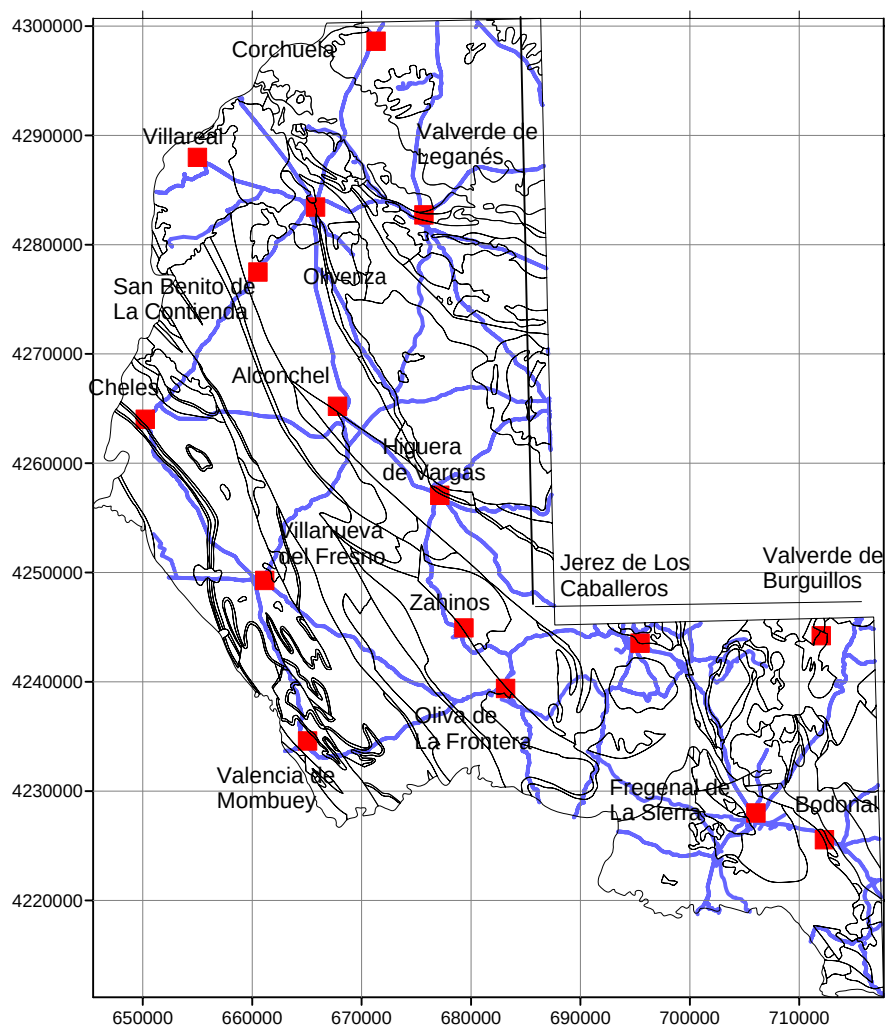


Figura 2.6. Red de comunicaciones y principales núcleos de población de la zona

La ganadería, el turismo y la agricultura constituyen las actividades económicas más comunes en la zona. La industria, en su mayor parte de carácter agropecuario, se localiza en los principales núcleos de población de la zona. Sin embargo en algunos de ellos, como Jerez de Los Caballeros (9.000 habitantes) u Olivenza 12.000 habitantes), se desarrolla una creciente actividad industrial en sectores diversos, entre otros los de maquinaria agrícola y manufacturas metálicas. Algunas de estas industrias están o han estado en relación con las actividades mineras que, en tiempos recientes, han constituido uno de los sectores industriales más importantes. Los principales núcleos e población en el sector estudiado y las principales vías de comunicación están representados en la figura 2.6.

2.5. MARCO GEOLÓGICO

Dados los objetivos específicos de esta memoria, nos limitamos en este apartado a hacer una breve reseña de los principales rasgos geológicos del área, insistiendo en aquellos que tienen una mayor repercusión geoquímica, esencialmente los litológicos.

En la provincia de Badajoz y, más concretamente en el área en que se desarrolló el proyecto CGOM-Fase 1, se encuentran representadas dos de las zonas en las que tradicionalmente se subdivide el Macizo Ibérico, la zona Centro Ibérica (ZCI) y la zona de Ossa Morena (ZOM), separadas por la gran estructura de cizalla Badajoz-Córdoba (ZCBC). A escala regional, se distinguen diversos dominios estructurales, también presentes en el área. Estos y las estructuras o accidentes que los limitan son los siguientes:

Dominio Lusitano Alcúdico (DLA)
Falla de Peraleda-San Pedro de Mérida Montoso

Dominio Ovejo -Valsequillo - Puebla de la Reina (DOVPR)
Falla Hornachos- Villaharta

Zona de Cizalla Badajoz Córdoba (ZCBC)
Falla de Azuaga

Dominio Sierra Albarrana (DSA)
Falla de Malcocinado.

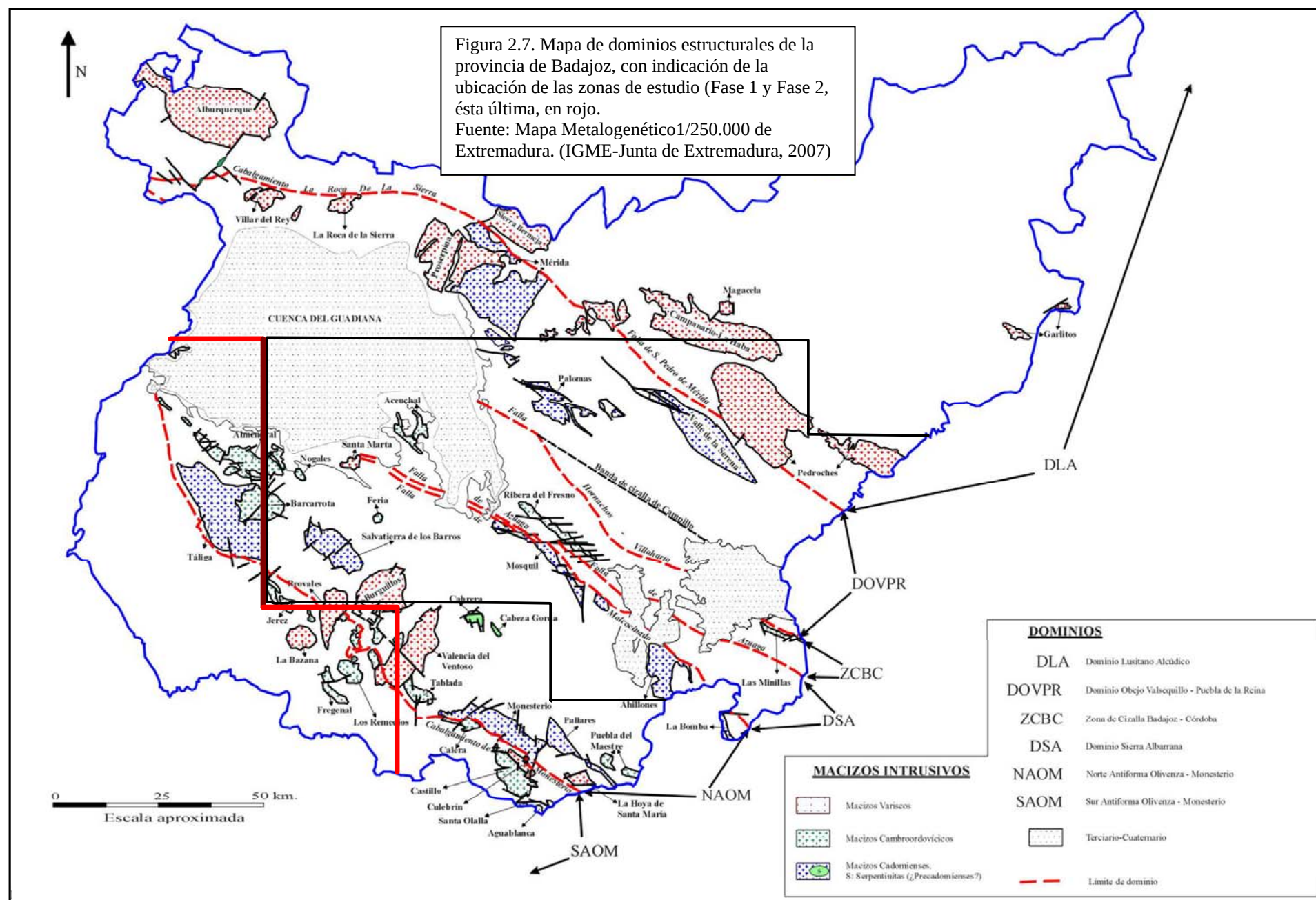
Sector septentrional (N) de la antiforma Olivenza Monesterio (NAOM).
Cabalgamiento de Monesterio y su prolongación occidental, según fallas tipo "strike-slip" asociadas

Sector meridional (S) de la antiforma Olivenza-Monesterio (SAOM)
Falla de Beja-Valdelarco (fuera de los límites de la zona)

Un esquema regional, reducido a los límites provinciales de Badajoz, mostrando la distribución de estos dominios estructurales y la ubicación de la zona de trabajo, aparece en la figura 2.7 (Fuente: Mapa Metalogenético de Extremadura a escala 1/250.000. Junta Extremadura-IGME. 2006).

Los dominios más meridionales anteriormente citados (SAOM, NAOM y DSA) son asimilados claramente a la ZOM. El dominio DLA, aflorante en la provincia de Badajoz corresponde al área más meridional de la ZCI. El DOVPR presenta un zócalo proterozoico de clara afinidad Ossa-Morena y una cobertera paleozoica netamente Centro-Ibérica. La ZCBC representa una banda compleja caracterizada por una intensa deformación milonítica que en trabajos recientes se asume como unidad de carácter superior que separa las ZCI y ZOM (Quesada, 1997; Ábalos et al., 2002).

En la zona de trabajo del presente estudio está representada **únicamente la zona de Ossa Morena** y, dentro de ella, los **dominios más meridionales de los anteriormente citados, el del Sector septentrional (N) de la antiforma Olivenza Monesterio (NAOM) y el del Sector meridional (S) de la antiforma Olivenza-Monesterio (SAOM)**. El contacto El dominio de Sierra Albarrana (DSA) y la zona de cizalla Badajoz-Córdoba, no son visibles en el área de trabajo, probablemente por hallarse recubiertos, en su prolongación hacia el ONO por los depósitos Terciarios de la Cuenca del Guadiana.



2.5.1.- ESTRATIGRAFÍA

Un esquema geológico más detallado de la zona de trabajo, con expresión de las principales unidades litoestratigráficas se encuentra en la figura 2.8, elaborada a partir de las bases geológicas de los Mapas Metalogenéticos de la provincia de Badajoz a escala 1/200.000 (2005) y de Extremadura a escala 1/250.000 (2006). Los apartados siguientes, relativos a la geología de Ossa Morena y, en particular, de la zona de trabajo, se basan asimismo en las memorias de dichos Mapas. .

La secuencia estratigráfica que muestran los materiales aflorantes en la zona reflejan la evolución geodinámica de este segmento de la corteza, marcada por dos grandes ciclos de convergencia litosférica causantes de la orogenia Cadomiense y la orogenia Varisca, separados por un gran periodo distensivo generalizado entre el Cámbrico y el Devónico Inferior.

Finalmente, y de forma muy atenuada, la orogenia Alpina produce la reactivación de antiguos accidentes y da lugar a la formación de los relieves y fosas que controlan la ubicación de la mayor parte de los depósitos terciarios y cuaternarios y, en consecuencia, perfila el paisaje actual de la provincia.

2.5.1.1.- Precámbrico

2.5.1.1.1-Secuencia pre-orogénica

Serie Negra.

En los sectores mas meridionales, relacionados con la antifoma de Monesterio, la Serie Negra está constituida por una alternancia monótona de metagrauvacas, esquistos y cuarzo-esquistos, con intercalaciones de anfibolitas y metavolcanitas, y pasadas de cuarcitas negras y pequeños lentejones calizos que, a techo, pasa a una alternancia de grauvacas y pizarras con abundantes pasadas volcano-sedimentarias e intercalaciones de cuarcitas negras y calizas, la Sucesión de Tentudía (Eguíluz, 1988). Apenas presentan estructuras sedimentarias, lo que, junto a su monotonía, ha llevado a interpretarlas como sedimentos sinorogénicos profundos relacionados con un arco. En la zona más profunda, el metamorfismo alcanza el grado alto y se forman domos anatécicos como el del embalse del Pintado o el de Monesterio, cuya edad ha sido estimada en Ca 530 Ma.

2.5.1.1.2.- Secuencia sin-orogénica

Fm Bodonal

Aflora en el sector meridional de la Antiforma de Monesterio, entre Cala y el N de Jerez de los Caballeros. Esta constituida por una sucesión de riolitas, tobas cristalinas y cineritas de composición ácida. Se sitúa discordante sobre la *Serie Negra* y pasa de forma gradual a los materiales del Cámbrico Inferior carbonatado a través de un tramo de calcoesquistos. Dataciones radiométricas aportan una edad de Ca 514 Ma (Ordóñez, 1998), que sitúan la *Fm. Bodonal* en el Cámbrico Inferior. Su significado es análogo a la Fm. Malcocinado, con cuyos tramos superiores, aflorantes en Córdoba serían correlacionables. Esta formación volcánica es interpretada como un arco volcánico continental de tipo andino con subducción hacia el sur.

2.5.1.2.- Paleozoico

2.5.1.2.1.- Secuencias ligadas a la fase de rift

Serie Detrítica Inferior. (19).Cámbrico Inferior.

La Serie Detrítica Inferior se encuentra representada preferentemente en el sector septentrional de la Antiforma Olivenza - Monesterio. Está constituida por pizarras, areniscas y conglomerados. Tramos de pizarras en la parte superior con abundantes fósiles y pistas que permiten atribuir a esta unidad una edad Cámbrico Inferior. Pasa gradualmente a la unidad superior carbonatada.

Está escasamente representada en la zona de estudio, salvo en su sector SO.

Formación Carbonatada. (20). Cámbrico inferior

La serie precedente pasa de forma gradual a la Fm. Carbonatada, constituida por una alternancia de calizas con proporciones variables de intercalaciones pelíticas que se conocen con diversos nombres locales como Fm. Alconera, Calizas del Cañuelo, etc. En el sector septentrional afloran en Mérida, donde aparecen skarnificadas por el granito tardivarisco de Proserpina (Gonzalo, 1987), y en las proximidades de Alange, donde corresponden a bancos de escasa continuidad lateral de calizas bioconstruidas, con restos fósiles (mallas algas, estromatolitos, restos de trilobites, etc.) atribuidos al Ovetiense Inferior. En la zona estudiada aparece en afloramientos de poco espesor pero de gran continuidad, sobre todo en la mitad septentrional equivalente al dominio NAOM.

Serie Detrítica Superior. (21). Cámbrico Inferior.

Se dispone concordantemente a techo de la Fm Carbonatada. Está constituida por una alternancia de pizarras y areniscas que se hacen dominantes hacia techo donde pueden encontrarse tramos cuarcíticos de cierta importancia.

La serie presenta un importante registro fósil (Acritarcos e icnofósiles) que permiten atribuirlo a la parte alta del Cámbrico Inferior. Desde el punto de vista paleogeográfico representa un ciclo regresivo de distribución mundial (regresión Hacke Bay).

Fm. Esquistos de Jerez.(22). Serie esquistos-volcánica. Cámbrico Inferior.

En el sector meridional de la Antiforma Olivenza-Monesterio, por encima del tramo carbonatado se encuentra una serie detrítica grosera que muestra una influencia volcánica muy acusada que se ha denominado tradicionalmente como Esquistos de Jerez. Los Esquistos de Jerez (IGME, 1981) están constituidos por una secuencia de pizarras y grauvacas, con intercalaciones arcósicas y de rocas volcánicas ácidas y básicas. Aunque su edad no está determinada de forma definitiva, sus relaciones con los materiales de su entorno permiten asignarlas al Cámbrico Inferior, superiores a las calizas, sin mayores concreciones.

Esta unidad está ampliamente representada en el área de este estudio, esencialmente en el dominio NAOM.

Complejo volcano-sedimentario. (23). Cámbrico Medio.

Por encima de los Esquistos de Jerez se dispone un tramo político en el que se intercalan importantes pasadas de volcanitas ácidas y básicas, de carácter alcalino, que constituyen un complejo volcano-sedimentario, que se interpreta como relacionado con un volcanismo bimodal y estrechamente relacionado con la extensión (Rift) del Paleozoico Inferior. Está ampliamente representado en la zona.

Fm. Fatuquedo. (24). Cámbrico Medio a Superior.

A techo de la serie volcano-sedimentaria se dispone, en la NAOM, una secuencia de pizarras con abundantes intercalaciones de areniscas finas y limos. Los datos disponibles permiten atribuirlos al Cámbrico Superior.

2.5.1.2.2.- Secuencias de margen pasivo: Ordovícico-Devónico Inferior

Fm. Esquistos de Barrancos (25). Ordovícico Inferior a Superior.

Discordantemente sobre los materiales anteriormente descritos, aparece una secuencia pizarrosa monótona, con laminaciones arenosas, de hasta 4400 m de espesor. En su base, y discordante con respecto al complejo volcano-sedimentario, hay un nivel de conglomerados. La secuencia se hace

gradualmente más arenosa hacia el techo pasando a un tramo de areniscas y grauvacas de potencia decamétrica, al que se atribuye una edad correspondiente al Caradoc, base del Ordovícico Superior.

Pizarras ampelíticas con niveles de liditas negras. (29). Silúrico.

El silúrico está representado por una serie compresiva de de 20-30 m de potencia formada por pizarras ampelíticas con niveles de liditas negras, con fauna del Silúrico Inferior y Medio (Gutiérrez Marco et al. 2002).

Fm. Esquistos Raiados. (31). Devónico inferior.

Hacia el Oeste, se dispone sobre el Silúrico, una secuencia de pizarras oscuras con finas laminaciones arenosas, sobre la cual se sitúan secuencias de esquistos negros con cloritoides y tramos de pizarras y calizas fosilíferas.

Alternancia de pizarras y cuarcitas. (32). Devónico inferior

Localmente, y con escasa representación en la zona de estudio, se dispone sobre la unidad anterior o en continuidad con ella, un tramo de pizarras y cuarcitas con cuarcitas ferruginosas a techo.

2.5.1.2.3.- Cuencas sinorogénicas variscas: Devónico Medio-Pérmico Inferior

Flysch de Terena. (33).Devónico Medio-Superior.

Los materiales sinorogénicos variscos de Ossa Morena están representados por el Flysch de Terena, que aflora casi exclusivamente en el SO de la provincia (estando ampliamente representados en la zona de trabajo). Está formado por una secuencia turbidítica de pizarras, grauvacas y conglomerados. Estos contienen cantos estructurados de las formaciones infrayacentes.

Estos materiales aparecen discordantes sobre el Silúrico aunque no parece existir una laguna estratigráfica apreciable. Se les asigna una edad Devónico Medio-Superior.

Flysch Culm de los Pedroches. (37).Carbonífero Inferior.

Los materiales de esta unidad están escasamente representados en el área de estudio, salvo en lagunos afloramientos de escasa superficie en la parte septentrional.

El Carbonífero inferior está constituido por una secuencia turbidítica en facies Culm discordante sobre los materiales más antiguos. Corresponden a depósitos fluvio-deltáicos pizarrosos, areniscosos y conglomeráticos, con frecuentes intercalaciones de rocas volcánicas. Se atribuye a esta unidad una edad Namuriense-Viseense.

Conglomerados, areniscas y lutitas. (38). Carbonífero Superior-Pérmico Inferior.

Los materiales que constituyen esta unidad son conglomerados, areniscas y lutitas, con algunas intervalaciones locales de rocas volcánicas básicas. Corresponden a medios de abanico aluviales en la parte basal, a abanicos distales en los tramos medios y, probablemente a medios marinos someros en los tramos superiores. Estos depósitos se han atribuido al Carbonífero Superior, Westfaliense .Estefaniense , e incluso al Pérmico Inferior.

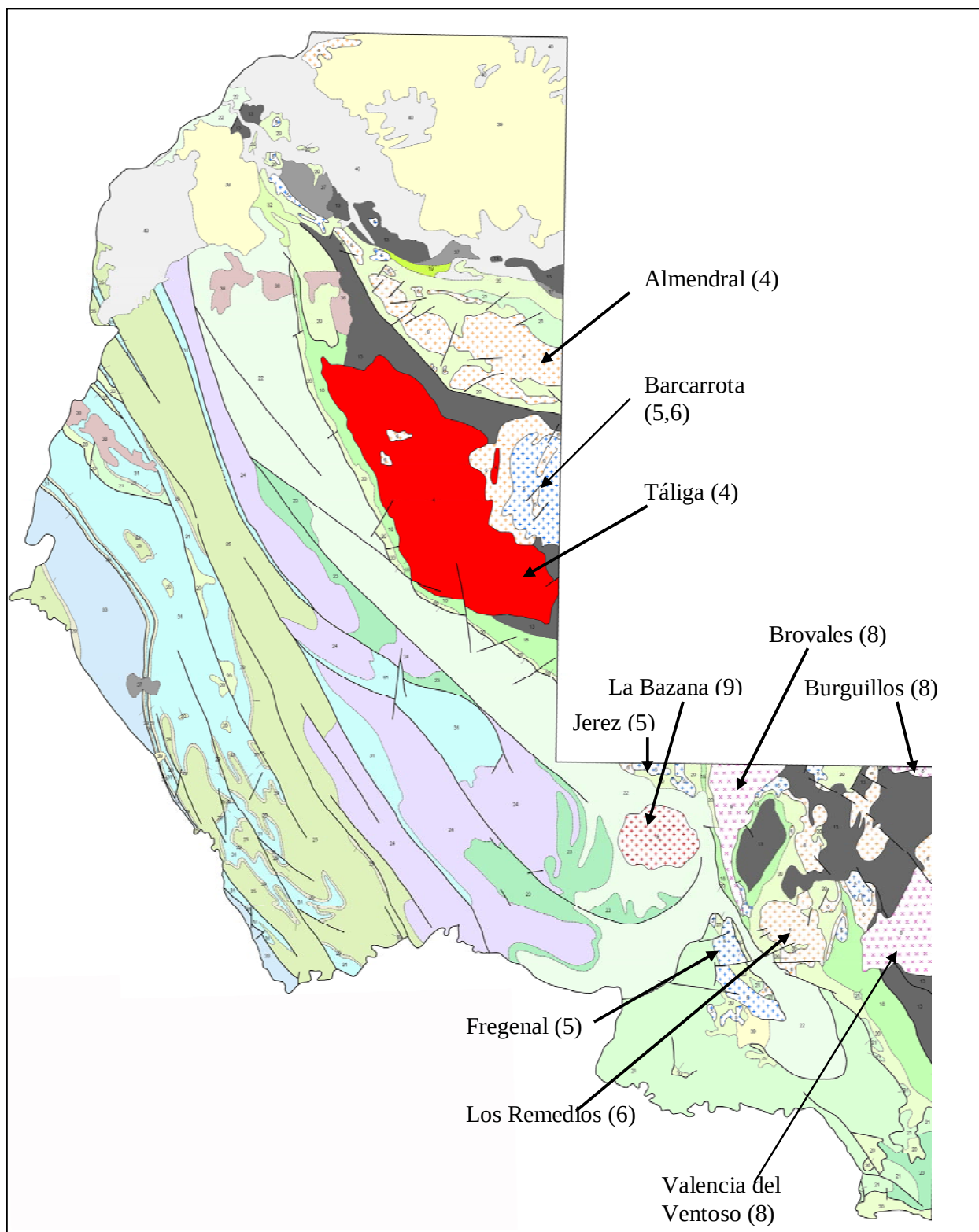


Figura 2-8. Esquema geológico del área de estudio.

Fuente: Bases geológicas de las Mapas Metalogenéticos de la Provincia de Badajoz a escala 1/200.000 y de Extremadura a escala 1/250.000. IGME-Junta de Extremadura.2005 y 2006.

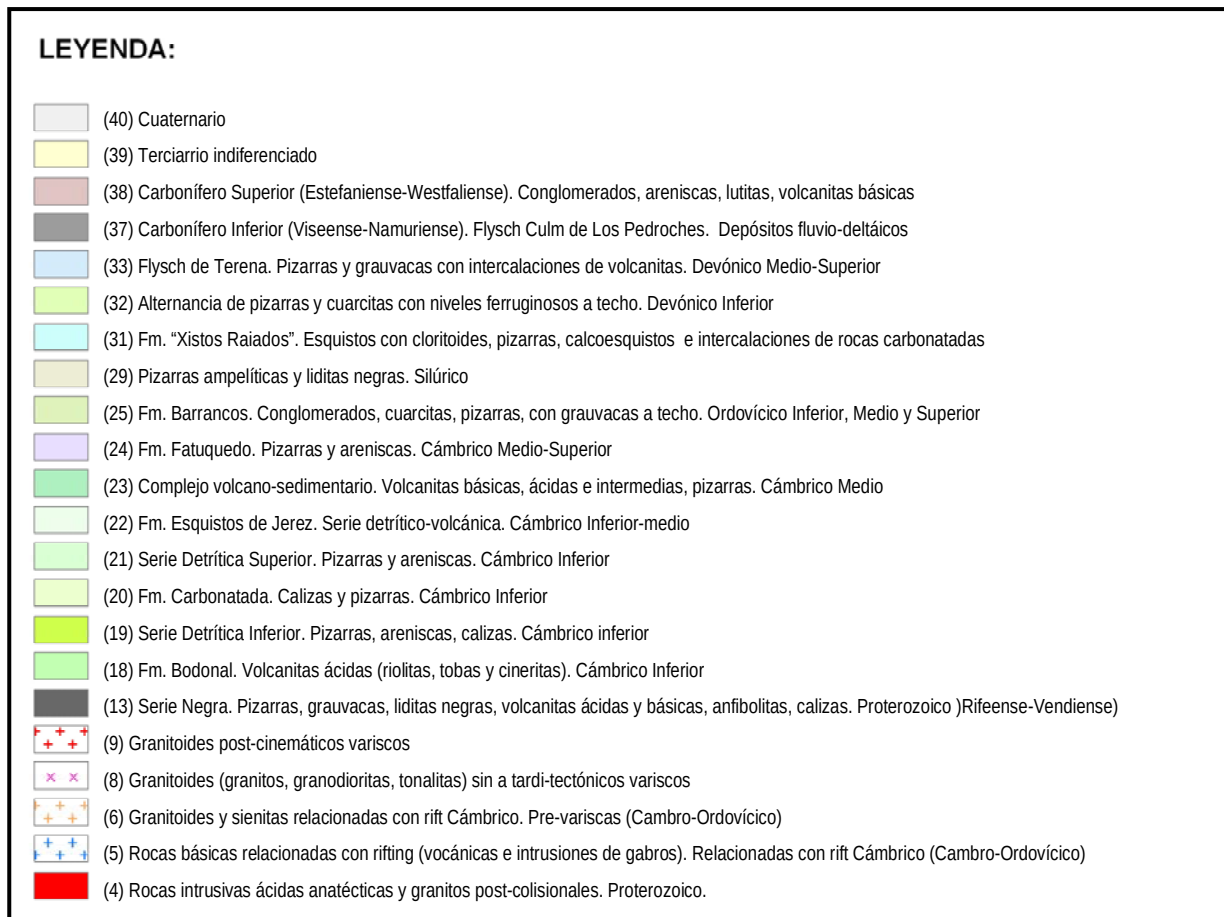


Figura 2-8 bis. Leyenda del esquema geológico de la zona de estudio.

2.5.1.2.4.- Materiales de cobertera: Cenozoico.

Terciario indiferenciado. (39).

Incluye a los materiales que constituyen los rellenos de las cuencas fluviales neógenas, principalmente la Cuenca del Guadiana, así como a las rañas, formadas por los materiales continentales depositados por sistemas de abanicos aluviales. Están constituidos por areniscas, argilitas y limos.

Cuaternario. (40)

Incluye los glaciares, colusiones y las terrazas y depósitos aluviales actuales o sub-actuales asociados a los cauces de los principales ríos. Están constituidos por conglomerados, arenas, arcillas y limos.

2.5.2.- ROCAS ÍGNEAS

Las rocas ígneas tienen una amplia representación en la zona de trabajo y, sin duda, gran significado geoquímico y metalogenético. Se agrupan las rocas ígneas, de acuerdo con su edad y significado geodinámico, en tres grupos principales: **Precámbricas, asociadas al rift Cambro-Ordovícico y Variscas.**

2.5.2.1.- **Rocas ígneas ligadas al Arco Cadomiense**

Rocas ácidas anatécicas y Granitoides postcolisionales. (4). Proterozoico.

Están relacionados con macizos tardi a post-orogénicos relacionados con los núcleos migmatíticos de Monesterio (No adorantes en la zona) y a los plutones desenraizados de Pallarés, Salvatierra y **Táliga**. De éstos únicamente el último aflora en el área del proyecto. Se interpretan como ligados al metamorfismo de

baja presión asociado al colapso extensional y generados en los niveles más profundos de la Serie Negra. Todos ellos se encuentran variablemente deformados y los datos geocronológicos existentes coinciden con los de los domos precedentes, arrojando edades de 525-530 Ma (Ochsner, 1993; Ordóñez, 1998).

2.5.2.2.- Magmatismo asociado a la extensión cambro-ordovícica (3 y 4)

Se incluye en este grupo a las rocas relacionadas con un magmatismo bimodal alcalino (basaltos a dacitas-riolitas) un conjunto de rocas que comprende **basaltos y rocas ácidas alcalinas e hiperalcalinas**, fuertemente milonitizadas en el corredor blastomilonítico (Neises de Ribera del Fresno), y que, por sus afinidad y asociación espacial con las rocas volcánicas del Cámbrico Medio-Superior, se han considerado relacionadas con un episodio extensional.

Son macizos de dimensiones variables, reducidas por lo general, que se concentran en el entorno de la antiforma de Monesterio y en una banda fuertemente milonitizada dentro de la ZCBC (neises de Ribera del Fresno, Aceuchal y Las Minillas).

Entre las rocas básicas intrusivas las más destacables son los **gabros de Jerez, Fregenal** y parte del complejo de **Barcarrota**.

El resto de los macizos de este grupo están representados, en Badajoz, por los granitos de El Castillo, el conjunto de granitoides albiticos cataclásticos (IGME, 1981) de **Tablada, Los Remedios**, granitoides y sienitoides de los macizos de **Barcarrota y Almendral**. Además debe señalarse la existencia de pequeños cuerpos asociados a las rocas volcánicas, de los que los más conocidos son los de Feria y Sierra Vieja.

Los datos sobre dataciones radiométricas de estos macizos oscilan entre los Ca 510 de Tablada y los Ca 500 de Monesterio y Barcarrota. La edad más joven de los ortoneises, en torno a 475 Ma (PRIEM et al., 1970; García-Casquero et al., 1985; Galindo et al., 1990; Schäfer, 1990; Ochsner, 1993; Ordóñez, 1998), debe estar condicionada por la importante deformación que han sufrido.

Cuerpos intrusivos básicos (3)

Los cuerpos de intrusivos de composición básica incluidos en el área del proyecto son los de los **gabros de Fregenal, los gabros de Jerez y los de Barcarrota** (siendo este último intrusivo heterogéneo por lo que afloran en el mismo cuerpo gabros con una corona de rocas graníticas y sieníticas).

Cuerpos intrusivos de granitos y sienitas (4)

Los intrusivos de composición granítica aflorantes en el área del proyecto son los de **Valencia del Ventoso, Los Remedios, Almendral, Tablada** y, en parte, **el de Barcarrota**. En algunos de ellos, junto a las facies graníticas mayoritarias aparecen facies de rocas sieníticas (Barcarrota). El granitoide de **Los Remedios** es notablemente albitico.

2.5.2.3.- Rocas ígneas variscas

Se han distinguido dos conjuntos principales, los cuerpos sin-tardicinemáticos, en los que se diferencian rocas básicas y ácidas y los postcinemáticos que corresponden de forma muy mayoritaria a granitos

Granitoides tardi-sincinemáticos. (8).

Son, en general, cuerpos complejos con zonaciones inversas y en los que se pueden encontrar desde gabros a granitos, pasando por dioritoides que, en algunos casos, son las facies dominantes. A este grupo pertenecen los macizos de Burguillos del Cerro, **Valencia del Ventoso, Brocales**, La Hoya de Santa María, El Culebrín y Santa Olalla de Cala, del que entra un pequeño afloramiento en la provincia de Badajoz (Gabro de Aguablanca). En general son rocas acumulativas que representan cámaras magmáticas relativamente

superficiales. La variedad litológica es grande y se reconocen complejas relaciones de intrusión y mezcla entre magmas diferentes. Las relaciones con la deformación son igualmente variables y mientras algunos cuerpos están afectados por los cabalgamientos de la primera fase varisca (**Brocales**), otros cortan con total claridad a dichos accidentes (**Valencia del Ventoso**).

Granitoides post-cinemáticos (9)

Los segundos corresponden a granitoides, cuyas dimensiones varían desde grandes batolitos complejos a pequeños cuerpos circunscritos, situados preferentemente en el área N de la provincia, tanto en la ZCI como en el DOVPR.

Como más significativos pueden citarse los granitos de **La Bazana**, Santa Marta, la terminación del batolito de Los Pedroches (Quintana) y todo el conjunto de granitos situados en su continuación occidental como Campanario-La Haba, Valdetorres-Gamito, Sierra Bermeja, Proserpina, La Roca de la Sierra, Villar del Rey y Alburquerque. Composicionalmente, incluyen a granodioritas (terminación occidental de Pedroches), granitos con porfidoblastos de feldespatos y cristales de cordierita (Campanario-La Haba, Villar del Rey etc.) y facies aplíticas de borde o formando diques de distintas orientaciones. Geoquímicamente corresponden a **granitoides meta a ligeramente peraluminosos** con evoluciones aluminoso-cafélicas.

2.5.3.- TECTÓNICA

Obviando los efectos de la deformación reciente, la configuración estructural de las unidades pre-mesozoicas aflorantes en la provincia de Badajoz está condicionada por la presencia dentro de la provincia de dos de las zonas mayores definidas en el Macizo Ibérico, la ZCI y la ZOM, las cuales representan segmentos diferenciados de la cadena que han sido yuxtapuestos hasta su posición actual a lo largo del Paleozoico. Esta dos zonas muestran unos rasgos estructurales muy diferentes y en el límite entre ambas se presentan áreas sometidas a una intensa deformación (ZCBC) y con presencia de rasgos litoestratigráficas compartidos (DOVPR).

2.5.3.1.- Zona de Ossa Morena

2.5.3.1.1.- Deformación pre-variscica

La existencia de una deformación prevariscica de edad Precámbrica es particularmente manifiesta en los dominios SAOM y DOVPR (Eguíluz, 1988; Quesada, 1990). En el primero se evidencia por la existencia de una esquistosidad englobada por el metamorfismo de contacto asociado a plutones cadomienses datados (plutón de Pallares: Cueto et. al., 1983; plutón de Barcarrota: Galindo et al., 1986)

En el DOVPR la deformación Cadomiense se manifiesta por la discordancia angular de la sucesión paleozoica sobre diversas unidades precámbricas y por la existencia de pliegues sin-esquistosos afectados por el metamorfismo de contacto de plutones dioríticos tipo Palomas datados en el entorno de 575 Ma (Bandrés, 2000; Bandrés et al., 2002).

La estructuras generadas en las unidades precámbricas, en las zonas donde han podido ser identificadas, son el resultado de dos fases principales de deformación, sin-esquistosas y sin-metamórficas. La primera es difícil de reconocer y se manifiesta principalmente por la presencia de una esquistosidad relictas en los microlitones de la esquistosidad más patente que es una esquistosidad de crenulación, marcada por filosilicatos (biotita y moscovita) y por el alargamiento de otras fases minerales. De acuerdo con Eguíluz y Ramón-Lluch (1983) la primera fase podría tener una dirección E-O y daría lugar a pliegues isoclinales y una esquistosidad de plano axial. La segunda correspondería a pliegues de dirección N60°-80°E y vergentes al sur con una esquistosidad de crenulación asociada. Esto da unas directrices estructurales N120°-140°E oblicuas a las variscas (N90°-110°E). No obstante las directrices varían en los diferentes sectores de forma que hacia el norte se vuelven más norteadas alcanzando en el Dominio Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina los N150°-170°E (Bandrés, 2001).

2.5.3.1.2.- Deformación varíscica

La deformación Varisca es la responsable de la configuración estructural actual, que en la cartografía se revela por la disposición, a grosso modo, de grandes bandas transversalmente a las cuales hay una progradación de la deformación, tanto en el estilo como en la edad de la misma en el sentido de estructuras, más jóvenes cuanto más al N, y caracterizadas por una componente transcurrente dominante (Apalategui, et al., 1990).

En el N de la ZOM la disposición es la propia de una zona de cizalla transcurrente con una morfología anastomosada de sigmoides izquierdos y una geometría tridimensional en flor compleja (Ábalos y Eguíluz, 1992, Quesada, 1997; Pereira, 2000; Bandrés, 2001). Las fracturas que limitan estas bandas muestran componentes de cabalgamiento hacia el Norte en el sector más septentrional (DOVPR) mientras que hacia el sur se verticalizan (sector central de la ZCBC) o muestran vergencia hacia el Sur (sector meridional de la ZCBC y DSA), disposición que se mantiene en la antiforma de Olivenza-Monesterio, dando paso al desarrollo de componentes cabalgantes hacia el Sur, congruentes con la existencia de una zona de subducción bajo la ZOM, marcada por la Ofiolita de Beja-Acebuche, situada fuera de la provincia, al S del macizo Aracena-Beja.

La ZCBC está caracterizada por una amplia dispersión de rocas miloníticas correspondientes al menos a dos sistemas de cizallas, un primer sistema subhorizontal que afecta a los plutones prevariscos, y que a su vez están afectadas por un segundo sistema de cizallas verticales mas espaciadas, con el mismo sentido de desplazamiento izquierdo (Apalategui et al., op. cit). Este sistema de cizallas ha dado lugar a la imbricación de distintas unidades incluyendo restos de láminas ofiolíticas.

EL DOVPR, como ya se apuntó anteriormente presenta una clara diferencia en su estructuración interna con respecto a las unidades mas meridionales, basada en la vergencia N de las estructuras. Esta situación se presenta gradualmente ya en las áreas más septentrionales de la ZCBC.

2.5.3.1.3.- Deformación alpina

La deformación Alpina está definida por un régimen de deformación frágil causante de dos tipos de estructuras principales: fallas de dirección NE-SO y fallas de extensión que dieron lugar a la formación de cubetas que controlan el depósito de los sedimentos terciarios y cuaternarios.

Del sistema de fallas NE-SO la más importante es la correspondiente al dique Mesejana-Plasencia que posiblemente corresponda a la reactivación alpina de sistemas tardi-variscos (Arthaud y Matte, 1975) y que, en este sentido, Gumiel et al., (2002) consideran de gran importancia metalogenética.

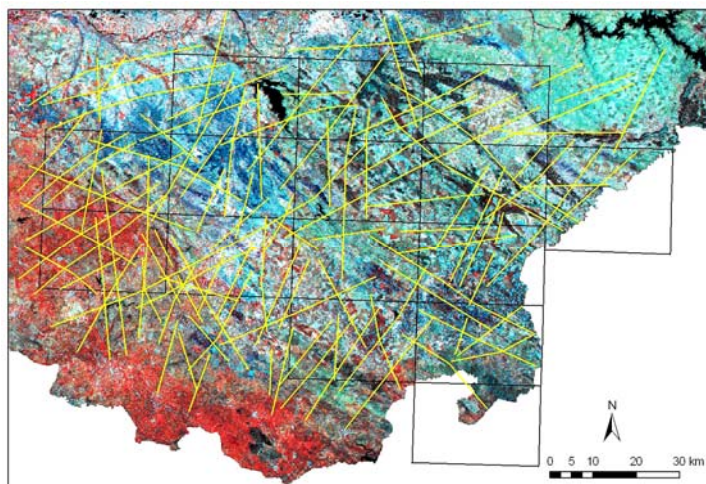


Figura 2.9.
Mapa de los principales lineamientos y estructuras discontinuas en las zonas de estudio actual y en la del proyecto CGEOM-Fase 1) deducidas de la imagen de satélite LANDSAT TM (combinación de bandas 1, 4, 7).

2.5.4.- METAMORFISMO

El modelo de metamorfismo regional está determinado por el desarrollo de los dos grandes ciclos orogénicos ya reseñados Cadomiense y Varisco.

El **metamorfismo cadomiense** es manifiesto en los materiales precámbricos tanto del DOVPR como en los dominios más meridionales (Eguíluz et al., 1997).

En el DOVPR se observa una gradación metamórfica desde facies de esquistos verdes (zona de la clorita) a la facies de la anfibolita pudiendo llegar a facies granulita en el sector de Mérida, que representa una primera fase de metamorfismo. Los datos radiométricos disponibles permiten asignarle a este episodio una edad de Ca 550 Ma (Bellon et al., 1979; Blatrix y Burg, 1981; Dalmeyer y Quesada, 1992; Bandrés, 2001; Eguíluz et al., 2000).

La segunda fase de deformación da lugar al metamorfismo más patente en los sectores más meridionales y origina la formación de domos anatócticos (Monesterio, Mina Afortunada, etc) de bajas presiones. Este episodio ha sido datado en torno a los 525-530 Ma (Schäfer, 1990; Ochsner, 1993; Ordoñez, 1998). Esta fase podría corresponder al colapso del orógeno tras la acreción del arco al continente.

El **metamorfismo durante el ciclo Varisco** es, en general, de grado bajo, aunque puede alcanzar en algunos domos el grado alto. Se trata igualmente de un metamorfismo polifásico con una primera fase de presiones intermedias y una posterior de bajas presiones, que se encuentra asociado espacialmente a los accidentes más importantes. Los sectores en que aparece mejor representado son la **ZCBC** y sus inmediaciones, el Domo anatóctico de Valungo y el Domo de Villareal. Mención especial merece la ZCBC que es el que muestra una mayor complejidad, una deformación milonítica más penetrativa y, en consecuencia, donde es más difícil separar la historia cadomiense de la varisca. En la ZCI el metamorfismo regional se desarrolla en condiciones de grado muy bajo a grado bajo, no llegándose a la isograda de la biotita.

2.6.- MARCO METALOGÉNÉTICO

La consideración de las mineralizaciones existentes tiene una importancia capital en un estudio geoquímico regional. Desde el punto de vista exploratorio de los recursos minerales, la valoración de las anomalías resultantes de la exploración geoquímica se basa en los rasgos del entorno geológico en el que se presentan, en la estructura de las propias anomalías (elementos químicos asociados y presentes en ellas) y, por lo tanto, en el conocimiento de los tipos de mineralización que se pueden esperar en ese contexto. Es necesario asimismo, discriminar las anomalías relacionadas con mineralizaciones ya conocidas de las que no lo están, pudiendo éstas últimas estar asociadas a potenciales mineralizaciones no descubiertas. Desde un punto de vista geoquímico las mineralizaciones existentes y conocidas producen distorsiones, a la escala local, de la propia estructura del campo geoquímico regional. La presencia de mineralizaciones conocidas y de las respuestas geoquímicas que producen, deben ser forzosamente tenidas en cuenta para la interpretación de las distribuciones geoquímicas de los elementos.

La zona de estudio contiene numerosas mineralizaciones pertenecientes a tipologías muy diversas. En este apartado, aunque se introducen los datos y principales conclusiones sobre mineralizaciones derivados del Mapa Metalogénico 1/200.000 de Badajoz (IGME-Junta de Extremadura (2005), limitándolas a la superficie de la zona de estudio, se hace una mención a la metalogenia regional. La ausencia de un tipo determinado de mineralización en la zona no excluye sus posibilidades de existencia en el área si en ella se continúan sus metalotectos o controles.

En primer lugar, se presenta (Figura 2.10) un esquema metalogénico regional, con expresión de los principales dominios metálicos o distritos mineros en relación con los principales dominios geológicos.

En la figura 2-11 se muestra, ya dentro de la zona de trabajo, la ubicación de los indicios mineros conocidos y recopilados del Mapa Metalogénico a escala 1/200.000 de Badajoz (IGME-Junta de Extremadura, 2005). En total se han inventariado en esta zona **88 indicios de mineralización**, de los cuales 54 corresponden a

mineralizaciones de Fe, Fe-Mn o Fe-Cu. 10 lo hacen a mineralizaciones de Cu, 2 a mineralizaciones de Ba o Ba (Cu), 14 a mineralizaciones de W o W-Bi, 5 a mineralizaciones de Mn o Mn (Fe), 1 a concentraciones de minerales de Ti, 1 a yacimientos de U, y 1 a mineralizaciones de Zn-Pb.

Las mineralizaciones existentes en la zona pueden clasificarse, además de por las sustancias más importantes, en relación con su tipología y la evolución geológica, de la forma siguiente.

2.6.1.- Mineralizaciones de hierro

Las mineralizaciones de Fe aparecen distribuidas por toda la zona aunque con muy distinta importancia y densidad de aparición. Están relacionadas con diferentes eventos geológicos y encajan en materiales de diferentes edades y naturaleza. Varias de ellas han sido yacimientos de gran importancia económica, aunque desde 1982 la minería del hierro en este sector está inactiva. Únicamente continúa la explotación, aunque intermitente de la Mina de Cala, algo al Sur de la zona de estudio.

2.6.1.1- Mineralizaciones estratoligadas en rocas volcánicas del Neoproterozoico Superior-Cámbrico

Estas mineralizaciones se encuentran como cuerpos estratiformes o estratoligados en rocas volcánicas y volcanosedimentarias del Complejo Volcanosedimentario Cadomiense (Fm. Bodonal, Neoproterozoico Superior-Cámbrico Inferior) o del Complejo Volcanosedimentario Cámbrico ligado al rifting del Paleozoico Inferior. En principio, y siguiendo los criterios del Mapa Geológico, las rocas intermedias a félsicas situadas estratigráficamente bajo las calizas del Cámbrico Inferior se han agrupado en el Complejo Volcanosedimentario Cadomiense y las mineralizaciones encajadas en rocas félsicas y máficas situadas por encima de este nivel de calizas se considerarían encajadas en rocas del segundo grupo. Del primer grupo, los grupos mineros más importantes se encuentran al NO de Jerez de Los Caballeros y al SE de éste (La Bilbaína, **180**, y alrededor de la estructura de Las Mayorgas (Bismark, **180**, El Soldado, **181**, y Aurora Las Galerías, **182**).

Las mineralizaciones se encuentran encajadas en rocas volcanoclásticas ácidas, fundamentalmente, areniscas volcanoclásticas, con proporciones menores de brechas y argilitas. Las rocas básicas, generalmente masivas tienen una presencia accesoria. las intercalaciones de pizarras son frecuentes. Existen puntualmente intercalaciones de mármoles (Fm. Cabonata) situados directamente encima de la mineralización. Ésta se encuentra diseminada en las rocas encajantes o formando niveles masivos de potencia decimétrica. En puntos muy localizados, la mineralización reemplaza a las calizas suprayacentes formando siderita masiva (La Bilbaína, **180**). Las paragénesis suelen estar formadas por magnetita, hematites y pirita, como minerales principales, y pirrotina, ilmenita, calcopirita, arsenopirita, cubanita, tetraedrita, galena y bornita como accesorios.

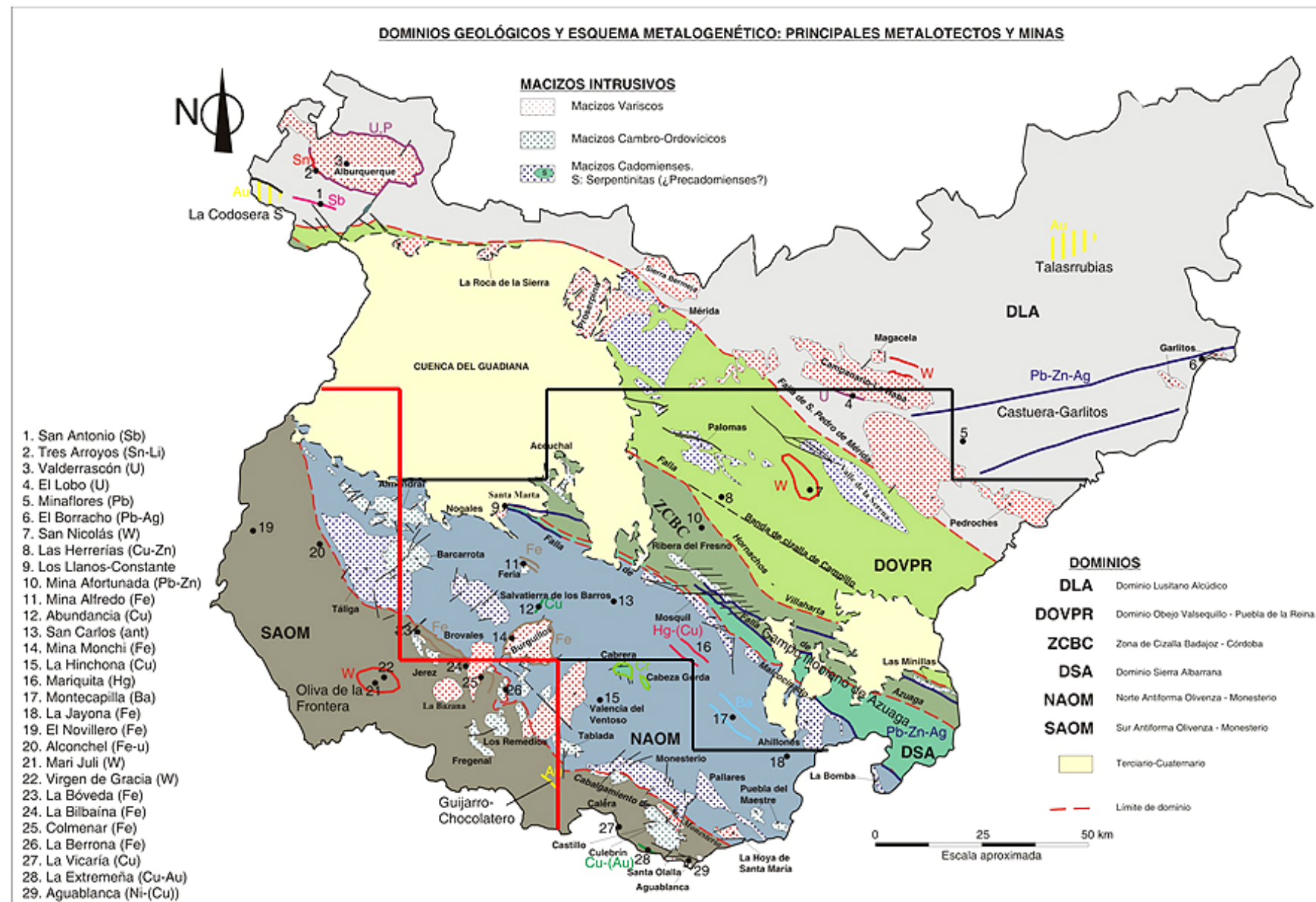


Figura 2-7. Esquema de dominios metálicos y principales metalotectos de la provincia de Badajoz. Fuente: Mapa Metalogenético a escala 1/200.000 de Badajoz (IGME-Junta Extremadura, 2 005)

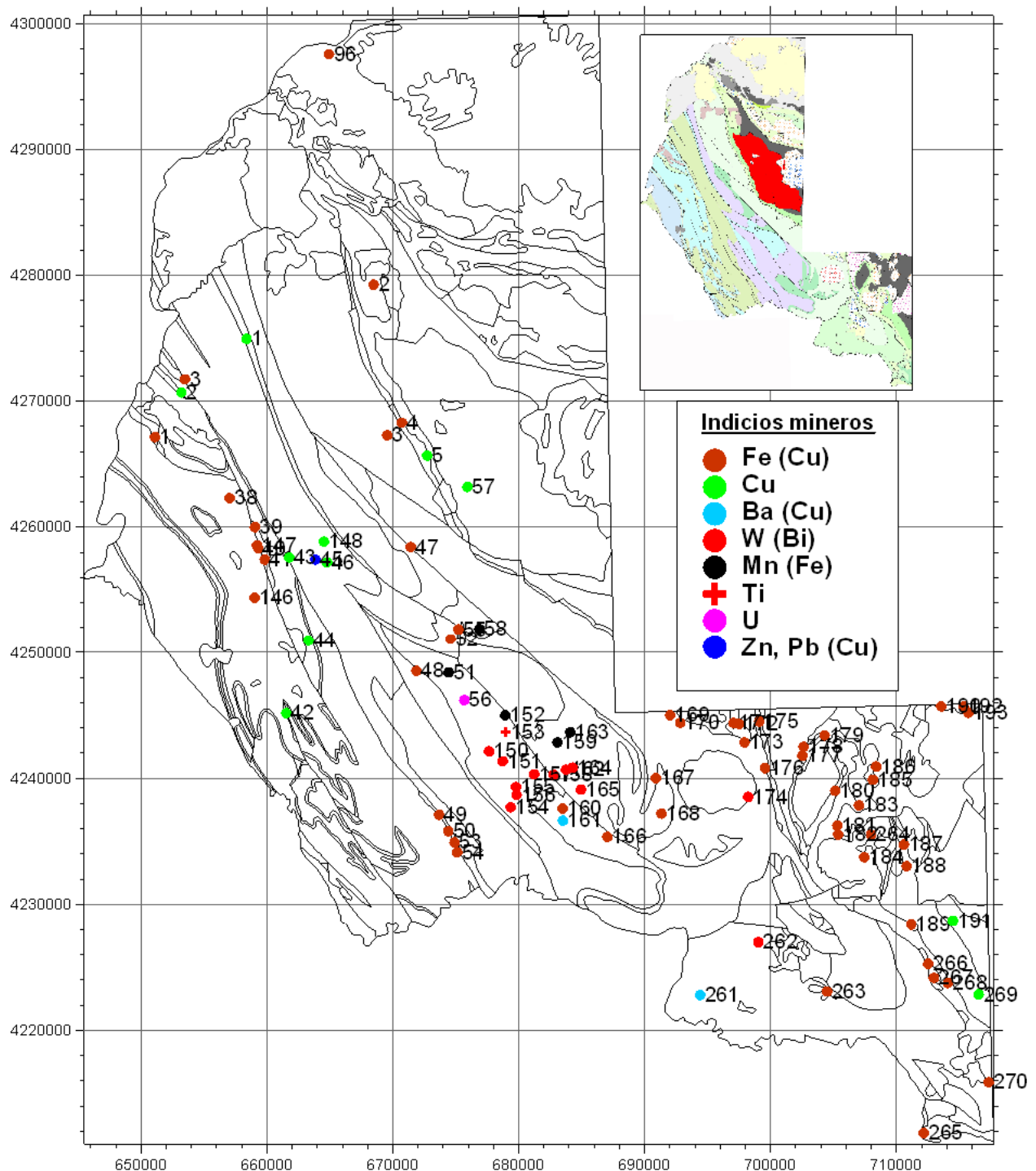


Figura 2-11. Mapa de situación de los diferentes tipos de indicios mineros y mineralizaciones localizadas en la zona de estudio. Fuente: Mapa Metalogenético de Extremadura a escala 1/250.000 (IGME-Junta Extremadura, 2006).

La mineralización pasa, de una manera rápida y lateral y verticalmente, a rocas no mineralizadas pero intensamente alteradas. Esta roca de caja, tanto a muro como a techo, está afectada por una importante alteración hidrotermal, con silicificación, sericitización y caolinización (supergénica?). La mineralización ha sido afectada por procesos de metamorfismo regional y de contacto ligados a la intrusión de los gabros y albitas existentes en las cercanías; también hay una importante deformación y alteración hidrotermal superpuesta, ya que muchos de estos depósitos se encuentran relacionados con bandas de cizalla de importancia regional. La paragénesis primaria ha sufrido un importante reequilibrio metamórfico con formación de clorita, talco y epidota y recristalización de los minerales metálicos.

La mina de **La Bilbaína**, cercana al intrusivo de Brovales, explotó a cielo abierto y entre 1910 y 1968 una masa tabular estratiforme de 1.200 m de longitud por 10-12 m de potencia con 52,5% de Fe y 0,11% de Cu. Se encuentran contenidos significativos de Au, de hasta 2,91 g/t. El relativo enriquecimiento en Au y Cu de la mineralización de La Bilbaína con respecto a otras similares puede relacionarse, probablemente, con su proximidad al intrusivo de Brovales y a su cercanía inmediata a un importante de cizalla regional.

En los yacimientos de Las Mayorgas (El Soldado, 181, Bismark, 180, Aurora-Las Galerías, 182, La Bóveda, 160) la mineralización estratiforme de magnetita (en lentejones discontinuos de potencia métrica, 3-4 m) encaja en esquistos biotíticos, rocas volcanoclásticas ácidas y un nivel discontinuo de calizas, a muro de las calizas masivas de la Fm. Carbonatada del Cámbrico Inferior. La asociación mineral está formada por magnetita, hematites, pirita, calcopirita, con cuarzo, sericita y clorita (fluorita en El Soldado).

Estos indicios se encuentran en una banda norteada de unos 350 m de anchura y unos km de longitud, en el flanco E de la estructura de Las Mayorgas. Sus equivalentes en la zona occidental y N de la estructura serían las mineralizaciones explotadas en las minas de San Guillermo (177), Colmenar-Santa Bárbara (178) y Santa Justa (179). Se describen en un apartado posterior, por su mayor complejidad motivada por la superposición de efectos de hidrotermalismo relacionados con rocas intrusivas relacionadas con la extensión del Cámbrico Inferior-Medio.

En el Sector NO de la zona de estudio se encuentra la mineralización de Las Herrerías, Alconchel (**03**), consistente en al menos cuatro niveles estratiformes de magnetita, hematites y barita, con pirita, y potencias métricas (entre 2 y 14 m) a lo largo de unos 2 km. Encajan en niveles de jaspe y rocas volcánicas ácidas silicificadas, intercalados entre rocas volcánicas básicas y rocas volcanoclásticas ácidas. Se citan (IGME, 1996) unos recursos de 12 Mt con ley media de 44% de Fe y 0,28% de Cu. Un rasgo interesante son los contenidos en Au, puntualmente elevados. Los materiales encajantes tienen edad Cámbrico Inferior-Medio. La dificultad de correlación con el sector SE hace que la tipología de este yacimiento sea dudosa, pudiendo incluirse también en el grupo que se describe a continuación (2.6.1.2).

2.6.1.2.- Mineralizaciones relacionadas con skarns y remplazamientos de albita-actinolita

Los yacimientos tradicionalmente relacionados con procesos metasomáticos sobre rocas carbonatadas (skarns) o ligados a una alteración hidrotermal con albita-actinolita sobre rocas silicoaluminicas son los que, de todo el SO Peninsular, han producido un mayor tonelaje de hierro. Los skarns son tanto de tipo cálcico como magnésico y presentan las paragénesis típicas de los skarns férricos. Al igual que las mineralizaciones anteriores, los indicios más importantes se encuentran ligados a los plutones de Burguillos y Brovales-San Guillermo y en relación con la banda meridional de carbonatos cámbricos o con los abundantes roof pendants localizados en el techo de las intrusiones.

A este grupo hay que asignar las mineralizaciones anteriormente mencionadas de San Guillermo, 177, Colmenar-Santa Bárbara, 178) y Santa Justa, 179. SE localizan, con otros indicios de menor importancia, en un corredor mineralizado de 5-6 km de longitud y 30-40 m de potencia. Su entorno geológico tiene como rasgo de indudable significado la estructura de cizalla N-S en el margen oriental del intrusivo de Brovales. La mineralización de Santa Justa, en flanco E de la estructura, está relacionada espacial y genéticamente con un skarn, estratiforme y masivo, que remplace a mármoles y rocas de silicatos cálcicos (granate, piroxeno y epidota). En el flanco O las rocas están muy milonitizadas por la banda de cizalla N-S. En una banda de 10-30 m, la mineralización remplace a esquistos, rocas de silicatos cálcicos, a las calizas masivas e, incluso a las tonalitas intruidas a lo largo del corredor de cizalla.

La paragénesis está formada por **actinolita, albita y magnetita** con piroxenos, escapolita, cuarzo, ilmenita, allanita y monacita. Una secuencia hidrotermal, más tardía y localización fisural, da lugar a clinoanfibolpirita, calcopirita, millerita, bornita, pentlandita, epidota, ilvaíta, ilmenita.

Estas mineralizaciones han sido explotadas desde principios del siglo XX, aunque el periodo de explotación más intensa tuvo lugar desde 1951 (San Guillermo, Minera de Andévalo), 1953 (Colmenar,

con explotación subterránea y a cielo abierto, con 44,3% de contenido en Fe; Santa Bárbara, en explotación hasta 1963).

Otros pequeños skarns con mineralización de magnetita y hematites se encuentran relacionados con los intrusivos ligados al Rift de Cámbrico Inferior-Medio y en particular al plutón de Burguillos (**190, 192**).

2.6.1.3.- Mineralizaciones de Fe ligadas a intrusiones subvolcánicas de albititas.

Asociadas a stocks circulares subvolcánicos aparecen algunas mineralizaciones de Fe, esencialmente en la zona de Fregenal (La Valera, **266**, Los Eloys, 264, y **267**). La mineralización aparece como fragmentos de magnetita dentro de una brecha en estructuras subverticales y circulares, junto con fragmentos de dacita albitizada, cementados por una roca hidrotermal con albita, cuarzo, magnetita, adularia, sericita, siderita y fluorita. La magnetita aparece también cementando fragmentos de roca volcánica y en lentejones de magnetita masiva remplazando a la dacita.

Otro ejemplo en la zona lo constituye el yacimiento de La Berrona (**185**), cercano al área de Valuengo, en el cual el IGME ha estimado unos recursos de 26,2 M t con 26,8% de Fe, 0,325% de Py 2,97% de Na₂O y K₂O. A este pueden asimilarse indicios cercanos a Mina Aurora - Las Galerías y a Mina del Soldado.

2.6.1.4.- Mineralizaciones filonianas

Existen diversos indicios filonianos de Fe que encajan en materiales de edades muy diversas y que pueden corresponder, en algunos casos, a removilizaciones e las concentraciones anteriores y, en otros, o a sistemas hidrotermales más tardíos que lixivian el hierro de litologías enriquecidas en éste.

2.6.1.4.1.- Indicios en el Cámbrico

Algunos filones con rellenos de cuarzo, goethita, pirita, calcopirita, calcosina aparecen en los materiales del Cámbrico, cortando a diversos materiales de la secuencia (El Chaparral, Olivenza, 1). En la zona de Jerez lo hacen los indicios **171** y **172**. Tienen minerales de Cu accesorios.

En el área de Jerez de Los Caballeros, hay diversas mineralizaciones filonianas de hierro con algo de cobre, emplazadas en el Complejo Volcano-sedimentario Cámbrico. Están ligadas al relleno de fracturas con brechificación y remplazamiento de las lavas y tobas encajantes, de composición básica. Llevan asociada una alteración hidrotermal (silicificación, cloritización) y forman masas de hasta 2-5 m de potencia, con magnetita, hematites, pirita, calcopirita, siderita, pirrotina y barita.

2.6.1.4.2.- Indicios en el Ordovícico-Silúrico.

Son frecuentes aunque de pequeñas dimensiones y escasa importancia económica; encajan en pizarras y areniscas del ordovícico y en pizarras y lilitas negras del Silúrico. Destacan algunos filones, a los cuales van asociadas pequeñas labores de investigación o explotación en el sector de Oliva de La Frontera, como los asociados a la estructura NNO de Cabeza de Hierro (**49, 50, 53, 54**), con cuarzo, goethita y, ocasionalmente minerales supergénicos de Cu.

Dentro de los klippen de calizas cámbricas cabalgantes sobre Ordovícico y Silúrico de la parte O aparece un drupo de calicatas y de cortas que han explotado mineralizaciones irregulares o filonianas de hematites con algo de calcopirita que forman bolsadas en las calizas silicificadas. Están asociadas a escombreras y escoriales (Oliva de La Frontera y Villanueva del Fresno, **54, 39, 40, 41, 146**).

2.6.1.4.3.- Filones en rocas intrusivas.

Dentro de las rocas intrusivas, gabros, tonalitas, granitoides, sienitas y pórfidos existen numerosos indicios de mineralizaciones filonianas de hierro, de muy poca importancia. Han sido trabajadas en trincheras, zanjones y pequeñas cortas. Son masas irregulares de hasta 200 m de longitud desarrolladas a lo largo de bandas catacláticas y asociadas a alteraciones hidrotermales como silicificación, sericitización

y cloritización de las rocas encajantes. Suelen estar formadas por magnetita, pirita, hematites y cuarzo, con algo de calcopirita y arsenopirita accesorias (263, 268).

2.6.2.- Mineralizaciones de cobre

2.6.2.1.- Mineralizaciones de Cu en el NeoProterozoico (Fm. Bodonal-Serie Negra)

Existen, en la zona, dos indicios de Cu. Uno de ellos (191, Mina de Bartolo) se sitúa en el contacto entre los materiales de la Serie Negra y los de la Fm. Bodonal, al S del intrusivo de Valencia del Ventoso, en el paraje de Los Molinillos. No se conoce su morfología por dificultades de observación. Se reconocen varios pozos y escombreras. En éstas se ha podido determinar que la mineralización está formada por cuarzo, calcopirita, galena y goethita siendo la litología dominante la de tobas ácidas, probablemente de la Fm. Bodonal. La morfología de la mineralización bien podría ser filoniana por la abundancia de cuarzo. El indicio 269, Los Molinillos, relativamente próximo al anterior, está encajado en tobas ácidas de la Fm. Bodonal, si bien sus relaciones con los materiales de ésta no se pueden precisar por dificultades de observación. En la escombrera se encuentran fragmentos de mineral conteniendo cuarzo, goethita, calcopirita y malaquita de origen supegénico

2.6.2.2.- Mineralizaciones filonianas de cobre en el Cámbrico Medio

Los indicios 5 (Rivera del Táliga) y 57 (Olivenza) construyen las únicas ocurrencias de mineralizaciones de Cu en materiales del Cámbrico. La primera, con morfología desconocida encaja en materiales calizos de a Fm. Carbonatada del Cámbrico inferior, mientras que la segunda, de morfología filoniana (N-S) lo hace en pizarras y grauvacas del Cámbrico Medio en un afloramiento englobado en el granito de Táliga. Sus asociaciones minerales son similares, con cuarzo, goethita, calcopirita, malaquita.

2.6.2.3.- Mineralizaciones filonianas de cobre en el Ordovícico, Silúrico y Devónico.

En la Sierra de La Lapa existen algunos indicios dispersos (42, 44, 46), cerca de Villanueva del Fresno, consistentes en filones de cuarzo con sulfuros de cobre y hierro, que parecen estar alineados a lo largo de una estructura de dirección NNO-SSE de unos 15 km de longitud. Son filones de pequeña entidad, con corridas hectométricas y potencias de entre 0,5 y 1,5 m.. Se encuentran encajados en pizarras y areniscas del Ordovícico o en pizarras negras del Silúrico. La asociación mineral metálica que contienen está constituida por calcopirita, pirita, cobres grises, y magnetita y hematites como accesorios, en una ganga de cuarzo, siderita y barita. Su explotación se hizo desde épocas antiguas (dominación romana), posiblemente por sus contenidos en oro, que según citas (IGME, 1942) llegaban a alcanzar los 20 g/t .

En los términos de Villanueva del Fresno (148, Cerro de Las Minas) y de Cheles (2, La Balsa) se encuentran dos mineralizaciones albergadas por materiales esquistosos-pizarrosos del Silúrico. Si bien en el de La Balsa puede determinarse su relación con un filón de cuarzo de orientación NS, en el del Cerro de las Minas su morfología es desconocida aunque, probablemente filoniana. Las asociaciones minerales son muy similares, estando formadas por calcopirita, malaquita y goethita supergénicas y abundante cuarzo.

2.6.3.- Mineralizaciones de Ba

Aunque la barita es un componente frecuente de muchas mineralizaciones estratiformes o filonianas de la zona, sólo aparece como mineral mayoritario en dos mineralizaciones presentes en el área (161 y 261). La mineralización 161, explotada antiguamente en la mina San Antonio, consiste en un filón de dirección N10^a que encaja en pizarras y areniscas del Complejo Volcanosedimentario del Cámbrico Inferior-Medio. El relleno filoniano está formado por la asociación cuarzo, barita, magnetita, hematites, goethita, pirita, calcopirita, calcosina. La estructura filoniana continua hacia el N evolucionando su composición mineral, y dando lugar en el pasado, a otra mina (160), ésta de Fe, también denominada San Antonio.

El indicio **261**, situado más al Sur, en el término de Higuera La Real, corresponde a una mineralización estratiforme encajada en las pizarras y areniscas de la Fm- Detrítica Superior (Cámbrico Inferior), a techo de la Fm. Carbonatada. Su mineralogía es más simple estando formada por cuarzo y barita.

2.6.4.- Mineralizaciones de W-Bi

Las mineralizaciones de W y de W-Bi estructuran un distrito minero muy definido en las proximidades de Oliva de la Frontera, en el cual se integran 12 indicios de mineralización, cuatro de los cuales tienen contenidos apreciables en minerales de bismuto, siendo en los ocho restantes los minerales de wolframio los netamente predominantes.

Las mineralizaciones son filonianas y definen un campo filoniano de dirección predominante NE-SO de unos 10 km de longitud. No existen, en relación visible con los filones rocas graníticas, aunque un metamorfismo de contacto evidente y las características de los filones sugieren la probable existencia de intrusiones graníticas subaflorantes. Los filones de este campo filoniano encajan en materiales detríticos (pizarras, grauvacas) de la Fm. Fatuquedo, y en esquistos y rocas volcánicas del Complejo Volcanosedimentario del Cámbrico Medio. Las rocas de esa área muestran evidencias de alteración hidrotermal difusa (turmalinización, silicificación, cloritización) y, en las salbandas de los filones es patente una intensa alteración hidrotermal que llega a producir bandas de greisen. La mineralización aparece en filones independientes o en haces constituidos por familias de filoncillos menos potentes, siendo las estructuras subverticales (**150, 151, 154, 155, 156, 158, 162**) o subhorizontales de dirección NO-SE (**154, 157, 164, 165**). Estos últimos parecen ser anteriores en el tiempo. Tienen, en conjunto morfología algo irregular, con frecuentes estructuras en relevo. La longitud máxima es de unos 300 m y la anchura de 1,5 m. La ley media de las minas más importantes, Virgen de Gracia, 157 y Mari Juli, 155, oscilaba entre 2 y 3 kg/m³.

La mineralización está compuesta por proporciones variables de wolframita y scheelita como minerales principales y pirita, calcopirita, arsenopirita, enargita, bismutinita, oro, hematites, siderita, molibdenita, bismuto nativo, cobres grises y magnetita como accesorios. Los minerales no metálicos son cuarzo, micas, fluorita, topacio y monacita. Los filones suelen tener estructura zonada, con wolframita en nidos y en los bordes del filón, ocupando los sulfuros y la scheelita la zona central. La cartografía MAGNA (IGME, 1990) destaca un área de 30 km² en la que hay una intensa alteración hidrotermal (turmalinización, albitización, greisenización) que conduce a una fuerte recristalización de las rocas de caja y a una disseminación general, en ellas, de minerales metálicos (arsenopirita). Análisis de las venas realizados por el IGME han determinado contenidos en Bi de 7,67%, de 0,21% de WO₃, 63 g/t de Au.. Un estudio más completo ha señalado contenidos de 5% en Bi, 0,1% en WO₃ y 20 g/t de Au.

Los filones han sido explotados en varias minas o unidades de explotación, principalmente Virgen de Gracia y Mari Juli, desde principio del siglo XX, por minería subterránea. A lo largo del siglo pasado, la minería en este distrito sufrió varias interrupciones y reactivaciones a menudo producidas en periodos bélicos y post bélicos, hasta el cierre definitivo en los años 1970.

2.6.5.- Mineralizaciones de Mn

Las mineralizaciones estratiformes de Mn que se localizan en la zona de Oliva de la Frontera- Zahinos son las más significativas de la zona de Ossa Morena. Esta agrupación está definida por 5 indicios (**51, 58, 152, 159, 162**). Este conjunto de mineralizaciones está asociado a una serie muy heterogénea de pizarras, espilitas, rocas volcanoclásticas ácidas y básicas, areniscas y cuarcitas ricas en espessartina, interpretada como perteneciente al Complejo Volcanosedimentario del cámbrico Inferior-Medio (IGME, 1990). Las mineralizaciones forman niveles y lentejones masivos o bandeados de entre 1 y 3 m de potencia. Estos niveles alternan con capas no mineralizadas en la parte basal del Complejo y se concentran en niveles volcanoclásticos cementados por óxidos y silicatos de Mn. Éstos aparecen también disseminados y en pequeños filones.

La paragénesis está formada por pirolusita, magnetita, hematites, haussmanita, jacobsita, rodonita y braunita en una ganga de albita, cuarzo, espessartina, calcita, barita, epidota (Ruiz ded Almodóvar, 1983). En estas mineralizaciones la relación Mn/Fe llega a ser superior a 2, con una ley media del 19% de MnO.

Se han explotado estas mineralizaciones entre los años 1950 y 1970, en cortas, zanjones y socavones. En Cerro del Águila (163), la mina Kiau-Tchao extrajo 4.000 t de óxido con 38% de Mn.

2.6.6.- Mineralizaciones de Titanio

No hay restos de antiguas labores de extracción o investigación para minerales de Ti en Ossa Morena, si se exceptúa, considerándola como posible indicio, a una anomalía geoquímica deducida de antiguas campañas de exploración realizadas por Presur en el SO de la zona. El citado indicio (153), está localizado en la zona de Zahinos, sobre materiales formados por pizarras y areniscas de la Fm. Fatuquedo. Muestras de concentrados de minerales pesados indicaron altos contenidos en rutilo e ilmenita (2% Ti).

2.6.7.- Mineralizaciones de Uranio

Existe en la zona de estudio una sola ocurrencia de mineralización filoniana de Uranio, la de la Cabra Baja (56) localizada en el término de Villanueva del Fresno. Consiste en un gran zanjón, un socavón y un pozo realizados sobre una fractura de dirección N170°. Está localizada en pizarras mosqueadas de la Fm. Fatuquedo. La mineralización está constituida por una concentración de óxidos y fosfatos de U (brannerita, davidita, autunita y torbernita) en un filón de cuarzo brechificado con fuerte alteración supergénica. Fue explotado, entre 1965 y 1970 por la JEN, habiéndose extraído en este periodo 65.000 t con el 0,15% de U₃O₈.

2.6.8.- Mineralizaciones de Zn-Pb

La única manifestación de mineralización de Zn y Pb de la zona se encuentra en el término de Villanueva del Fresno (45, Traviesa). Corresponde a un filón de poca importancia, con dirección N-S, encajante en pizarras y areniscas de la Fm. Barrancos (Ordovícico). El relleno cuarzoso contiene esfalerita, galena, pirita y goethita. Fue investigado y descabezado por medio de zanjas.

NOTA: A efectos de consulta de la bibliografía citada en este capítulo se remite a las referencias bibliográficas incluidas en el Mapa Metalogenético de Extremadura (2007, IGME-Junta de Extremadura).

3.- OBJETIVOS Y METODOLOGÍA GENERAL

Los **objetivos principales** de este estudio geoquímico son dos.

Por una parte, elaborar una infraestructura geoquímica básica de los materiales superficiales del territorio incluido en la zona de estudio, que permita profundizar en su conocimiento geológico y en la valoración de su potencialidad en recursos minerales, así como constituir una base para estudios aplicados en otros campos en los que se utilizan datos geoquímicos de los materiales superficiales, como son los medio ambientales, los agrícolas y ganaderos, los epidemiológicos o de salud, los de ordenación territorial etc..

Por otra, y no menos importante, realizar una exploración geoquímica multielemental y sistemática del territorio para definir posibles zonas de interés para investigaciones mineras más detalladas y permitir una estimación más fundamentada de su potencialidad minera. Dado que los conceptos metalogenéticos y las metodologías de exploración varían en el tiempo, esta infraestructura constituirá en el futuro una herramienta útil para su integración con otras técnicas o para su reinterpretación a partir de nuevos criterios o planteamientos. Es, por lo tanto, una base de conocimiento que puede incentivar la actividad de exploración por parte de las compañías mineras que prefieren invertir en áreas o regiones con infraestructuras de conocimiento regional de alta resolución y calidad.

Estos objetivos responden a las tendencias que se manifiestan en los últimos años en los organismos responsables de las infraestructuras del conocimiento del medio natural y, en particular de los servicios geológicos y mineros de los países europeos y americanos. Las técnicas de **exploración geoquímica**, se desarrollaron a partir de la segunda guerra mundial y estaban dirigidas a un objetivo primordial: la prospección minera. A partir de los años 1980 se tomó conciencia de la importancia del ingente volumen de información geoquímica producida en las campañas de investigación minera y de su aplicabilidad al análisis y conocimiento de problemas que producían un cada vez mayor impacto social, como los medio ambientales. En ese periodo, y a favor de los grandes avances técnicos en el campo de la instrumentación analítica (implantación de las técnicas de análisis multielemental, como ICP-AES o activación neutrónica, INAA) y de la informática (software y ordenadores personales capaces de tratar grandes volúmenes de datos), se produjo un cambio en la orientación de los grandes programas de exploración geoquímica regional multielemental. Estos programas, desarrollados en general por organismos de la Administración, pasaron a ser programas multi-objetivo, con carácter infraestructural y con unas grandes exigencias en cuanto a su resolución, a la calidad analítica (precisión y bajos límites de detección) y a su coherencia con otros datos regionales (control analítico y coherencia en el tiempo), para que puedan ser usados como referencia para estudios de detalle y ser integrados con otros datos regionales. Se pasó así a la era de la **cartografía geoquímica (“geochemical mapping”)**, que no excluye, sino que incluye de forma prioritaria a la geoquímica de exploración. En estos momentos la mayor parte de los países promueven la cartografía geoquímica de sus territorios, y los organismos supranacionales las cartografías geoquímicas globales, con arreglo a metodologías comunes (programas UNESCO IGCP 259 y 360).

En definitiva, puede decirse que los objetivos esenciales de este estudio son de tipo **exploratorio** (delimitación de posibles áreas o distritos con interés metalogénico) y de tipo **infraestructural (cartografía geoquímica)**. Entre los objetivos más específicos cabe señalar:

- Determinación de los niveles de concentración de una amplia gama de elementos químicos en el territorio.
- Conocimiento de los principales rasgos y pautas de la distribución espacial de los elementos químicos.
- Definición de los valores de fondo o backgrounds y estimación de su variabilidad.
- Conocimiento e interpretación de las asociaciones geoquímicas y de su significado.
- Definición de anomalías geoquímicas y valoración de éstas.
- Aproximación al conocimiento del estado medio ambiental a escala regional.

La **metodología general** seguida para lograr estos objetivos ha sido la siguiente:

- **Litogeoquímica multielemental** de los principales tipos litológicos presentes en la zona para tener una referencia de los datos geoquímicos en los sedimentos de corriente. Toma de muestras, preparación y análisis químico.
- Planteamiento y desarrollo de una **campana geoquímica de orientación** o piloto en suelos y sedimentos para la definición de los parámetros principales de la campaña de exploración y cartografía geoquímica.
- Delineación de la red hidrográfica y diseño sobre ella del **plan de muestreo** de sedimentos de corriente y de concentrados de minerales pesados.
- **Toma de muestras de sedimentos** de corriente para estudiar el comportamiento de los elementos que se movilizan o dispersan fundamentalmente en forma química (dispersiones químicas) o física (dispersiones mecánicas).
- **Toma de muestras** de sedimentos en la red hidrográfica, complementaria a la anterior, para obtener concentrados de batea (**minerales pesados**) y definir la distribución de los elementos ligados a minerales resistentes a la meteorización (resistatos), que se dispersan esencialmente en forma mecánica.
- **Toma de muestras** de sedimentos de llanuras de inundación en cuencas de drenaje de entre 50 y 200 km² aproximadamente.
- **Preparación y análisis multielemental** de las muestras de sedimentos de corriente.
- **Control de la calidad de muestreo y de la analítica.**
- **Preparación, estudio mineralométrico y análisis químico multielemental** de los concentrados de minerales pesados.
- **Preparación y análisis multielemental** de las muestras de sedimentos de llanuras de inundación
- **Tratamiento estadístico y gráfico** de los datos geoquímicos y mineralométricos.
- **Integración de datos e interpretación final.**

4.- GEOQUÍMICA DE ROCAS (LITOGEOQUÍMICA)

4.1.- OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Los materiales recogidos en las campañas de geoquímica de sedimentos de arrastre o de drenaje, de suelos, de sedimentos de llanuras, derivan, a través de procesos diversos de erosión, dispersión-diferenciación o de concentración, de las rocas del sustrato. Heredan pues de ellas, en mayor o menor medida, una parte importante de sus rasgos geoquímicos y reflejan, más o menos fielmente, las firmas geoquímicas primarias.

Por ello, es conveniente obtener un conocimiento previo de la composición geoquímica de las unidades litológicas o litoestratigráficas con mayor representación en el territorio para poder relacionarlas con las composiciones químicas de los materiales muestreados, lo cual ayudará a la interpretación de las pautas de distribución y de las asociaciones geoquímicas. El estudio litogeoquímico realizado no tiene pues un objetivo de prospección, sino que es un complemento a la campaña de geoquímica general. Por esta razón, el número de muestras de roca recogidas ha sido pequeño, el estrictamente necesario para adquirir un conocimiento del orden de magnitud de las concentraciones geoquímicas elementales.

4.1.1.- TOMA DE MUESTRAS

Se han tomado algunas muestras (5 a 8 de media) representativas de rocas de las unidades litoestratigráficas más significativas o con mayor presencia superficial en el área. Las muestras tomadas, formadas por la agrupación de varios fragmentos, tienen entre 1 y 2,5 kg de peso, en función de su granulometría (de 1 kg para rocas de grano fino, como rocas sedimentarias lutíticas o rocas volcánicas, a 2,5 kg, o más, para rocas de grano más grueso, como tonalitas). Se han tomado las muestras específicamente para este fin, simultáneamente al muestreo regional (fotos 4.1 a 4.20). Se han recogido fragmentos de roca fresca, con el menor grado de alteración posible y evitando la presencia de rasgos como pátinas de óxidos, venillas de calcita o cuarzo, proximidad a diaclasas, etc., que pueden afectar a su composición química real. Las características y la procedencia de las muestras de roca tomadas figuran en el fichero analítico incluido en los Anexos. Su situación geográfica y geológica está representada en la figura 4.90. En la figura 4.1 se representa la situación de las muestras y sus características litoestratigráficas, es decir, su pertenencia a las unidades litoestratigráficas con mayor significación a la escala regional (ver párrafo siguiente).

En total, se han recogido para este estudio 94 muestras. En las fotografías 4.1 a 4.20 pueden observarse rasgos mesoscópicos de algunas de las rocas en los puntos en las que fueron tomadas las muestras.



Foto 4.1. R-52. Granito cadomiense postcolisional .
Estructura granular de grano grueso.



Foto 4.2. R-54. Granito cadomiense postcolisional.
Aspecto del afloramiento.



Foto 4.3. R-39. Gabro anfibólico relacionado con la extensión del Cámbrico Inferior. Estructura granudo homogénea de grano medio. Venas de diferenciados ricos en plagioclasa.



Foto 4.4. R-53. Gabro relacionado con extensión del Cámbrico Inferior. Grano medio. Plagioclasas cálcicas, anfíboles y piroxenos



Foto 4.5. R-15. Granitoide ligado a la extensión Cámbrica, afectado por una fuerte deformación. Orientación patente.



Foto 4.6. R-36. Sienita relacionada con la extensión Cámbrica, Cámbrico inferior. Intrusivo de Barcarrota. Puede observarse una incipiente esquistosidad de fractura.



Foto 4.7. R-94. Granodiorita varisca sin a tardi cinemática. Granitoide biotítico de grano medio a grueso.



Foto 4.8. R-85. Granito post-cinemático de dos micas. Intrusivo de La Bazana.



Foto 4.9. R-12. Pizarras y grauvacas de la Serie Negra (Proterozoico).



Foto 4.10. R-28. Cuarcitas negras de la Serie Negra (Proterozoico)



Foto 4.11. R-83. Cuarcitas y meta-arcosas. Fm. Bodonal. Proterozoico a Cámbrico Inferior.



Foto 4.12. R-14. Areniscas de la Serie Detrítica inferior. Cámbrico Inferior



Foto 4.13. R-44. Calizas y dolomías laminadas de la Fm. Carbonatada. Cámbrico Inferior. Hoja 1/50.000 Alconchel.



Foto 4.14. R-75. Rocas volcánicas ácidas del Complejo Volcanosedimentario. Cámbrico Medio. Oliva de La Frontera



Foto 4.15. R-86. Rocas volcánicas básicas del Complejo Volcano sedimentario. Cámbrico Inferior-Medio. Jerez de Los Caballeros.



Foto 4.16. R-66. Fm. Esquistos de Jerez. Cámbrico Medio. Hoja 1/50.000 de Villanueva del Fresno



4.17. R-8. Fm Barrancos. Ordovícico Inferior. Pizarras y grauvas. Oliva de La Frontera



Foto 4.18. R-67. Fm. Fatuquedo. Pizarras y grauvacas. Ordovícico Medio. Villaverde del Fresno.



Foto 4.19. R-4. Esquistos azules a grises del Silúrico. Carretera Cheles-Olivenza



Foto 4.20. R-69. Fm. Xistos Raiados. Devónico Inferior Medio. Pizarra oscuras laminadas. Carretera Villanueva del Freno-Valencia de Mombuey.

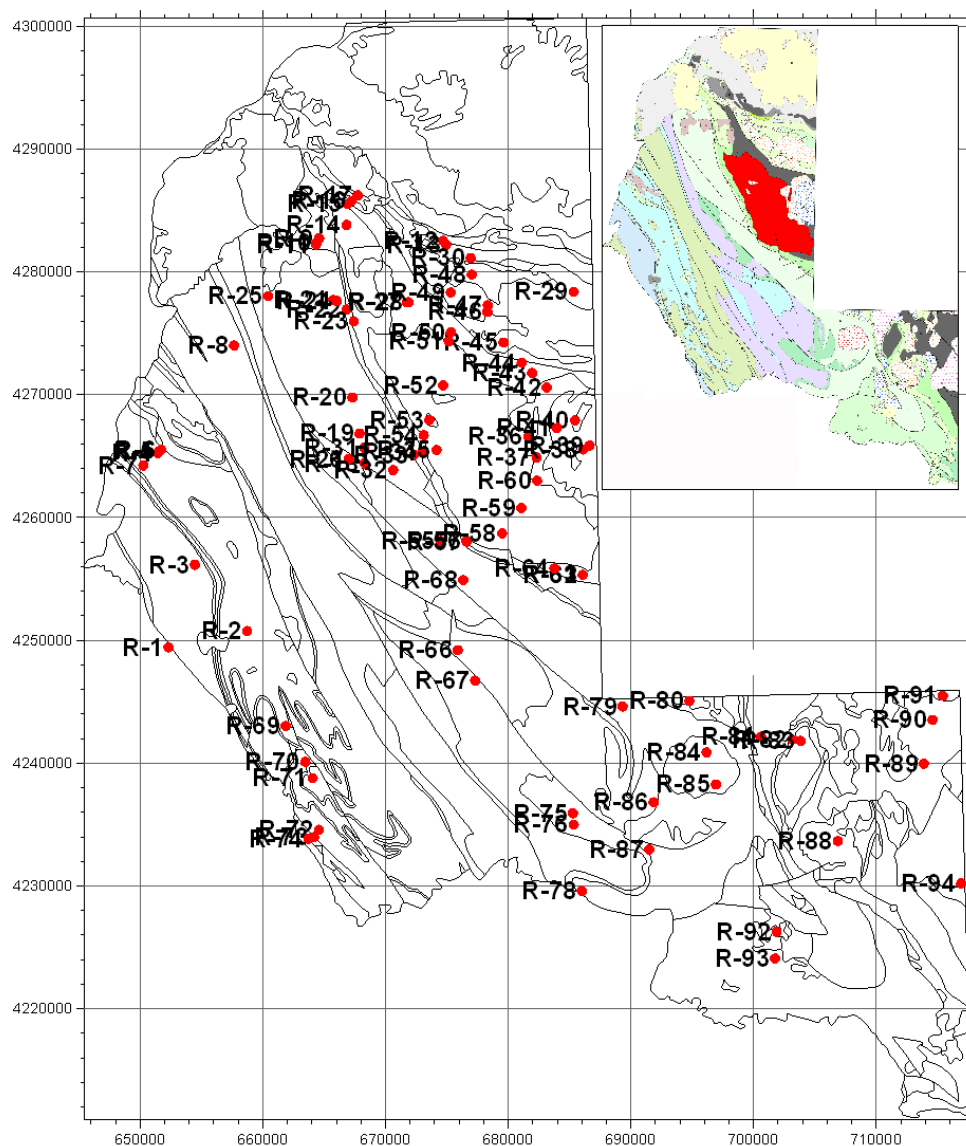


Figura 4.1. Mapa de situación de las muestras de roca recogidas en la zona para el estudio litogeoquímico

4.1.2.- PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

La totalidad de cada muestra de roca, formada por varios fragmentos, ha sido sometida a un proceso de trituración en una machacadora de mandíbulas de efecto simple, en la cual ha sido reducida a un tamaño igual o inferior a 20 mm. El producto resultante de la trituración a 20 mm ha sufrido una segunda trituración en una machacadora mixta de cremallera con salida a 8 mm. El material con granulometría igual o menor de 8 mm ha sido cuarteado, separándose del total 200 g que han sido molidos en un molino Tema de ágata a una granulometría de **200 mallas** (inferior o igual a 63 micras).

4.1.3.- ANÁLISIS QUÍMICO MULTIELEMENTAL

Una submuestra de cada roca ha sido analizada en forma multielemental para la determinación de los contenidos de **52 elementos químicos** por técnicas de ICPAES e INAA (activación neutrónica) y, para algunos elementos específicos, por absorción atómica. Las características de los procesos de digestión de las muestras, de análisis químico y, por lo tanto, de los límites de detección, han sido los mismos que los empleados en el análisis de sedimentos y suelos, a efectos de poder establecer comparaciones entre los contenidos en ambos medios. Estas características y metodologías de análisis se desarrollan en el apartado correspondiente a análisis químico de dichos tipos de muestras. Los resultados de los análisis de las muestras de roca se incluyen en el Fichero Integrado de Litogeoquímica, que aparece en el Anexo.

4.2.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.

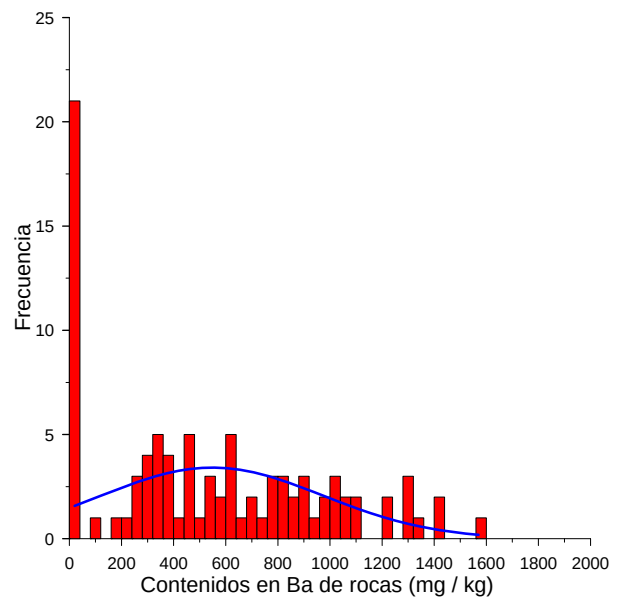
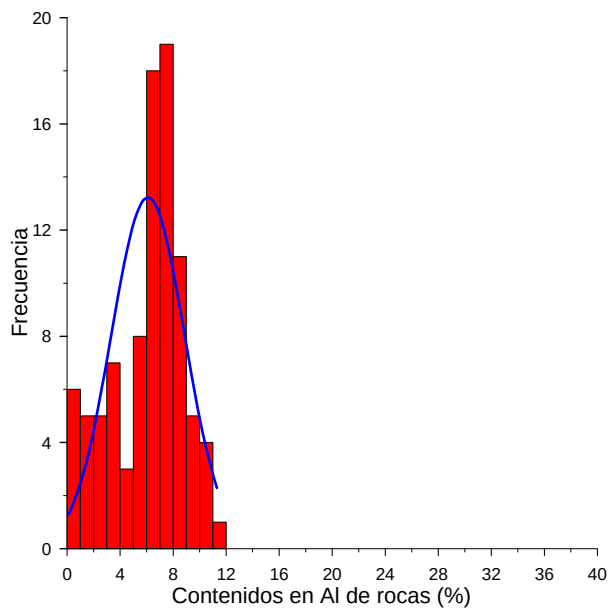
Los datos analíticos de rocas, cuya única finalidad es la de ayudar a la interpretación de la geoquímica de suelos y sedimentos, se presentan en varios tipos de gráficos estadísticos que resumen y sintetizan los rangos de variación de los contenidos de los elementos químicos, ya sea en su conjunto o considerados por grupos litológicos o por unidades litoestratigráficas.

4.2.1.- HISTOGRAMAS

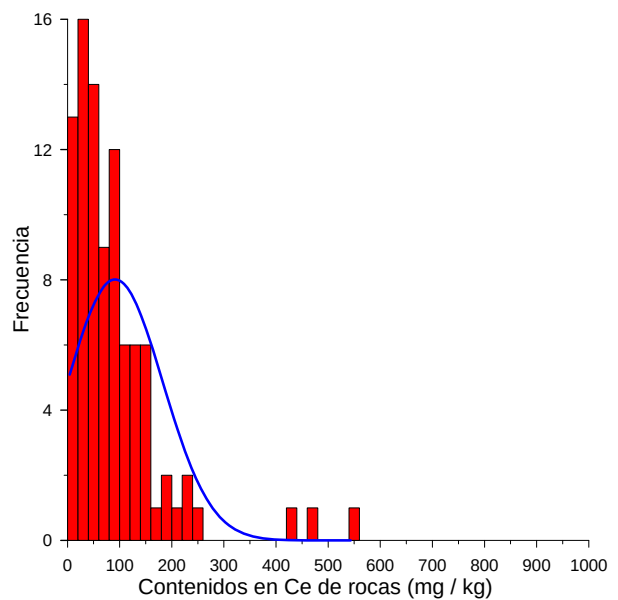
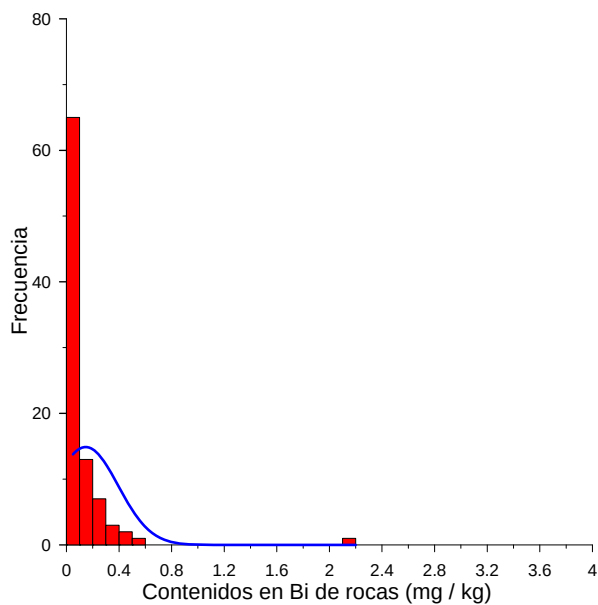
En las figuras 4.2 a 4.52, se representan, uno a uno, los histogramas de los diferentes elementos químicos analizados, para el conjunto de las muestras recogidas. La heterogeneidad y los contrastes litológicos de las rocas se manifiestan en la forma de los histogramas y de las distribuciones, que son, en su casi totalidad, **polimodales**, señalando la presencia de varias poblaciones muy contrastadas.

Destacan entre éstos los del Al (figura 4.3), en el cual aparecen variaciones de contenidos desde 0 a 12%, y cuyos valores más bajos corresponden a las rocas de la Fm. Carbonatada, y con dos máximos en los valores 3-4% y 7-8%. El K (figura 4.22), con una distribución marcadamente polimodal, tiene una distribución muy contrastada. En el rango de variación que presenta, 0-4%, muestra tres máximos en los valores 0-0,2%, 1,2-1,4% y 2,4-2,5%. Éste último es probablemente debido a la existencia de rocas con contenidos gradualmente crecientes en arcillas o en feldespatos alcalinos (areniscas con matriz arcillosa más o menos abundante a lutitas graduando a una serie de materiales volcánicos y plutónicos de composiciones variables y con alteraciones hidrotermales definidas. El Na (figura 4.28), muestra asimismo una distribución de carácter muy polimodal, con un amplio rango de variación (0-7%) debido sin duda, a la presencia de varias rocas (esencialmente ígneas, con alteraciones hidrotermales de tipo sódico y a la presencia en la zona de albititas y sienitas).

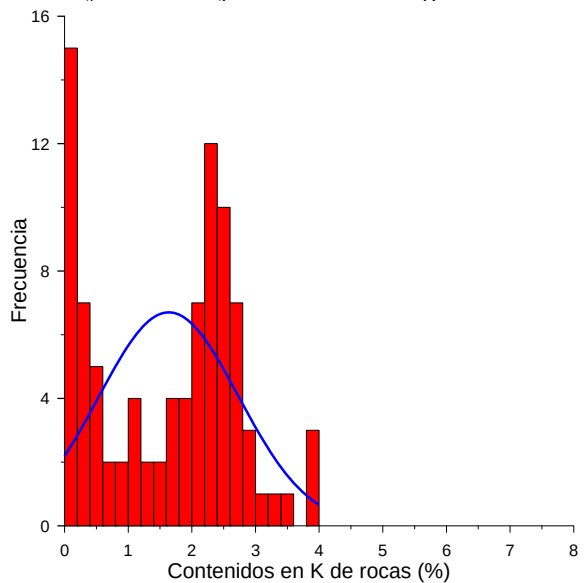
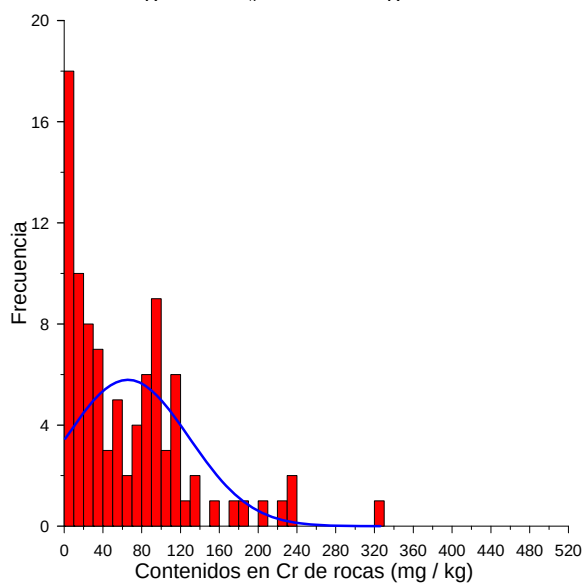
En el caso de los elementos menores o trazas se observan también distribuciones esencialmente polimodales, muy asimétricas, con sub-poblaciones debidas a la existencia de rocas o litologías con quimismo muy diferenciado, habiendo que incluir en este rasgo, en algunos casos, a elementos con valores muy elevados con respecto al resto, valores atípicos o “salvajes” que pueden corresponder a muestras anómalas por superposición de procesos de alteración hidrotermal o de mineralización. Llama la atención, en este sentido, la distribución del As (figura 4.4) con un valor de cerca de 150 mg/kg, del Ba (figura 4.6) con valores de entre 25 y 1600 mg/kg y varios máximos de frecuencia intermedios, del Hg (figura 4.21) con valores de hasta 80 microg/kg, el Pb (figura 4.31) que, aunque con un corto recorrido (0-33 mg/kg) es claramente polimodal, el U (figura 4.46), con contenidos de hasta 217 mg/kg y netamente polimodal. Algunos elementos muestran distribuciones polimodales correspondientes a la existencia de varias sub-poblaciones con contenidos muy diferentes (grupos de varias muestras) con valores medios sensiblemente más altos que otros, netamente diferenciadas de aquellas, y que corresponden a litologías asimismo muy diferenciadas. Es el caso del Cr, del Ni, del Sc, del Ta, del Sr. En general las Tierras Raras ligeras (Ce, La, Eu, Nd, Sm) tienen tendencias a distribuciones asimétricas y lognormales con algunos escasos valores superiores y muy diferenciados, mientras que las Tierras Raras más pesadas, Lu, Yb, Tb tienen tendencia a una mayor dispersión y a una polimodalidad más marcada de sus distribuciones. Elementos con contenidos normalmente bajos y próximos al límite de detección presentan distribuciones asimétricas, aparentemente con tendencias lognormales. (Bi, Ag, S, Sb, Mo,...). Destaca la del Ta, con valores de hasta 20 mg/kg)



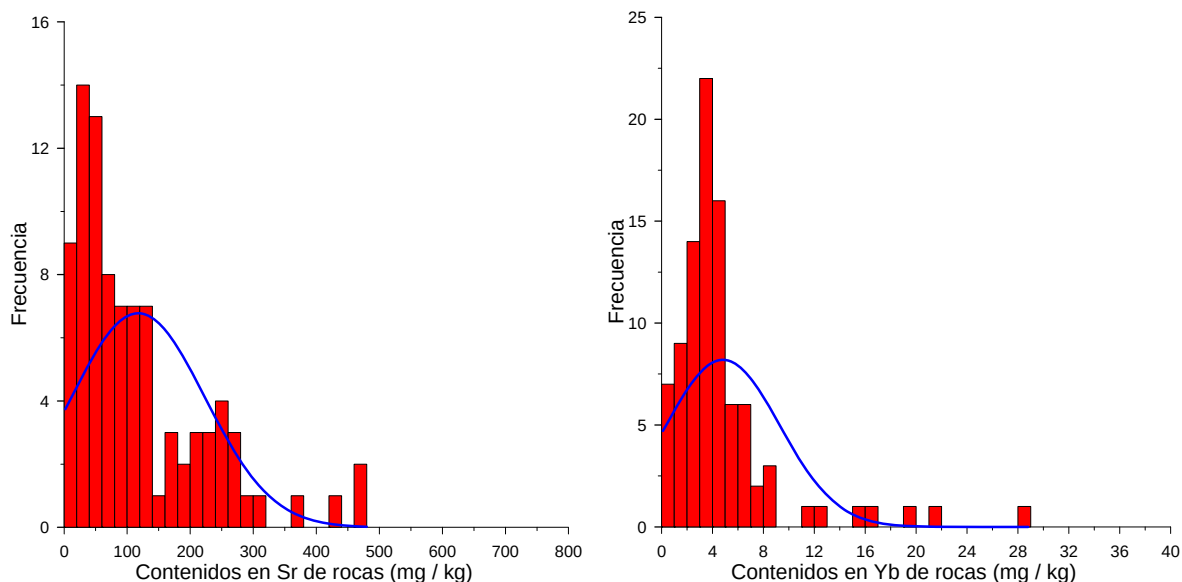
Figuras 4.4 y 4.6. Histogramas de contenidos en Al y Ba del conjunto de rocas recogidas



Figuras 4.9 y 4.13. Histogramas de contenidos en Bi y Ce del conjunto de rocas recogidas



Figuras 4.15 y 4.22. Histogramas de contenidos en Bi y Ce del conjunto de rocas recogidas



Figuras 4.40 y 4.49. Histogramas de contenidos en Bi y Ce del conjunto de rocas recogidas

4.2.2.- DIAGRAMAS DE CAJAS DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS POR TIPOS LITOLÓGICOS.

Las muestras han sido clasificadas, para este análisis, en grandes tipos litológicos, asignándoseles, en cada caso el correspondiente código litológico. Los grupos litológicos considerados son los siguientes:

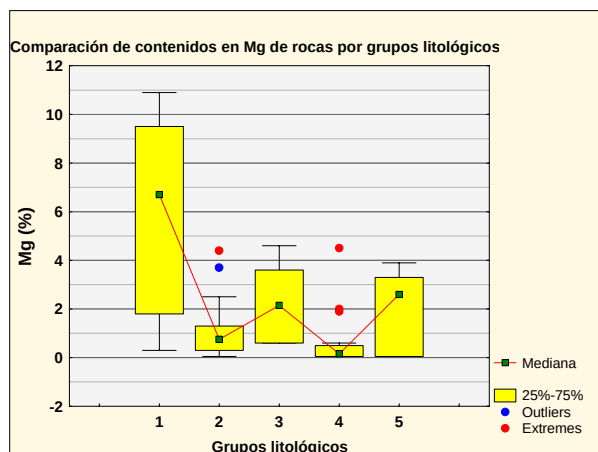
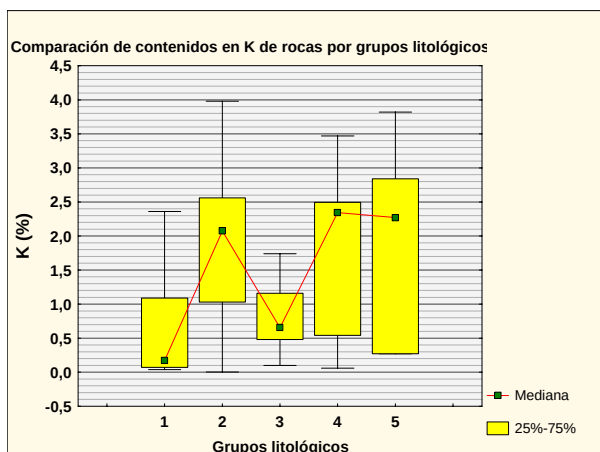
- **1. Calizas y rocas carbonatadas, en general. (Fm. Carbonatada) - 8 muestras.**
- **2. Lutitas, pizarras-esquistos, cuarcitas, areniscas, grauvacas. Varias unidades.- 46 m.**
- **3. Rocas básicas a intermedias intrusivas (gabros, diabasas) y equivalentes metamórficos, ligados a la extensión cámbrica.- 5 muestras.**
- **4. Rocas intrusivas ácidas alcalinas. Granitos a tonalitas y sienitas, precámbricos, ligados al Rift cámbrico y variscos. Equivalentes metamórficos (neises, milonitas).- 17 muestras**
- **5. Vulcanitas ácidas a intermedias. Piroclastos ácidos. C.V.S. y Fm. Bodonal.- 7 muestras.**

Se han representado, en las figuras 4.53 a 4.78, los diagramas de cajas o “boxplots” elemento a elemento, por tipos litológicos (rocas carbonatadas, pizarras y esquistos, rocas intermedias a básicas y equivalentes metamórficos, rocas intrusivas ácidas, vulcanitas ácidas e intermedias). Esta representación, eminentemente descriptiva, permite apreciar gráficamente el rango de variación o la dispersión de los datos, un valor central como es la mediana, la simetría de la población y la presencia o ausencia de valores extremos o atípicos.

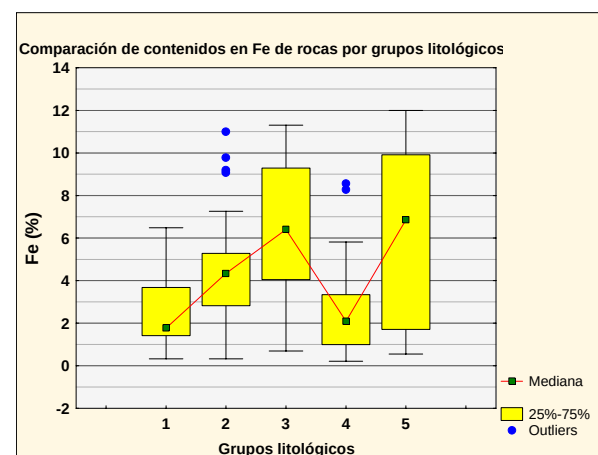
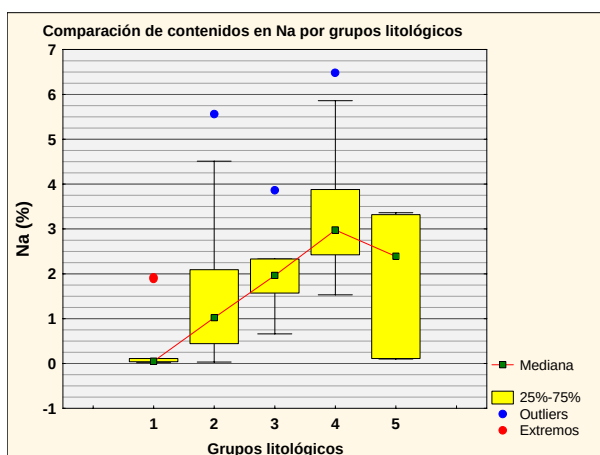
El escaso número de muestras de las que se dispone, así como la diferencia de representación de unos grupos litológicos con respecto a otros hacen que las comparaciones realizadas por medio de los diagramas de cajas sean, en principio, meramente indicativos y orientativos. Sin embargo, los boxplots de los elementos mayoritarios por tipos litológicos suministran información que es, en general muy coherente con las características de esas litologías, y también con los resultados realizados en forma similar en el estudio litológico del proyecto anterior (CGEOM-Fase 1).

Las pizarras y areniscas, las rocas básicas y el volcanismo ácido, muestran unos valores medios en Al que son superiores a los de las demás litologías y una mayor dispersión de los contenidos (variabilidad de los contenidos en fracción siliciclástica). Las rocas carbonatadas muestran medianas en Ca superiores a las de los demás grupos y en menor medida lo hacen las rocas básicas intrusivas. El Fe se manifiesta más intensamente en las rocas intrusivas y extrusivas básicas, así como en las rocas volcánicas ácidas e

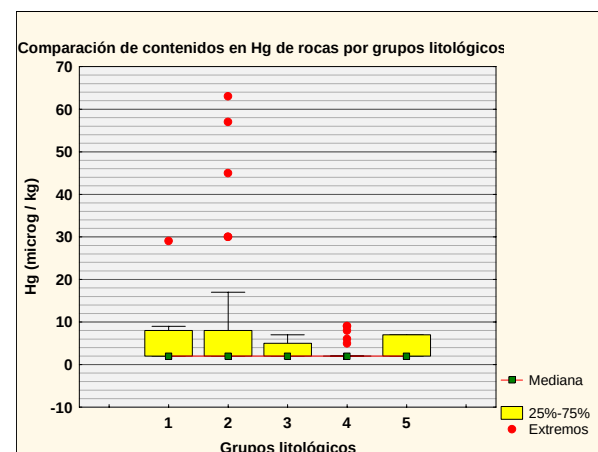
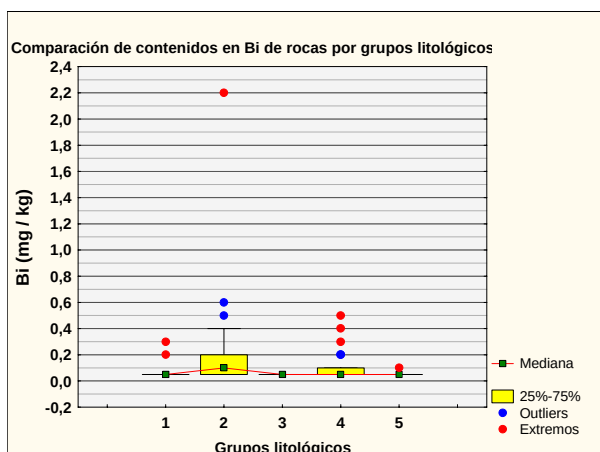
intermedias. Las medianas de los contenidos en Mg corresponden a rocas básicas intrusivas, rocas carbonatadas (dolomías) y a rocas volcánicas ácidas e intermedias/básicas, aunque las rocas carbonatadas presentan una mucho mayor dispersión, relacionada posiblemente con procesos de dolomitización en grados diversos. Los contenidos en Na diferencian netamente a las rocas ígneas en general, sensiblemente mayores que en los demás materiales, mostrando las rocas carbonatadas contenidos muy inferiores. El Na diferencia bastante nítidamente a las rocas intrusivas ácidas, del resto de las rocas ígneas. El K discrimina claramente a los grupos de rocas siliciclásticas, rocas intrusivas ácidas y rocas volcánicas ácidas-intermedias a básicas (CVS), con medianas igualmente elevadas, de los demás grupos que tienen valores medios más bajos y con menores dispersiones.



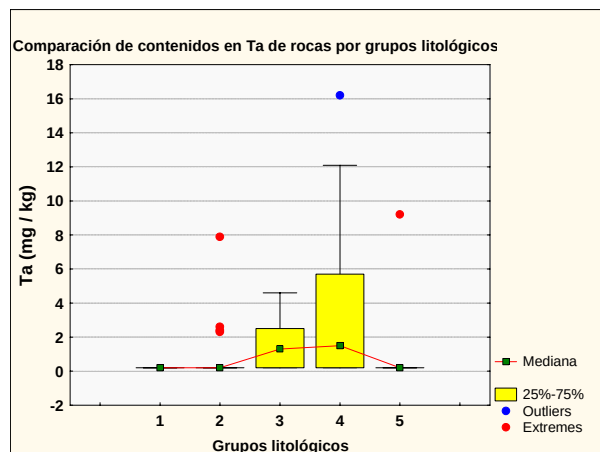
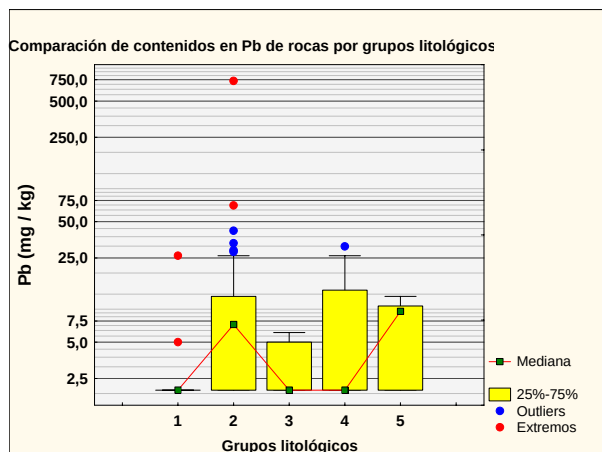
Figuras 4.62 y 4.65. Comparación de contenidos medios (mediana) y dispersiones de K y Mg por medio de box plots



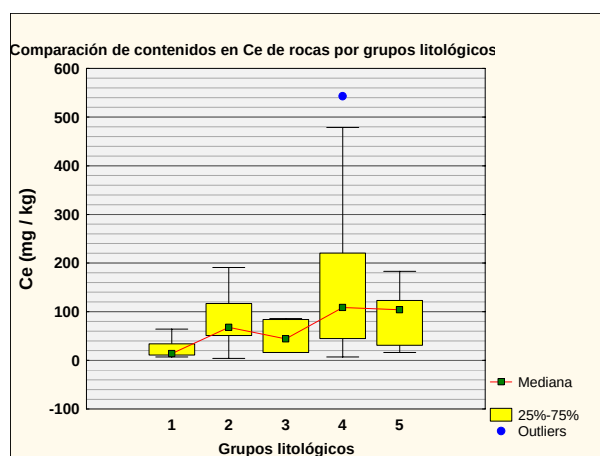
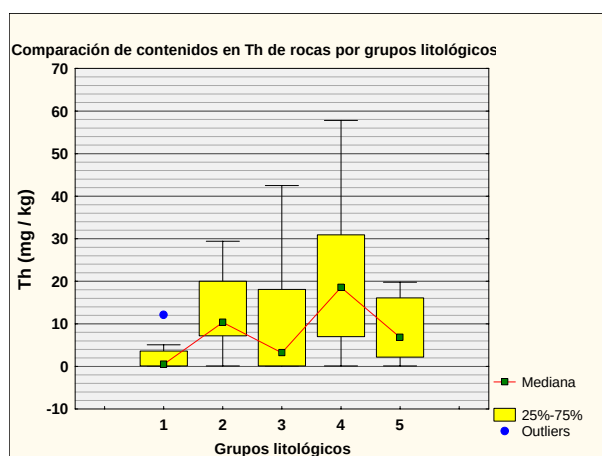
Figuras 4.60 y 4.67. Comparación de contenidos medios (mediana) y dispersiones de Na y Fe por medio de box plots



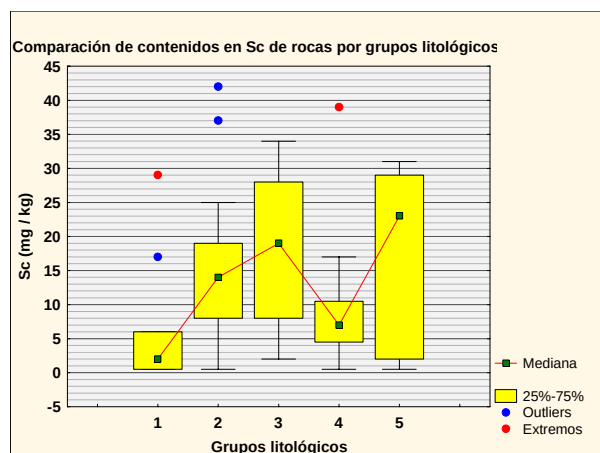
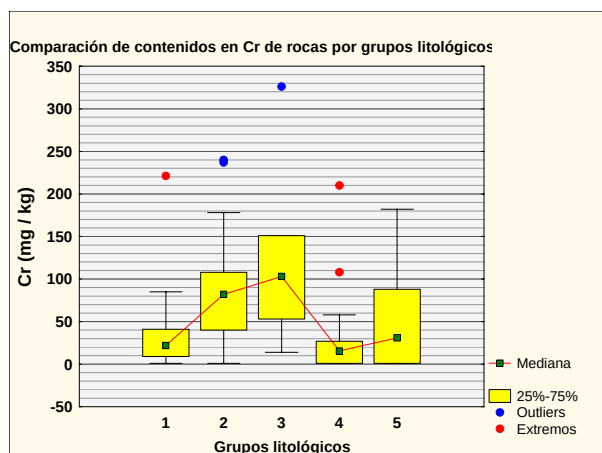
Figuras 4.55 y 4.61. Comparación de contenidos medios (mediana) y dispersiones de Bi y Hg por medio de box plots



Figuras 4.69 y 4.72. Comparación de contenidos medios (mediana) y dispersiones de Pb y Ta por medio de box plots



Figuras 4.73 y 4.58. Comparación de contenidos medios (mediana) y dispersiones de Th y Ce por medio de box plots



Figuras 4.58 y 4.70. Comparación de contenidos medios (mediana) y dispersiones de Cr y Sc por medio de box plots

La mayoría de los elementos traza parecen tener un fuerte **control litológico**. Puede decirse que, en general, destaca el grupo 2 (pizarras, grauvacas, cuarcitas) por la gran dispersión y variabilidad de los contenidos de la mayoría de los elementos traza (Ag, As, Au, Bi, Br, Cd, Hg, Lu, Mo, P, Pb, S, Sb, Te, Y, Zn, U), netamente superiores a las de los demás grupos. Esto puede ser debido, en parte, a que este grupo engloba a términos litológicos de diferentes unidades estratigráficas, con rasgos geoquímicos diferentes, pero en gran medida a la presencia en él de valores atípicos relacionados con mineralizaciones o con alteraciones hidrotermales. Las rocas intrusivas básicas (gabros relacionados con la extensión del

Cámbrico Inferior-Medio, tienen medianas elevadas en elementos mayores característicos del magmatismo básico, como Fe, Mg, Ca y en elementos traza también asociados a ellas (Ti, V, Sc, Cr, Ni, Co, Sr, Zr), mientras que las rocas intrusivas ácidas o intermedias originadas en el mismo evento geológico, así como los granitoides variscos englobados en el mismo grupo muestran medianas elevadas en los elementos clásicos de filiación granítica (Be, Li, Ta, Th, Hf, U, y Tierras Raras). Las rocas del grupo 5, volcanismo ácido de la Fm. Bodonal y volcanismo bimodal del CVS) presentan box plots con gran dispersión y rasgos intermedios entre los de las rocas intrusivas básicas y de las ácidas, por la presencia de rocas magmáticas ácidas y básicas). Las rocas carbonatadas de la Fm. Carbonatada se discriminan netamente de las de los otros grupos litológicos por sus altos contenidos medios (mediana) y dispersiones en Ca, Mg y Mn..

En conclusión, los rasgos geoquímicos de los distintos grupos litológicos son totalmente coherentes con su naturaleza e indican un **gran contraste geoquímico** y una **gran variabilidad entre grupos y dentro de cada uno de ellos**.

4.2.2.-COMPARACIÓN DE LOS RASGOS GEOQUÍMICOS ENTRE UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS. BOX PLOTS POR UNIDADES.

El estudio precedente ha puesto de manifiesto las grandes dispersiones de contenidos dentro de algunos de los grupos litológicos. Ello es debido, sin duda, a que algunos de estos grupos incluyen a rocas litológicamente similares pero de edades diferentes y con distinto origen o significación geológica. Por ello, y para tener un conocimiento más preciso de la variabilidad geoquímica existente en la zona de estudio se ha realizado, también a través del análisis de las distribuciones geoquímicas expresadas en los box plots, una comparación de los rasgos geoquímicos de las principales unidades litoestratigráficas presentes en el área. Al clasificar a las rocas recogidas en un mayor número de grupos estos constan, en algunos casos, de un menor número de miembros por lo que es preciso insistir en el carácter aproximativo de este proceder.

Los grupos litoestratigráficos formados a partir de las 94 muestras tomadas en la zona son los siguientes:

- 1. Granitos anatéticos postcolisionales Cadomienses. Proterozoico Superior.(8 m)
- 2. Rocas intrusivas básicas (gabros) relacionadas con el rift Cámbrico. Cámbrico inferior (5 m)
- 3. Rocas intrusivas ácidas (granitos a granodioritas, sienitas) relacionadas con el rift Cámbrico. Cámbrico Inferior. (12 m)
- 4. Granitos sin a tardi-cinemáticos y post-cinemáticos variscos. Carbonífero. (3 m)
- 5. Serie Negra (esquistos, liditas, areniscas, anfíbolitas, neises migmatíticos). Proterozoico Superior. (10 m)
- 6. Fm. Bodonal (Rocas volcánicas efusivas y piroclásticas ácidas, areniscas). Proterozoico Superior-Cámbrico Inferior. (2 m)
- 7. Series Detríticas Superior e Inferior (areniscas, pizarras, grauvacas). Cámbrico Inferior. (6 m)
- 8. Fm. Carbonatada. Calizas, dolomías, calcoesquistos, pizarras). Cámbrico Inferior (8 m).
- 9. Complejo Volcánico Sedimentario Cámbrico (volcanismo efusivo bimodal, ácido y básico, esquistos, pizarras, grauvacas). Cámbrico Inferior-Medio (5 m)
- 10. Fm. Esquistos de Jerez (Esquistos, grauvacas, areniscas, volcanitas básicas). Cámbrico Inferior (16 m)
- 11. Fm. Fatuquedo (Esquistos, pizarras, areniscas y grauvacas).Ordovícico Inferior. (1 m)
- 12. Fm. Barrancos (Esquistos, pizarras, areniscas, grauvacas). Ordovícico Inferior-Medio (4)
- 13. Silúrico (esquistos negros, pizarras negras, liditas). (2 m).
- 14. Fm. Xistos Raiados (Esquistos y pizalaminados). Devónico Inferior. (3 m).
- 15. Flysch de Terena (pizarras, grauvacas, microconglomerados). Devónico. (4 m)

En la figura 4.79 se representa la situación, sobre fondo geológico, de las muestras de roca indicando el grupo litoestratigráfico asignado. En puntos contados puede encontrarse alguna pequeña discrepancia entre su situación geológica y la unidad litoestratigráfica asignada. Son debidas a que la base geológica es un esquema simplificado y no han sido representados afloramientos de poca entidad superficial.

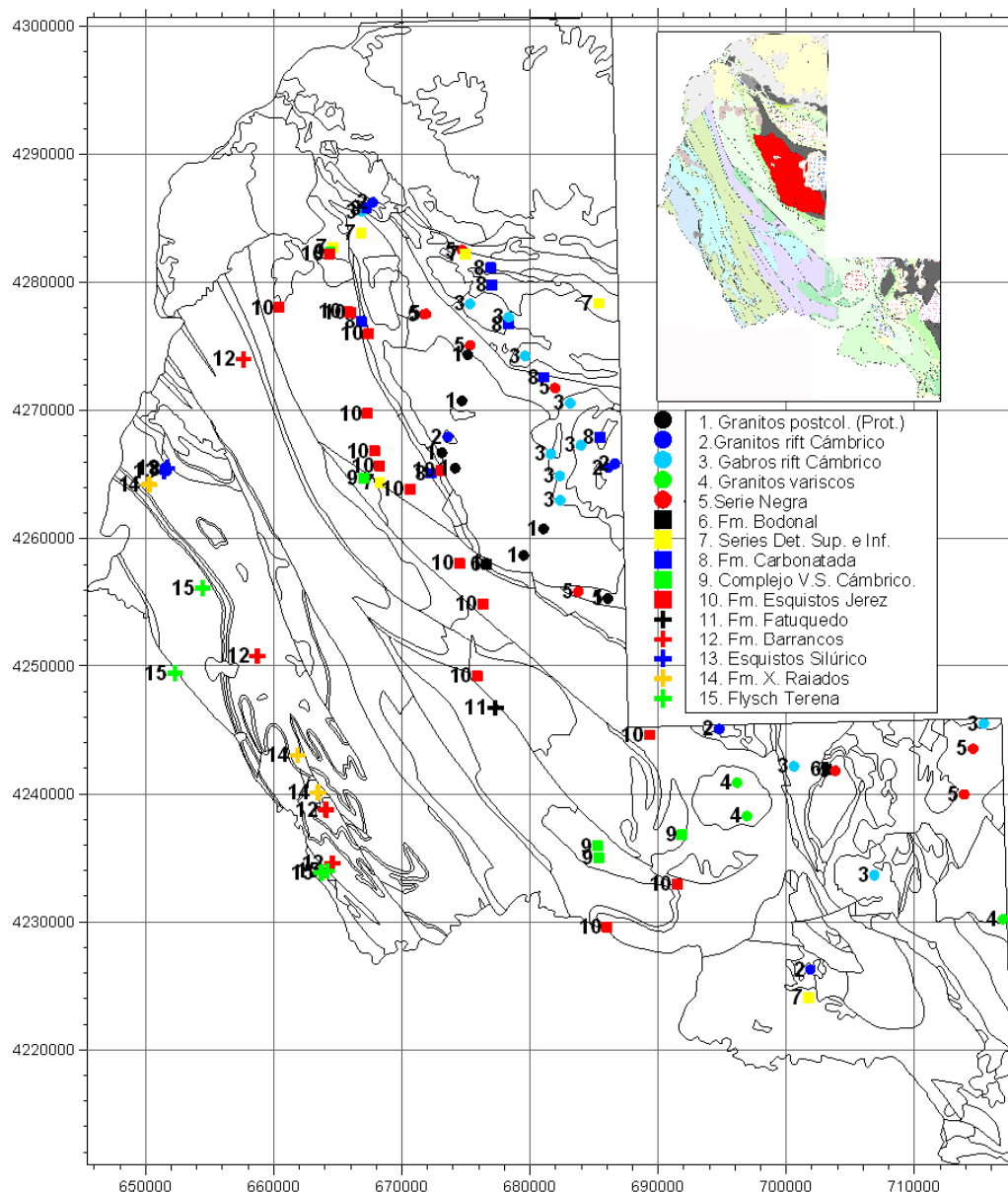
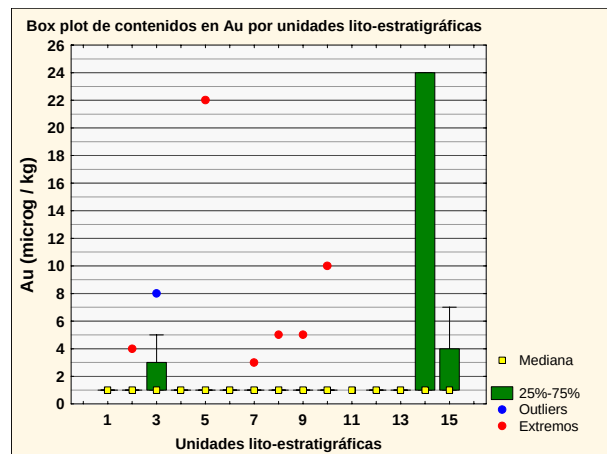
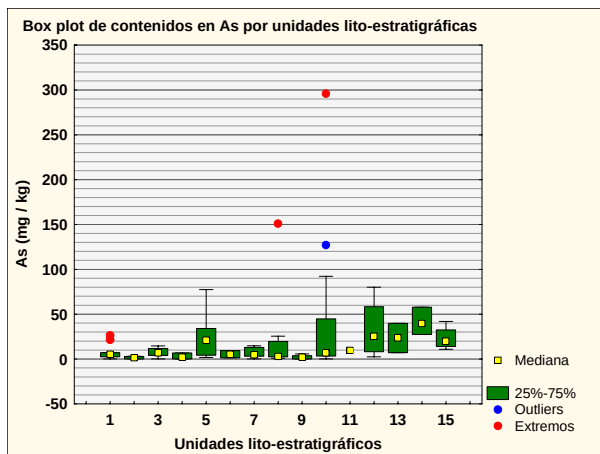


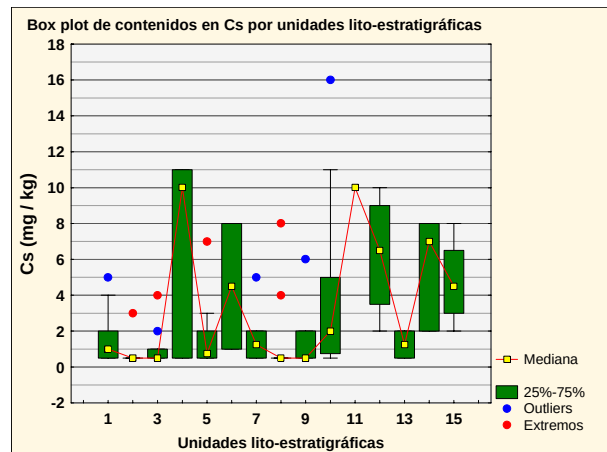
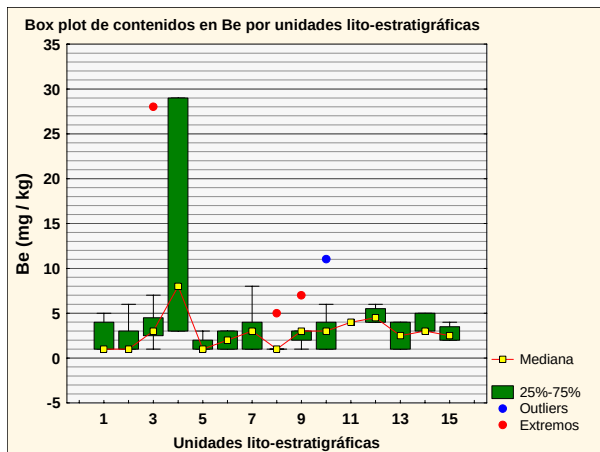
Figura 4.79. Mapa de situación de las muestras de roca con su pertenencia a los principales grupos o unidades litoestratigráficas, expresados en la leyenda.

Para visualizar los valores centrales (medianas) y las dispersiones de los contenidos elementales en las unidades litoestratigráficas anteriormente definidas se han elaborado los box plots o diagramas de cajas de las distintas unidades. Se representan en las figuras 4.80 a 4.131.

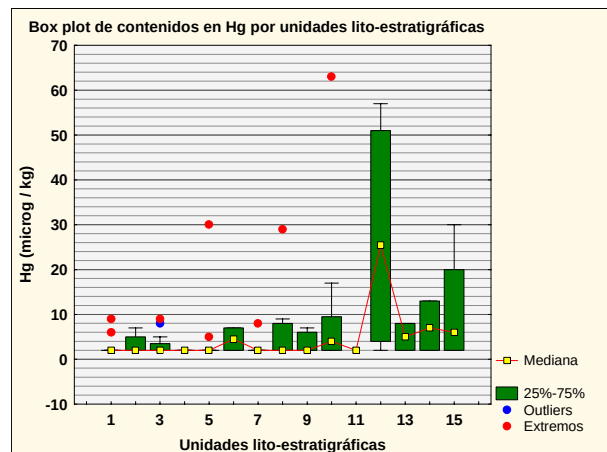
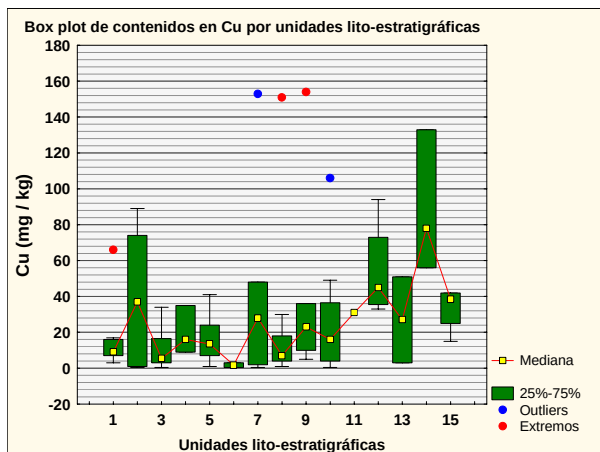
A continuación se sintetizan las principales observaciones deducidas de su análisis.



Figuras 4-94 y 4-95. Comparación de las distribuciones de contenidos en As y Au por unidades litoestratigráficas

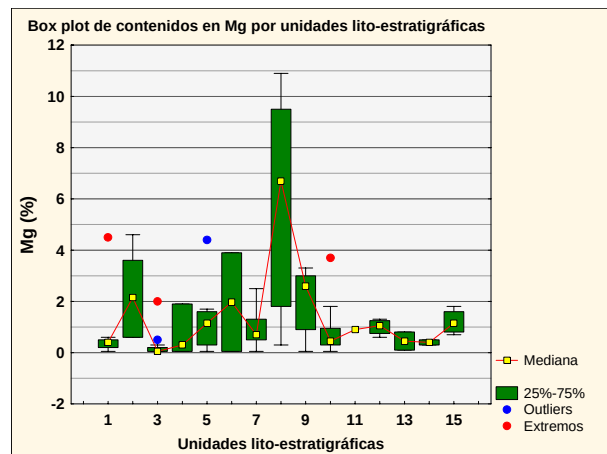
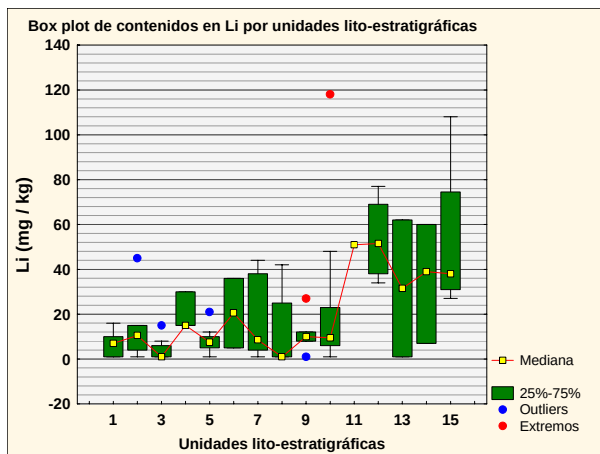


Figuras 4-98 y 4-106. Comparación de las distribuciones de contenidos en Be y Cs por unidades litoestratigráficas

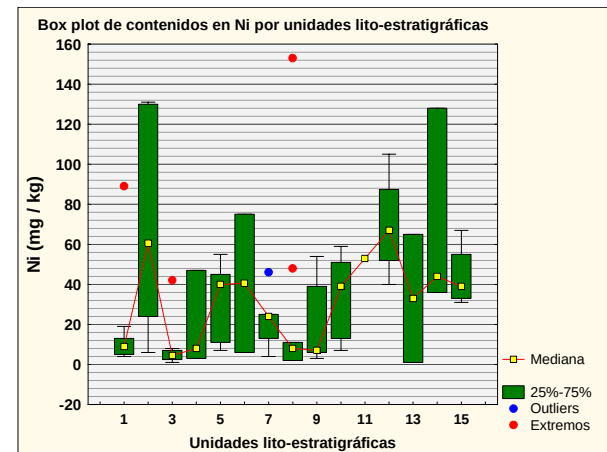
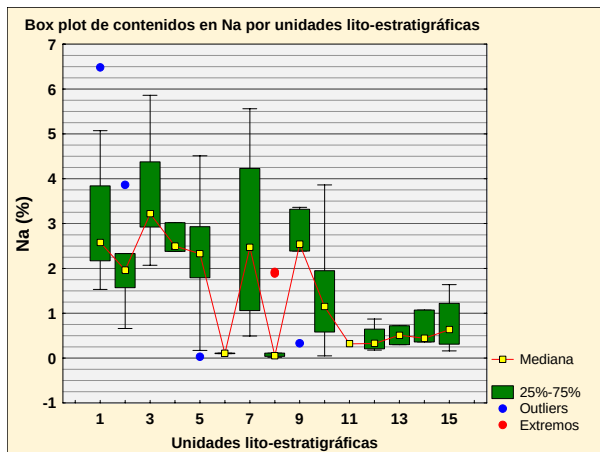


Figuras 4-107 y 4-111. Comparación de las distribuciones de contenidos en Cu y Hg por unidades litoestratigráficas

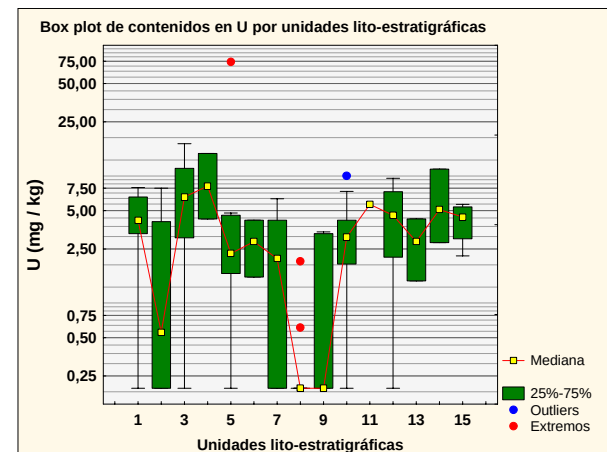
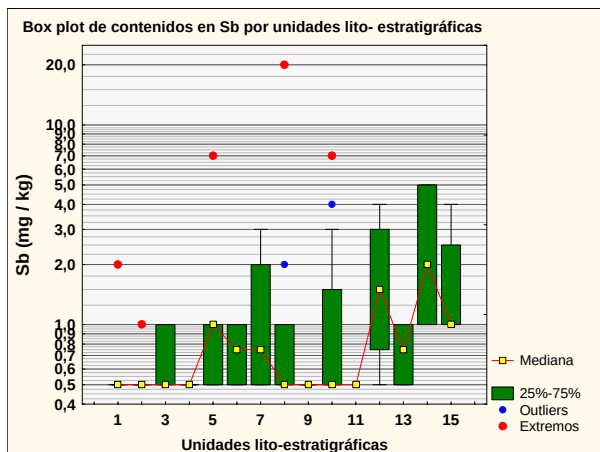
1. Granitos anatócticos postcolisionales Cadomienses. 2. Rocas intrusivas básicas (gabros) relacionadas con el rift Cámbrico. 3. Rocas intrusivas ácidas (granitos a granodioritas, sienitas) relacionadas con el rift Cámbrico. 4. Granitos sin a tardicinemáticos y postcinemáticos variscos. 5. Serie Negra (esquistos, liditas, areniscas, anfíbolitas, neises migmatíticos). Proterozoico Superior. 6. Fm. Bodonal (Rocas volcánicas efusivas y piroclásticas ácidas, areniscas). 7. Series Detríticas Superior e Inferior (areniscas, pizarras, grauvacas). 8. Fm. Carbonatada. Calizas, dolomías, calcoesquistos, pizarras). 9. Complejo Volcánico Sedimentario Cámbrico (volcanismo efusivo bimodal, ácido y básico, esquistos, pizarras, grauvacas). 10. Fm. Esquistos de Jerez (Esquistos, grauvacas, areniscas, volcanitas básicas). 11. Fm. Fatuquedo (Esquistos, pizarras, areniscas y grauvacas). 12. Fm. Barrancos (Esquistos, piazarras, areniscas, grauvacas). 13. Silúrico (esquistos negros, pizarras negras, liditas). 14. Fm. Xistos Raiados (Esquistos y pizarras laminados). 15. Flysch de Terena (pizarras, grauvacas, microconglomerados).



Figuras 4-114 y 4-116. Comparación de las distribuciones de contenidos en Li y Mg por unidades litoestratigráficas

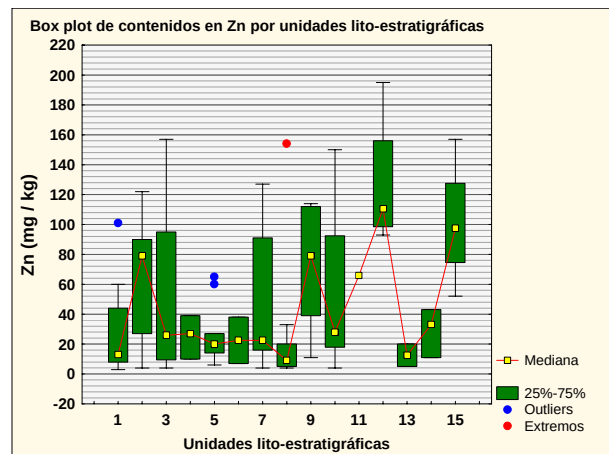
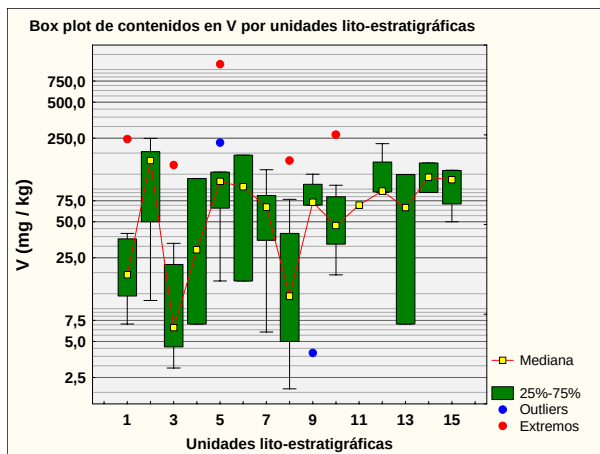


Figuras 4-119 y 4-121. Comparación de las distribuciones de contenidos en Na y Ni por unidades litoestratigráficas



Figuras 4-126 y 4-137. Comparación de las distribuciones de contenidos en Sb y U por unidades litoestratigráficas

1. Granitos anatécicos postcolisionales Cadomienses. 2. Rocas intrusivas básicas (gabros) relacionadas con el rift Cámbrico. 3. Rocas intrusivas ácidas (granitos a granodioritas, sienitas) relacionadas con el rift Cámbrico. 4. Granitos sin a tardicinemáticos y postcinemáticos variscos. 5. Serie Negra (esquistos, liditas, areniscas, anfibolitas, neises migmatíticos). Proterozoico Superior. 6. Fm. Bodonal (Rocas volcánicas efusivas y piroclásticas ácidas, areniscas). 7. Series Detríticas Superior e Inferior (areniscas, pizarras, grauvacas). 8. Fm. Carbonatada. Calizas, dolomías, calcoesquistos, pizarras). 9. Complejo Volcánico Sedimentario Cámbrico (volcanismo efusivo bimodal, ácido y básico, esquistos, pizarras, grauvacas). 10. Fm. Esquistos de Jerez (Esquistos, grauvacas, areniscas, volcanitas básicas). 11. Fm. Fatuquedo (Esquistos, pizarras, areniscas y grauvacas). 12. Fm. Barrancos (Esquistos, pizarras, areniscas, grauvacas). 13. Silúrico (esquistos negros, pizarras negras, liditas). 14. Fm. Xistos Raiados (Esquistos y pizarras laminados). 15. Flysch de Terena (pizarras, grauvacas, microconglomerados).



Figuras 4-138 y 4-144. Comparación de las distribuciones de contenidos en V y Zn por unidades litoestratigráficas

1. Granitos anatócticos postcolisionales Cadomienses. 2. Rocas intrusivas básicas (gabros) relacionadas con el rift Cámbrico. 3. Rocas intrusivas ácidas (granitos a granodioritas, sienitas) relacionadas con el rift Cámbrico. 4. Granitos sin a tardicinemáticos y postcinemáticos variscos. 5. Serie Negra (esquistos, liditas, areniscas, anfíbolitas, neises migmatíticos). Proterozoico Superior. 6. Fm. Bodonal (Rocas volcánicas efusivas y piroclásticas ácidas, areniscas). 7. Series Detríticas Superior e Inferior (areniscas, pizarras, grauwacas). 8. Fm. Carbonatada. Calizas, dolomías, calcoesquistos, pizarras). 9. Complejo Volcánico Sedimentario Cámbrico (volcanismo efusivo bimodal, ácido y básico, esquistos, pizarras, grauwacas). 10. Fm. Esquistos de Jerez (Esquistos, grauwacas, areniscas, volcanitas básicas). 11. Fm. Fatuquedo (Esquistos, pizarras, areniscas y grauwacas). 12. Fm. Barrancos (Esquistos, pizarras, areniscas, grauwacas). 13. Silúrico (esquistos negros, pizarras negras, liditas). 14. Fm. Xistos Raiados (Esquistos y pizarras laminados). 15. Flysch de Terena (pizarras, grauwacas, microconglomerados).

Los **elementos mayores** expresan unas afinidades propias de los materiales litológicos que aparecen en las diferentes unidades, aunque en aquellas formadas por materiales similares presentan tendencias algo diferentes. El **Al** tiene los fondos (medianas) más elevados en la Fm. Barrancos y en la Fm. Fatuquedo, así como una gran dispersión en el Silúrico, mientras que su fondo más bajo está en la Fm. Carbonatada. El **Ca** tiene la media na más alta en la Fm. Carbonatada y una gran dispersión en el Silúrico. El **Fe** tiene su expresión más elevada en el C.V.S. y en las rocas intrusivas básicas del Cámbrico, se manifiesta con baja intensidad en los granitos post-colisionales, así como tiene una gran dispersión en el C:V.S, y en la Fm. Bodonal. El **K** tiene los contenidos más altos en la Fm. Barrancos y los más bajos en la Fm. Carbonatada. Muestra valores apreciables y una cierta dispersión en el C.V.S., en los granitos, en general, y en el Silúrico. El **Mg** se expresa con medianas más elevadas en la Fm. Carbonatada, en las rocas intrusivas básicas, en la Fm. Bodonal y en el C.V.S. Finalmente, el **Na** tiene los valores más elevados en las unidades más antiguas (granitos cámbricos y post-colisionales, granitos hercínico, Fm. Bodonal y C.V.S.), es decir, en aquellas con componente ígnea, mientras muestra contenidos muy inferiores en las unidades sedimentarias (Fm. Carbonatada y unidades sedimentarias más recientes (Fm. Barrancos en adelante).

En términos generales se observa una gran contraste de los contenidos de elementos mayores en las diferentes unidades, aunque dentro de una lógica que responde a los fuertes contrastes litológicos existentes. Sin embargo, rocas de naturaleza litológica similar se discriminan en función de su origen y edad. Las rocas del C.V.S. y de la Fm. Bodonal, aunque litológicamente incluyen términos muy diversos manifiestan bien su afinidad ígnea.

Los **elementos menores y, sobre todo, los elementos traza**, muestran afinidades con el carácter litológico dominante de las unidades, pero también en el caso de varios de ellos, y es lo destacable, con su edad.

El **As** muestra contenidos algo más elevados en la Serie Negra y en las unidades sedimentarias del Cámbrico (Fm. Jerez) y del Ordovícico-Devónico. Además de los valores centrales más altos, existen anomalías en las pizarras y areniscas de la Fm. Esquistos de Jerez (300 mg/kg) y en la Fm. Carbonatada (150 mg/ kg). El **Au**, con una mediana muy baja en todas las unidades, tiene una mayor dispersión en la

F. Xistos Raiados y varios valores extremos en unidades como la Serie Negra, la Fm. Bodonal, el C.V.S. El **B**, tiene contenidos medios elevados en la Serie Negra, así como en las unidades sedimentarias detríticas ordovícico-devónicas (Fm. Xistos Raiados) en las cuales la dispersión se hace paulatinamente mayor. El **Ba** alcanza sus fondos mayores en las rocas graníticas variscas, en la Serie Negra y en la Fm. Bodonal, así como en las unidades más modernas como la Fm Barrancos y posteriores. El **Be** se asocia principalmente a los granitos variscos, en los cuales tiene también una gran dispersión, siendo las variaciones en las demás unidades menos significativas. El **Bi** muestra una relación estrecha con las rocas graníticas variscas y, en tono algo menor, con las Series Detríticas Inferior y Superior del Cámbrico Inferior. En unidades más modernas, como la Fm. Barrancos y siguientes, tiene asimismo fondos apreciables. La Fm. Carbonatada y los esquistos silúricos presentan, en oposición a las otras unidades, una gran dispersión de valores de **Br**, existiendo contenidos de hasta 60 mg/kg en la mencionada en primer lugar. El **Cd** presenta valores en torno al límite de detección (0,05 mg/kg) en casi todas las unidades, salvo en la Fm. Barrancos en la cual existen valores de hasta 1,5 mg/kg. El **Ce** expresa una clara afinidad por las rocas intrusivas ácidas del Cámbrico y, en menor medida, por el C.V.S. La Fm. Esquistos de Jerez y las unidades posteriores del Paleozoico muestran fondos medios a elevados y muy similares.

El **Co** y el **Cr** muestran distribuciones con algunas similitudes, fundamentalmente en lo que se refiere a sus valores centrales, más elevados en los gabros de Cámbrico, la Serie Negra, La Fm. Bodonal, y los valores medios a elevados de las unidades del Ordovícico y Devónico. Salvo para estas últimas, se hace evidente una relación con el magmatismo básico o bimodal. El **Cs** muestra una tendencia similar pero en relación con el magmatismo ácido variscico y el de la Fm. Bodonal, así como una relación con las unidades de la Fm. Barrancos y la de Xistos Raiados. El **Cu** manifiesta una tendencia similar a la de Co y Cr (en relación con los gabros del cámbrico), pero destaca el hecho de las medianas más elevadas sean las de las unidades de Xistos Raiados, Fm. Barrancos, Silúrico y Flysch de Terena. Llamen la atención los bajos contenidos de la Fm. Bodonal, así como valores anómalos de cerca de 150 mg/kg en la Fm. Carbonatada, C.V.S. y en las Series Detríticas del Cámbrico.

El **Hf** destaca por su fuerte afinidad por los granitoides ligados a la extensión cámbrica (valores de hasta 89 mg/kg), siendo las demás distribuciones parecidas y con valores centrales muy inferiores. El **Hg** llama asimismo la atención por concentrar sus contenidos medios a mayores y las dispersiones más marcadas en las unidades de la Fm. Barrancos y siguientes cronológicamente, siendo las medianas de las unidades anteriores mucho más bajas. El **Li** muestra una cierta correlación con los granitos variscicos y la Fm. Bodonal, aunque sus fondos y sus dispersiones en ellas son muy inferiores a las que manifiesta en la Fm. Barrancos y unidades posteriores (medianas del orden del doble de las unidades anteriormente mencionadas). El **Mn** muestra una distribución muy contrastada, con valores de fondo y dispersiones mucho más elevadas en la Fm. Carbonatada y C.V.S. que en las demás unidades. El **Mo** expresa una relación clara con los granitoides asociados a la extensión cámbrica, siendo los valores en las demás unidades muy cercanos al límite inferior de detección. El **Ni** tiene una distribución que se asimila a la del Co y, en parte, a la del Cr. El **P** parece asociarse con cierta nitidez a los granitos variscicos y al C.V.S., siendo las demás unidades bastante similares en sus distribuciones, con valores inferiores. Los fondos más elevados en Pb corresponden a los granitos variscicos, a la Fm. Bodonal, al C.V.S. y al Flysch de Terena, aunque con valores no muy diferentes en otras unidades. Las únicas que se diferencian, por su fondo muy inferior, son el grupo de granitos cámbricos, la Serie Negra y el Silúrico. En la Fm. Esquistos de Jerez existe una muestra de roca netamente anómala en Pb, con un contenido de 750 mg/kg en Pb.

Los fondos elevados en **Rb** se asocian a los granitos variscicos, a la Fm. Bodonal y, en menor medida a los granitos post-colisionales, a la Fm Barrancos y a la Fm. Xistos Raiados. Los contenidos en **S** son muy bajos en general, próximos al límite inferior de detección, aunque hay que señalar la existencia de un valor fuertemente anómalo, de 0,6% en S en una roca de la Fm. Esquistos de Jerez. El **Sb** constituye un ejemplo de elemento que cumple la tendencia ya señalada de incremento en fondos y dispersiones hacia los términos formados por las unidades litoestratigráficas más modernas. Existen, sin embargo anomalías puntuales, de 20 mg/kg en la Fm. Carbonatada y de 7 mg/kg en la Serie Negra y en la Fm. Esquistos de Jerez. El **Sc** muestra pautas similares a las de Ni y Co, con fondos significativamente más altos en los términos litológicos básicos presentes en las unidades de gabros cámbricos, Fm. Bodonal y C.V.S. El **Se** muestra una tendencia de distribución por unidades relativamente poco contrastada salvo por los valores más elevados del fondo en el C.V.S. y en la Fm. Xistos Raiados. Destaca un valor anómalo de 2,1 mg/kg

en la Serie Negra. El **Sn** manifiesta una tendencia poco contrastada entre unidades. Destaca un valor anómalo de 20 mg/kg de Sn en los granitoides asociados a la extensión cámbrica. El Sr, dentro de una tendencia de distribución entre unidades asimismo poco contrastada, muestra un mayor fondo en los gabros ligados al Rift cámbrico, en el C.V.S. y, sobre todo en el Silúrico (media de cerca de 1.000 mg/kg). Existe una intensa anomalía en una roca perteneciente a la Fm Carbonatada, con cerca de 2.500 mg/kg en Sr. El **Ta**, como elemento granitófilo, se manifiesta nítidamente en los granitoides (y en menor medida en los gabros) ligados a la extensión cámbrica y en los granitos variscos, en los primeros de los cuales se encuentra un valor anómalo de 20 mg/kg. El **Te** tiene fondos relativamente elevados en las rocas graníticas, en la Fm. Bodonal y en el C.V.S. y, por otra parte, en las unidades más modernas, especialmente en la Fm. Xistos Raiados. El **Th** muestra una distribución bastante contrastada pero con fondos apreciables en la mayor parte de las unidades. Destaca su afinidad por los granitoides del rift cámbrico y los granitos variscos, así como sus altos valores en la Fm. Barrancos y en la Fm. Xistos Raiados.

El **Ti** destaca por su fondo y su dispersión en relación con los gabros cámbricos (máximo de 2,1% en Ti), siendo en las demás unidades netamente menos significativos, aún cuando se aprecia un progresivo crecimiento de los fondos hacia los términos más recientes en la escala estratigráfica. En el caso del **U**, se observa una clara asociación con los tres tipos de rocas graníticas, que poseen los fondos más elevados en este elemento, y una no menos clara asociación con las unidades más recientes (Fm. Esquistos de Jerez, Fm. Barrancos, Silúrico, Fm. Xistos Raiados y Flysch de Terena. Llama la atención los valores mínimos en el C.V.S. Una anomalía significativa (75 mg/kg) se encuentra en una roca de la Serie Negra. El **V** presenta rasgos similares a los de Co, Ni y Sc. El **W** tiene valores inferiores al límite inferior de detección en casi todas las unidades (0,5 mg/kg), salvo en el caso del Flysch de Terena y sobre todo, en algunas muestras anómalas en las unidades de granitoides cámbricos, de la Serie Negra y en la Fm Esquistos de Jerez (6 mg/kg). El **Zn** tiene una distribución entre unidades muy contrastada. Los mayores fondos (medianas) se encuentran en el Flysch de Terena y en la Fm. Barrancos (con valores de hasta 200 mg/kg). Dentro de las rocas ígneas, con valores medios inferiores, el más elevado está en el grupo de gabros cámbricos (magmatismo básico) y en el C.V.S. El **Zr** tiene una distribución muy selectiva, manifestándose sobre todo en las rocas asociadas al magmatismo de la extensión cámbrica, y en particular con los granitoides (valores de hasta 700 mg/kg). El resto de las unidades tienen fondos similares aunque con pequeñas variaciones.

Los elementos pertenecientes al grupo de las Tierras Raras (Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb, Yb y, en cierto modo Y) tienen unas distribuciones análogas aunque con matices diferenciadores entre los elementos ligeros (**Ce, La, Eu, Nd, Sm**) y los pesados (**Tb, Lu e Yb**). En general el primer grupo muestra un enriquecimiento en los granitoides del Cámbrico y, en mucha menor medida, en el C.V.S. y valores medios en las unidades recientes (Fm. Barrancos a Flysch de Terena). Destacan los valores anómalos, en rocas del grupo de los granitoides, en **Ce** (700 mg/kg), **La** (300 mg/kg), **Nd** (300 mg/kg). Las Tierras Raras más pesadas muestran pautas de distribución similar, aún cuando en algunas de ellas se hacen más patentes fondos medios a altos en la unidad C.V.S. (caso del Lu, Tb, Yb). En el caso del **Y**, el fondo máximo se encuentra en el C.V.S., aún cuando también es elevado el correspondiente a granitos cámbricos). Los valores máximos en Y son del orden de 100 mg/kg.

En conclusión, las distribuciones elementales según unidades litoestratigráficas hacen patentes fuertes contrastes entre ellas y una **fuerte heterogeneidad geoquímica**. Estas diferencias están en gran parte ligadas a rasgos litológicos, entre los cuales destacan diferencias internas, por ejemplo, dentro del grupo de rocas graníticas de distinta generación. Algunas unidades tienen fuerte personalidad geoquímica, como es el caso de gabros cámbricos, granitos cámbricos, granitos variscos, Fm. Bodonal, C.V.S., y las unidades sedimentarias Fm. Esquistos de Jerez, Fm. Barranco, Silúrico (probablemente debido a sus contenidos en materia orgánica), Fm. Xistos Raiados y Flysch de Terena. Los granitos post-colisionales, la Fm. Fatuquedo y la Fm. Carbonatada tienen una menor personalidad.

5.- CAMPAÑA DE ORIENTACIÓN

Los objetivos de una campaña piloto o de orientación, previa a cualquier fase de exploración o cartografía geoquímica, son, en general, los siguientes:

- primer conocimiento general del área y sus características (comunicaciones, características de los suelos, tipos de cursos de agua, presencia y tipo de sedimentos, etc...).
- determinación de la pauta y densidad de muestreo adecuada.
- definición de la granulometría óptima para el análisis químico y elección de las técnicas analíticas adecuadas al problema.

Dado el carácter infraestructural de este estudio, que no está dirigido a un tipo específico de yacimiento y sí a un reconocimiento general, la densidad de muestreo, que está predefinida en las bases del proyecto, se ha fijado en base al conocimiento previo extraído de estudios similares en zonas próximas y a las recomendaciones que al respecto se hacen para este tipo de cartografías geoquímicas por organismos supranacionales como FOREGS (Forum de los Servicios Geológicos Europeos) o UNESCO (Programa 259 de Cartografía Geoquímica). Dado que en este caso la densidad de muestreo viene predeterminada por las bases del proyecto, los objetivos de la presente quedan reducidos a la primera y a la última.

En el estudio geoquímico previo realizado en Ossa Morena (CGEOM-Fase 1) en una zona contigua, al E de la presente y sin diferencias apreciables de tipo morfoclimático, se realizó una campaña de orientación detallada que permitió establecer unas conclusiones que justificaban algunos de los parámetros básicos de aquella campaña. Se seleccionaron 25 áreas, de ellas 13 junto a un indicio minero conocido y 12 en litologías representativas.

Se considera que, dada la similitud de rasgos climáticos, hidrográficos y orográficos entre la zona de trabajo anterior y actual, las conclusiones de aquel estudio de orientación son igualmente válidas para el actual. Además, es de todo punto conveniente, y siempre dentro de lo razonable, mantener los parámetros escogidos en la anterior para posteriores comparaciones o integraciones de los datos de las dos campañas.

Por todo ello, en este caso la campaña de orientación ha tenido el objetivo de confirmación de los parámetros fijados en la campaña anterior. Para ello, se ha limitado a la elección de dos áreas de muestreo, uno en proximidad a un indicio minero de W-Bi (INDI-157) situado en la Fm. Fatuquedo, y otro en la misma unidad litoestratigráfica pero alejada de mineralizaciones (LITO-24).

5.1. METODOLOGÍA Y DESARROLLO

5.1.1. TOMA DE MUESTRAS

La campaña piloto en el área de estudio se ha llevado a cabo mediante la toma de muestras en dos áreas. Se han recogido, en una de ellas (INDI-157), una muestra de sedimento de corriente en un arroyo próximo y a poca distancia del indicio y una muestra de suelo residual, también en situación muy próxima a la mineralización, aunque fuera del área de influencia de escombreras visibles. En la otra (LITO), se ha tomado un sedimento de corriente en un arroyo de orden 3º y un suelo residual próximo situado en la cuenca de drenaje aguas arriba del punto de toma del sedimento. La situación de las zonas y de las muestras recogidas aparece en la figura 5-1. En ella se localizan las zonas piloto sobre una base geológica simplificada, señalándose también la ubicación de los principales indicios de mineralizaciones metálicas.

Los objetivos son comprobar la respuesta de la mineralización y qué fracción es la que suministra la mejor respuesta o la anomalía más contrastada y es verificar la respuesta de dichas unidades y de la fracción más idónea para la discriminación de la señal geológica.

La metodología de toma de muestra ha sido igual a la que posteriormente se ha seguido en la campaña general y que se describe en el apartado 6.1. Tanto las muestras de sedimentos como las de suelos han sido tamizadas “in situ” a 2 mm. En el caso de los sedimentos, el tamizado se ha efectuado por vía

húmeda. En la mayor parte de los casos, los suelos muestreados tenían muy poco desarrollo, siendo poco profundos y con escaso o nulo desarrollo de un horizonte de acumulación.

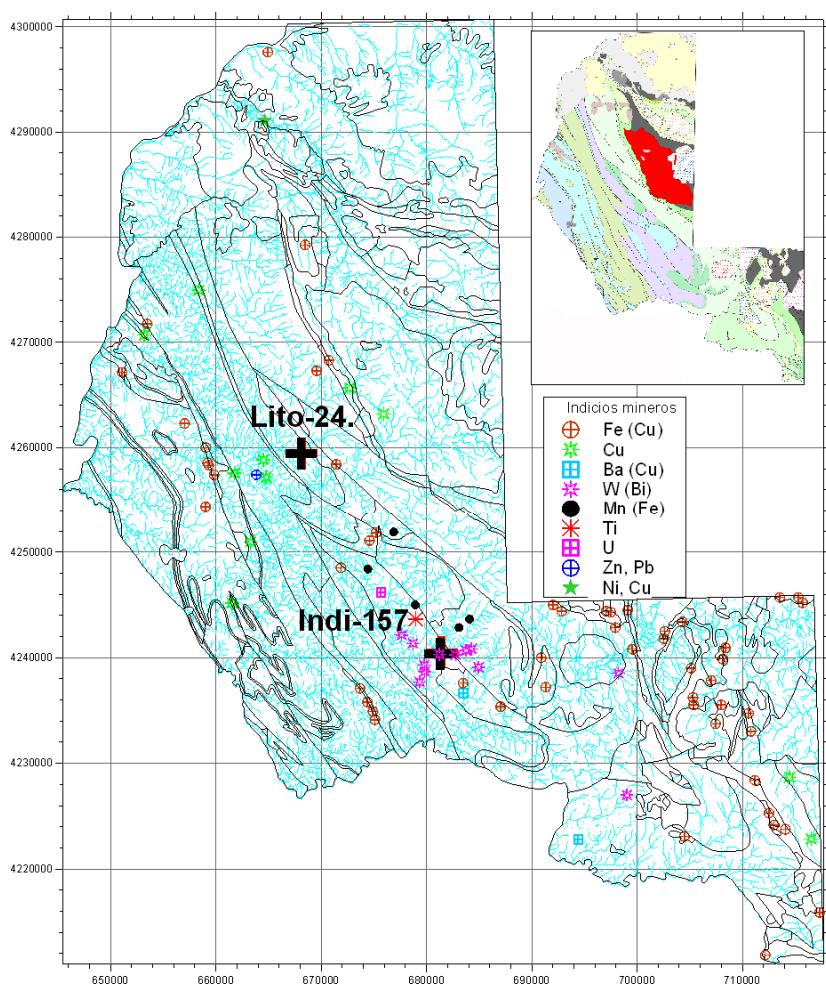


Figura 5.1. Situación de los puntos de toma de muestras para el estudio de orientación

5.1.2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Todas las muestras han sido secadas en estufa y se ha procedido en ellas a una **clasificación granulométrica**, separándose y pesándose, en cada una de ellas, las siguientes fracciones granulométricas:

- < 63 micras
- 63 - 125 micras
- 125-177 micras
- 177-250 micras
- 250-500 micras
- > 500 micras

Las fracciones < 63 micras, 63-125 micras, 125-177 micras, 177-250 micras y > 250 micras (suma de las 250-500 micras y > 500 micras) han sido molidas en molino de ágata a tamaño de 200 mallas (inferior a 63 micras), para que los resultados analíticos sean comparables, al efectuarse sobre una soporte granulométrico idéntico.

5.1.3. ANÁLISIS QUÍMICO

Las muestras o fracciones así formadas han sido analizadas con la misma metodología de análisis multielemental que se describe posteriormente en la campaña regional (6.3).

5.1.4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA CAMPAÑA DE ORIENTACIÓN.

Las principales conclusiones de todo orden, extraídas de la campaña de orientación, se exponen a continuación.

Los análisis granulométricos, efectuados sobre las distintas fracciones granulométricas de las muestras (previamente molidas a tamaño inferior a 63 micras para poder hacer una comparación válida), permiten efectuar un estudio de las variaciones de las concentraciones elementales en función de la granulometría de la fracción analizada.

Las curvas de variación de contenidos según la granulometría pueden tener diversas formas. En general (ver CGEOM-Fase 1), puede observarse que se agrupan en 5 tipos:

- **Curvas decrecientes** (en mayor o menor medida) desde la fracción fina ($<63\ \mu$) a la más gruesa ($>250\mu$).
- **Curvas crecientes** desde la fracción más fina a la más grosera.
- Curvas en **antiforma**, con contenidos máximos en las fracciones centrales y mínimos en los extremos.
- Curvas en **sinforma**, decrecientes al aumentar la granulometría pero volviendo a aumentar en la más gruesa.
- Curvas **irregulares**, en dientes de sierra.
- **Rectas**, sin variación aparente según la granulometría (aunque este tipo es un caso extremo del primer tipo).

La forma y tipo de las distribuciones depende, entre otros, de los siguientes factores:

- La forma de aparición del elemento en el material analizado (suelos o sedimentos), ya sea en forma adsorbida en partículas muy finas (arcillas o hidróxidos de Fe-Mn), o en la red de minerales primarios (minerales parcialmente hidrolizados y/o resistatos).
- La litología y la granulometría primaria (en el caso de los elementos resistatos).
- El tipo e intensidad de la meteorización (evolución bio-rexistásica).

Los gráficos realizados (Figuras 5.2.a,b,c,d a 5.5.a,b,c,d) ponen de manifiesto una gran complejidad en las distribuciones geoquímicas en función de la granulometría, variando significativamente según los elementos, según la situación de las muestras y entre suelos y sedimentos relacionados. En este caso es obvio que la complejidad y la variabilidad expresada en los gráficos es sensiblemente menor que la observada en CGEOM-Fase 1, a causa del mucho menor número de zonas muestreadas. En general puede decirse que dentro de una misma zona, en la que previsiblemente son similares para todas las muestras el entorno litológico, el medio morfoclimático y, por consiguiente, la evolución de la meteorización y los procesos edáficos, los gráficos de variación son muy similares. Sin embargo, ello no es siempre cierto, apareciendo en algún caso pautas muy dispares de una muestra con respecto a las demás del entorno. Ello demuestra una vez más la complejidad de los procesos de meteorización-erosión, en los que intervienen muchos factores, y la variabilidad de los productos resultantes.

- **Formas de las curvas de variación**

Pueden señalarse, a primera vista, que las curvas de variación más frecuentes y predominantes son las que tienen tendencia decreciente, creciente e irregular, aunque también se presentan curvas de variación en antiforme.

Aunque con pequeñas diferencias según las muestras, los diferentes elementos tienden a mantener unas mismas pautas de variación. Entre los elementos mayores, el Al suele mostrar curvas crecientes e irregulares, con algún mínimo en granulometrías intermedias, el K tiene tendencias crecientes aunque algo irregulares, el Fe curvas crecientes e irregulares. Ca, Na, K tienen tendencias a curvas regulares, constantes o algo decrecientes.

Entre los elementos menores o trazas hay tendencias muy diferentes e incluso opuestas. Ni, As, Cu, Co, Eu, Bi, Ta, Ce, La, Eu, Cs, Ti, muestran, en general, curvas regulares con tendencia a la

constancia o mantenimiento de los contenidos o un suve decrecimiento hacia la granulometrías gruesas. El Zn, que en ocasiones muestra variaciones como las de los elemento anteriores (muestras de sedimento y suelo en zona LITO-24, sin mineralización) en otras manifiesta curvas bastante irregulares y con tendencias ascendentes (INDI 157, zona mineralizada).

Los elementos con concentraciones más altas como Ba, Mn, Rb o aquellos con contenidos muy irregulares y con gran capacidad de concentración en algunos ámbitos (es decir, aquello con frecuentes valores “salvajes” o muy atípicos, como B, Hg, Au suelen mostrar curvas irregulares (sobre todo Au, B y Hg) y, a la vez con tendencias ascendentes (Ba, Mn) o a la constancia media de sus valores. Entre éstos últimos son más irregulares y ascendentes en la zona desprovista de mineralizaciones (o de anomalías) y más tendentes a una cierto mantenimiento de los valores en la zona mineralizada. El Rb y el Zr, son menos irregulares y tienen una vocación a la constancia o ligero decrecimiento de sus valores. El Hg, como el B, presenta, muy frecuentemente, curvas muy irregulares, con efectos de pico en granulometrías medias o groseras, incluso en zonas en las que los restantes elementos tienen tendencia a curvas descendentes o planas.

Estos comportamientos van esencialmente ligados a la forma de aparición de los elementos (a su especiación). Los elementos con expresión muy irregular (normal u ocasionalmente en un área), se presentan probablemente asociados minerales o compuestos resistatos con lo cual pueden mostrar una afinidad por algunas fracciones granulométricas en las que aparecen estos minerales o compuestos. El caso del Au es clásico, pues puede aparecer como mineral nativo, o estar encapsulado en partículas de resistato (por ejemplo, cuarzo) e ir asociados a unas granulometrías determinadas (dando lugar a un efecto “pepita”). Pero puede aparecer adsorbido en materia orgánica y mostrar distribuciones mucho más regulares y decreciente en función de la granulometría. El Fe y el Al, también con tendencias, más o menos suavizadas, irregulares y algo crecientes indican una asociación a partículas de tamaño de silt o arena de naturaleza silicatada (feldespatos o agregados arcillosos) o de óxidos de hierro (magnetita, hematites). La barita, mineral resistente a la meteorización química, se enriquece también en fracciones granulométricas gruesas.

Un caso muy particular e ilustrativo lo constituye el W. Los minerales de este elemento son bastante refractario o resistentes a la meteorización, por lo que aparece con tendencias muy diferentes en la zona no mineralizada y en la zona mineralizada (indicio de W-Bi). En la primera se presenta con una tendencia (más pronunciada en el sedimento que en el suelo) irregular, con un pico en la granulometría 125-177 μ y valores constantes y bajos en el resto de la distribución, siendo el valor máximo de 6,3 mg/kg (sedimentos) y de 3 mg/kg (suelos). En la zona mineralizada, el W muestra una distribución de contenidos claramente crecientes hacia las granulometrías más gruesas, y con valores sensiblemente superiores. Ello indica que el W aparece como wolframita o scheelita fundamentalmente, que en este caso son resistatos con granulometrías más groseras.

Los elementos que muestran curvas regulares y con tendencias al decrecimiento muestran tener una mayor tendencia a la asociación con partículas finas (adsorción en arcillas, materia orgánica o hidróxidos de Fe-Mn), indicando una cierta eficiencia de la meteorización química. Sin embargo parece más frecuente en la zona el hecho del mantenimiento de los valores. Ello indica una asociación mayoritaria a partículas de minerales de neoformación, pero también a resistatos de toda la gama de granulometrías. Esta tendencia, que como se ha dicho es la más común, señala que en esta zona (ver CGEOM-Fase 1) la meteorización y la dispersión son fundamentalmente mecánicas, siendo la eficiencia de la meteorización química más subordinada.

- **Comparación entre sedimentos y suelos**

Los gráficos de variación incluyen a un gran número de elementos. Es sabido que, dentro de una misma muestra, los elementos tienen diferentes formas de aparición y pueden mostrar curvas de variación de tipos muy diferentes. Por ello al comparar sedimentos y suelos dicha comparación es de carácter muy general, pudiendo haber elementos particulares que muestren tendencias diferentes. Se encuentran a veces diferencias puntuales en las tendencias de variación de muestras del mismo tipo dentro de la misma zona.

Aunque hay muchas distribuciones claramente irregulares, se comprueba que en términos medios (considerando la media de los valores) no existen diferencias significativas entre los contenidos en suelos y sedimentos. Únicamente en el caso de los elementos muy directamente implicados en mineralizaciones, como el W, elemento que se manifiesta como wolframita y scheelita, minerales refractarios, se aprecian diferencias de contenidos marcadas en los sedimentos y los suelos (8-10 mg/kg en sedimentos, 60 mg/kg en suelos). Esta distribución refuerza el valor del uso de los concentrados de minerales pesados en la exploración, que puede ser más eficiente para detectar concentraciones de estas sustancias.

En cualquier caso, el escaso margen de diferencias de contenidos entre los suelos y los sedimentos (que además tienden a ser mayores en las granulometrías más gruesas), refuerzan las conclusiones que más adelante se extraerán acerca de la similitud de fondos en los sedimentos de corriente y los suelos, y la posible utilización de este último medio de muestreo allí donde no se encuentran sedimentos y, lo que es más importante, su posible tratamiento conjunto.

Las muestras de suelos y sedimentos presentan pues una **gran coherencia en lo que respecta a los valores absolutos de las concentraciones geoquímicas** que son, elemento a elemento, del mismo orden dentro de una misma zona.

- **Respuestas de litologías y de mineralizaciones**

En lo que se refiere a las **litologías**, las muestras de sedimento de corriente y suelo tomadas en la zona LITO-24 muestran, en general, unas distribuciones de valores en función de las granulometrías muy similares, tanto en cuanto a las tendencias de forma como a los valores de las concentraciones (figuras 5.4. a, b, c, d y 5.5. a, b, c, d).

Como se verá más adelante (Capítulos, 4 y 6), la Fm. Fatuquedo, formada por pizarras y areniscas o grauvacas, no muestra una personalidad geoquímica muy definida, en contraposición con otras de las unidades presentes en la zona. El orden de magnitud de las concentraciones de la mayoría de los elementos concuerdan aceptablemente con los fondos geoquímicos que se manifiestan en dicho medio de muestreo. Dado que este estudio se limita a la Fm. Fatuquedo no es posible comparar esta información con la referente a otras áreas. Para ello nos referimos al CGEOM-fase 1, en cuyo informe se mostraba como los puntos de muestreo en diferentes zonas de la campaña piloto, suministraban una información muy contrastada entre las diferentes unidades y en qué granulometrías eran más evidentes.

En lo que se refiere a la **respuesta de las mineralizaciones**, es decir a sus posibles anomalías, se concluye, en este caso que la mineralización de W-Bi manifiesta una respuesta clara, tanto en sedimentos de corriente como en suelos. El hecho de que se produzca una respuesta en ambos medios no significa que sean absolutamente iguales.

En el **sedimento** se reconocen valores anómalos en W, tanto en fracciones finas (8 mg/kg) como en las gruesas (16 mg/kg), mucho mayores que las mostradas en la muestra de sedimentos en LITO-24 (media muy inferior, de 3-4 mg/kg, aunque con un pico de 6 mg/kg en la granulometría 125-177 μ). El Au, en las fracciones finas, con 12 μ g, el Bi, el Mo muestran asimismo valores anómalos con respecto a los de LITO-24. Otros elementos de mineralización en los que se marcan diferencias en los sedimentos son el Ni con 45 mg/kg contra 10 mg/kg, el As, 10 mg/kg contra 6 mg/kg, el Cu, 20 mg/kg contra 10 mg/kg, el Ba (600 mg/kg contra 400 mg/kg), el Mn (900 mg/kg contra 400 mg/kg).

En el **suelo**, la manifestación de valores anómalos es más marcada en el caso del W, que tiene valores medios de 65-70 ppm en INDI-157 y de 1 ppm en LITO-24. El Au, con valores de anomalía iguales (6 ppb) los manifiesta de forma distinta: en la fracción < 63 μ en INDI-157 y en la > 500 μ en LITO-24, el Ni presenta un contraste entre ellas de 45 mg/kg contra 22 mg/kg, el As, de 11 mg/kg a 6 mg/kg, el Ba de 500 mg/kg contra 450 mg/kg.

Los resultados finales de este sucinto estudio, y los previamente logrados en CGEOM-Fase 1, conducen a las siguientes **conclusiones**:

Desde el punto de vista práctico, puede extraerse la conclusión de que la **fracción óptima** para la exploración geoquímica en sedimentos de corriente es la **fracción inferior a 150 μ** (que agrupa a la < 63 μ , a la 63-125 μ y a parte de la 125-177 μ). Es una solución de compromiso que satisface a varios requerimientos:

- ◇ **Disponibilidad:** la fracción <63 μ es más escasa y obliga a tomar mayor peso de muestra.
- ◇ Los contenidos de los diferentes elementos observados en las muestras analizadas, permiten elegir de forma adecuada y razonada las técnicas analíticas a utilizar. En este caso, las técnicas utilizadas para el análisis de las muestras piloto muestran su validez para el análisis de las muestras de la campaña general.
- ◇ La **fracción < 150 μ** es una fracción generalmente aceptada en muchos de los programas de cartografía geoquímica en vigor en países con clima templado como son los de Europa occidental, por lo que su elección favorece la integración y la comparación de datos con los procedentes de otras áreas próximas.
- ◇ Asimismo, al ser esta fracción granulométrica la elegida para el estudio de cartografía geoquímica realizado en años anteriores (CGEOM-Fase 1), el continuar con ella tiene la ventaja muy importante de poder efectuar una integración de dichos datos y de hacer comparaciones entre ellos.
- ◇ Esta fracción no requiere (a diferencia de la fracción mayor de 177 μ) molienda previa a su análisis, lo que simplifica y abarata la campaña.
- ◇ La mayor parte de los elementos metálicos muestra regularmente en ella contenidos algo más altos o semejantes que en otras fracciones. Si bien es cierto que hay elementos con curvas irregulares o crecientes, que a veces son de ámbito local, las razones anteriores y la necesidad de llegar a una solución de compromiso, conducen a la justificación de la fracción elegida.

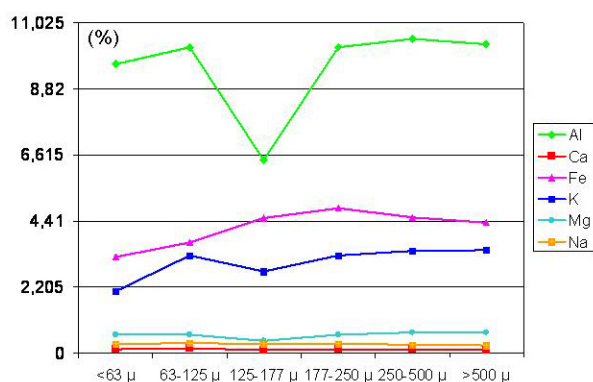


Figura 5.2.a. Estudio piloto. Muestra INDI-157. Sedimento

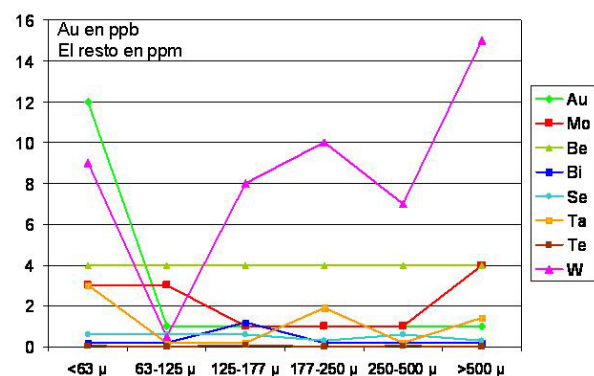


Figura 5.2.b. Estudio piloto. Muestra INDI-157. Sedimento

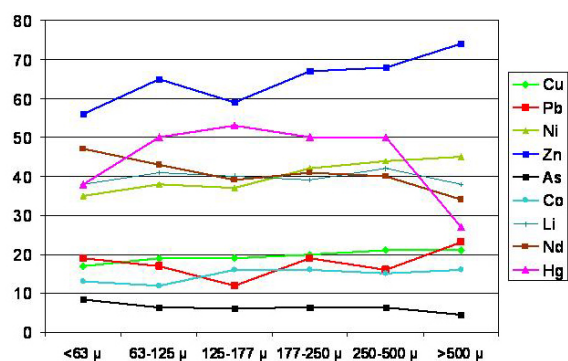


Figura 5.2.c. Estudio piloto. Muestra INDI-157. Sedimento

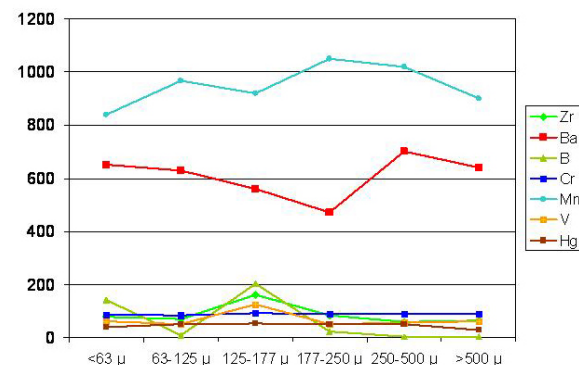


Figura 5.2.d. Estudio piloto. Muestra INDI-157. Sedimento

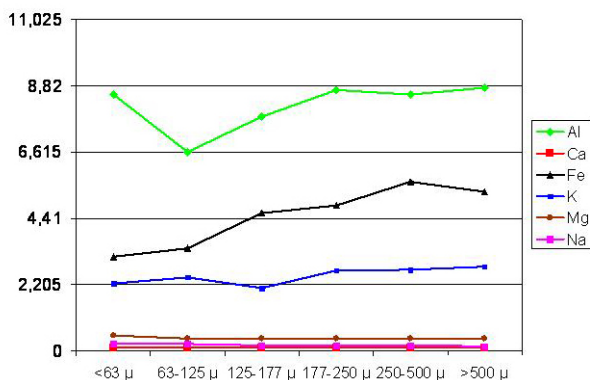


Figura 5.4.a. Estudio piloto. Muestra INDI-157. Suelo

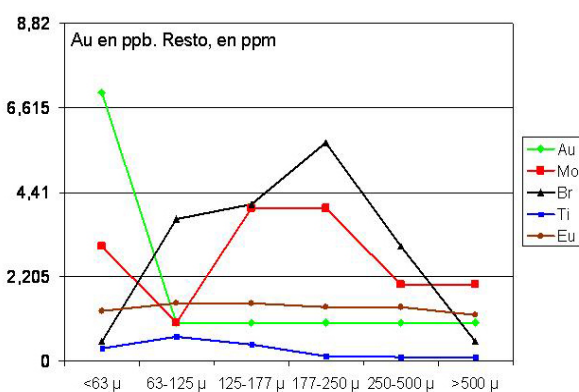


Figura 5.4.b. Estudio piloto. Muestra INDI-157. Suelo

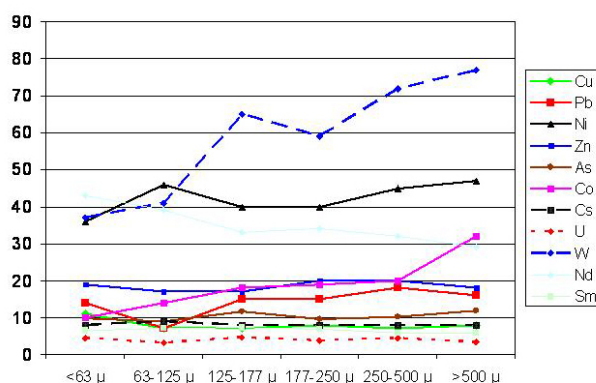


Figura 5.4.c. Estudio piloto. Muestra INDI-157. Suelo

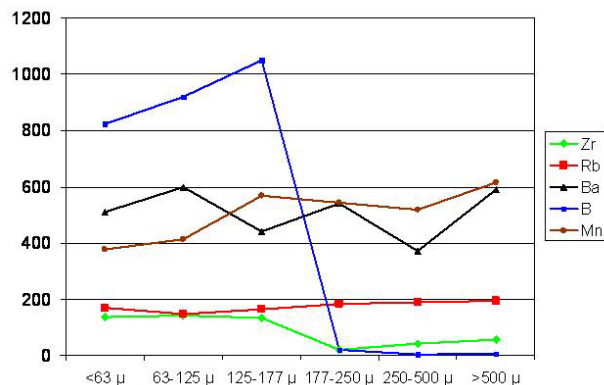


Figura 5.4.d. Estudio piloto. Muestra INDI-157. Suelo

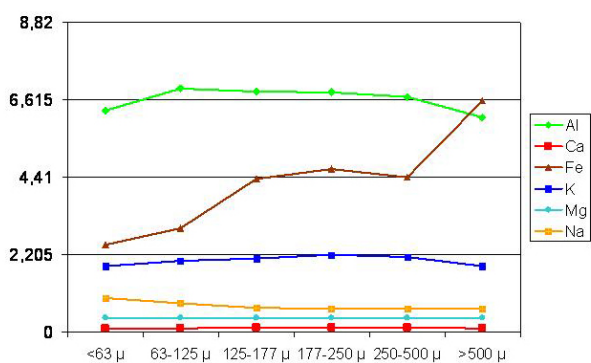


Figura 5.3.a. Estudio piloto. Muestra LITO-24. Sedimento

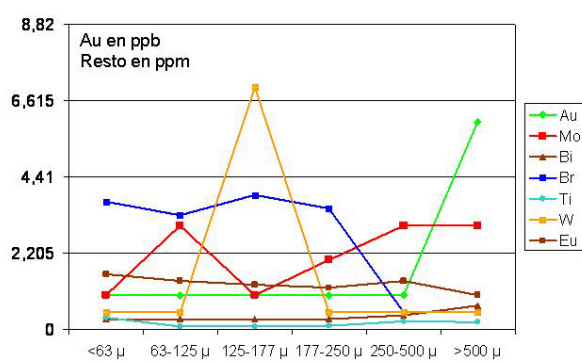


Figura 5.3.b. Estudio piloto. Muestra LITO-24. Sedimento

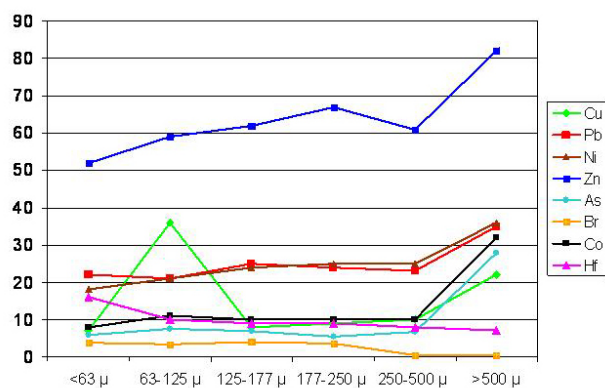


Figura 5.3.c. Estudio piloto. Muestra LITO-24. Sedimento

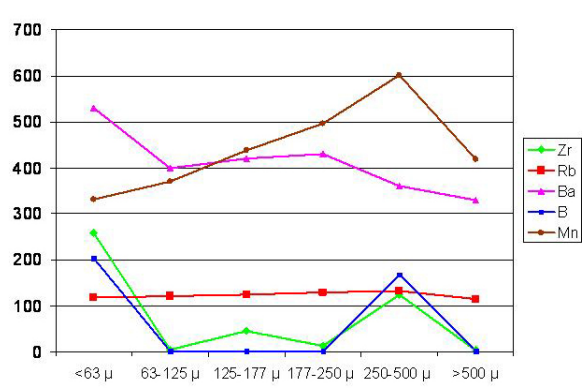


Figura 5.3.d. Estudio piloto. Muestra LITO-24. Sedimento

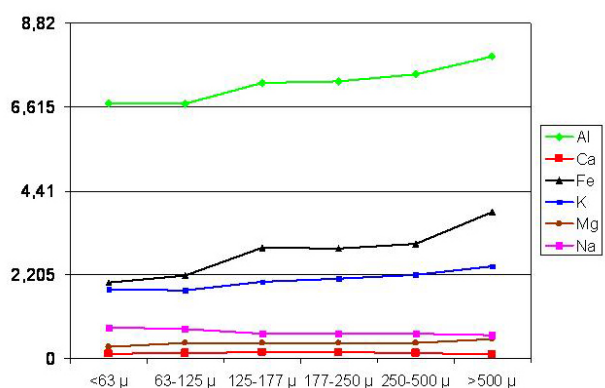


Figura 5.5.a. Estudio piloto. Muestra LITO-24. Suelo

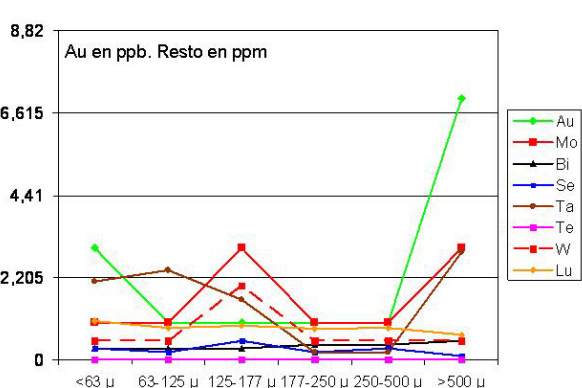


Figura 5.5.b. Estudio piloto. Muestra LITO-24. Suelo

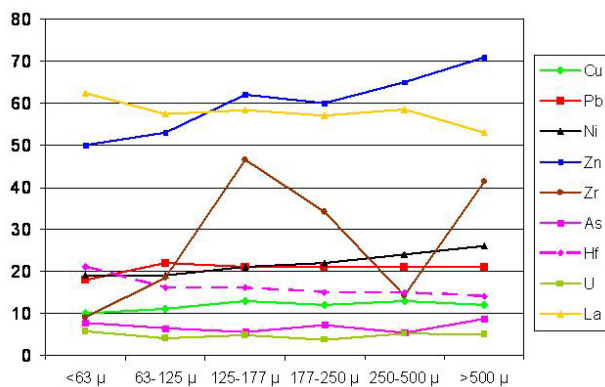


Figura 5.5.c. Estudio piloto. Muestra LITO-24. Suelo

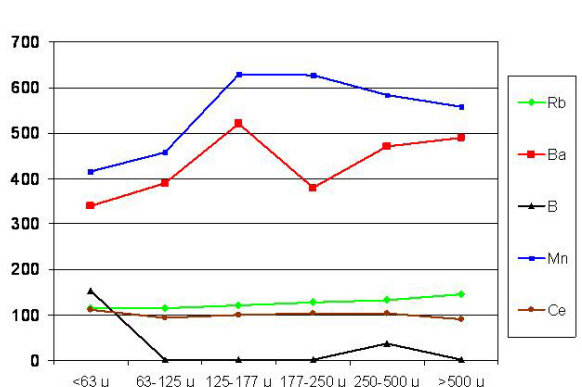


Figura 5.5.d. Estudio piloto. Muestra LITO-24. Suelo

6.- GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE CORRIENTE

El sedimento de corriente, por ser una muestra robusta y representativa, es el medio idóneo, y por ello el más utilizado, en los estudios de cartografía y exploración geoquímica de ámbito regional. La geoquímica de sedimentos de corriente es pues la parte central y más importante de este estudio, a la que se añaden otras complementarias.

6.1. MUESTREO

El territorio de la zona estudiada tiene, como ya se ha indicado, una superficie aproximada de **2.465 km²**. Se ha recogido la cantidad total de **3.547 muestras de sedimentos de corriente y, eventualmente, de suelos**. Ello supone **una densidad de muestreo media de 1,44 muestras/km²**. En otras palabras, **cada muestra tomada cubre o representa una cuenca de 0,69 km²**. Esta densidad es relativamente alta si se la compara con las densidades de muestreo en sedimentos de corriente que se están desarrollando en la mayor parte de los países europeos (y en otras zonas de España) y que preconizan diversos organismos (FOREGS) como densidades mínimas (1 muestra por cada 1-5 km²). Ello se justifica por el interés metalogénico de la zona y la importancia del objetivo exploratorio que tiene este estudio.

En cualquier caso, es algo más elevada que la densidad seguida en la Fase 1 (CEGOM-Fase 1), en la que resultó una densidad final de muestreo de 1,10 muestras / km². Ello es debido, en cierta medida, a la estructura de la red hidrográfica en la zona de estudio del presente proyecto, que es mucho más densa y arborescente en gran parte del área y, también, al hecho de que en el estudio anterior la zona contuviera una mayor superficie de materiales terciarios y cuaternarios, en las cuales se adopta generalmente un esquema de muestreo más laxo.

De las 3.547 muestras tomadas, 3.429 corresponden a sedimentos de corriente y 118 a suelos residuales. En comparación con el estudio anterior (7.407 en total, de las cuales 6.252 de sedimentos y 1.145 de suelos), la relación de número de suelos sobre sedimentos es mucho más baja, hecho motivado también por la red hidrográfica más densa y regular y por la menor presencia de materiales terciarios.

La situación de los puntos de toma de muestras de sedimentos y suelo se representa en la figura 6.1.

El muestreo se ha llevado a cabo en los meses de Marzo a Noviembre de 2007, periodo en el que, salvo algunos chubascos ocasionales, el tiempo fue seco. Ha sido efectuado, en régimen de subcontratación, por equipos de la empresa Consultora en Recursos Naturales (CRN). Han actuado, para ello, cuatro equipos, formados por un prospector y un peón, coordinados en campo por un geólogo. A lo largo de la campaña ha tenido lugar una supervisión **permanente** en campo por parte de dos prospectores del IGME.

La toma de muestras se ha efectuado en **sedimentos de corriente activa**, y se ha realizado en arroyos de primer, segundo y tercer orden, en general, con una disposición dicotómica de los puntos de muestreo. Se ha procurado tomar las muestras en puntos sin contaminación visible y aguas arriba de caminos o poblados. Las muestras han sido recogidas en el cauce vivo, sin influencia directa de aportes de las riberas. Se han buscado, dada la gruesa granulometría que en general se encuentra en el cauce, zonas con menor fuerza de corriente que permitieran la acumulación de sedimentos más finos (detrás de grandes rocas o bloques, en zonas de convexidad del cauce.). Las muestras han sido de **tipo compuesto**, formadas por la agregación de entre 5 y 10 incrementos de muestra recogidos a lo largo de 100-200 m de cauce. Se ha recogido del orden de 1 kg o 1,5 kg de sedimento, a 5-10 cm de profundidad en el lecho vivo. Se ha tamizado in situ y, cuando ha sido posible, por vía húmeda a 2 mm de tamaño. En caso de no serlo, en arroyos secos, se ha tamizado in situ a 5 mm, tomándose la fracción inferior. Las muestras se han guardado en bolsas de plástico, cerradas con una brida de este mismo material, y se han numerado en forma correlativa. En cada punto se han tomado las coordenadas con un GPS, y se ha realizado una ficha del punto de muestreo en la que se reflejan datos sobre el tipo de sedimento y el cauce del arroyo. Al mismo tiempo, y sobre el terreno, se ha situado el punto con su número en el mapa 1/50.000 correspondiente, comprobándose in situ la coherencia de las coordenadas determinadas por el GPS y las inferidas de la situación en el mapa topográfico.

Existen en la zona varias áreas ocupadas por materiales sedimentarios de edad Terciaria o Cuaternaria que, en principio, tienen menor interés metalogénico que las restantes. Con el fin de nos dejar vacíos de información y obtener una infraestructura y mapas más homogéneos, estas áreas han sido también muestradas, aunque con una densidad de muestreo netamente inferior a la de las demás. Ello conduce a una densidad de muestreo que no es totalmente uniforme.

La toma de muestras de sedimentos de corriente, siguiendo el plan de muestreo diseñado previamente, ha sido posible en la mayor parte del territorio. Sin embargo, algunas de estas áreas ocupadas por materiales modernos (Terciario o Cuaternario) en el Sector N, Cuenca del Guadiana, o bien en áreas de Dehesa con bajo relieve y red hidrográfica más laxa, en el sector SE (Jerez de Los caballeros-Fregenal) ocupada por materiales cámbricos o precámbricos, tienen un relieve muy plano y en ellas está muy mal definida la red hidrográfica que, además, es poco densa. Dado que el objetivo principal es el de proporcionar un conocimiento uniforme del territorio y realizar su exploración sistemática se ha buscado una muestra alternativa a la de sedimento de corriente para no dejar zonas amplias sin información. Por su abundancia y por la coherencia de sus datos con los suministrados por los sedimentos de corriente, como se corroboró en la campaña de orientación, se han tomado muestras de **suelo residual**, con una densidad de algo menor en las áreas de Terciario y Cuaternario, y con una densidad algo superior a 1 muestra/km² en áreas con materiales precámbricos-cámbricos. En las áreas así muestradas se ha parcelado el territorio en celdas cuadradas de 1 km² y se ha ubicado en ellas el punto de muestreo situ, procurando situarlo en zonas algo deprimidas (suelos en fondo de valle) y alejadas de posibles focos de contaminación. Las muestras de suelo han sido, asimismo, de **tipo compuesto**, tomándose cinco incrementos en el centro y los extremos de una cruz centrada en el punto de muestreo, cuyos brazos han tenido del orden de 25 m-50 m. Las muestras de suelo residual se han tomado a 20 cm de profundidad (nivel B-C). Como las de sedimentos, han sido tamizadas, in situ, a 2 mm, reflejándose las características del punto en una ficha.



Foto 6.1. Toma de muestra de sedimento en un arroyo seco de la Dehesa al Sur de Olivenza



Figura 6.2. Toma de un incremento de muestra de sedimento en el mismo punto que la anterior. Obsérvese la granimetría del depósito.



Fotos 6.3 y 6.4. Vista de un cauce seco con depósito de bloques y punto de toma de uno de los incrementos del sedimento. Zona de Alconchel

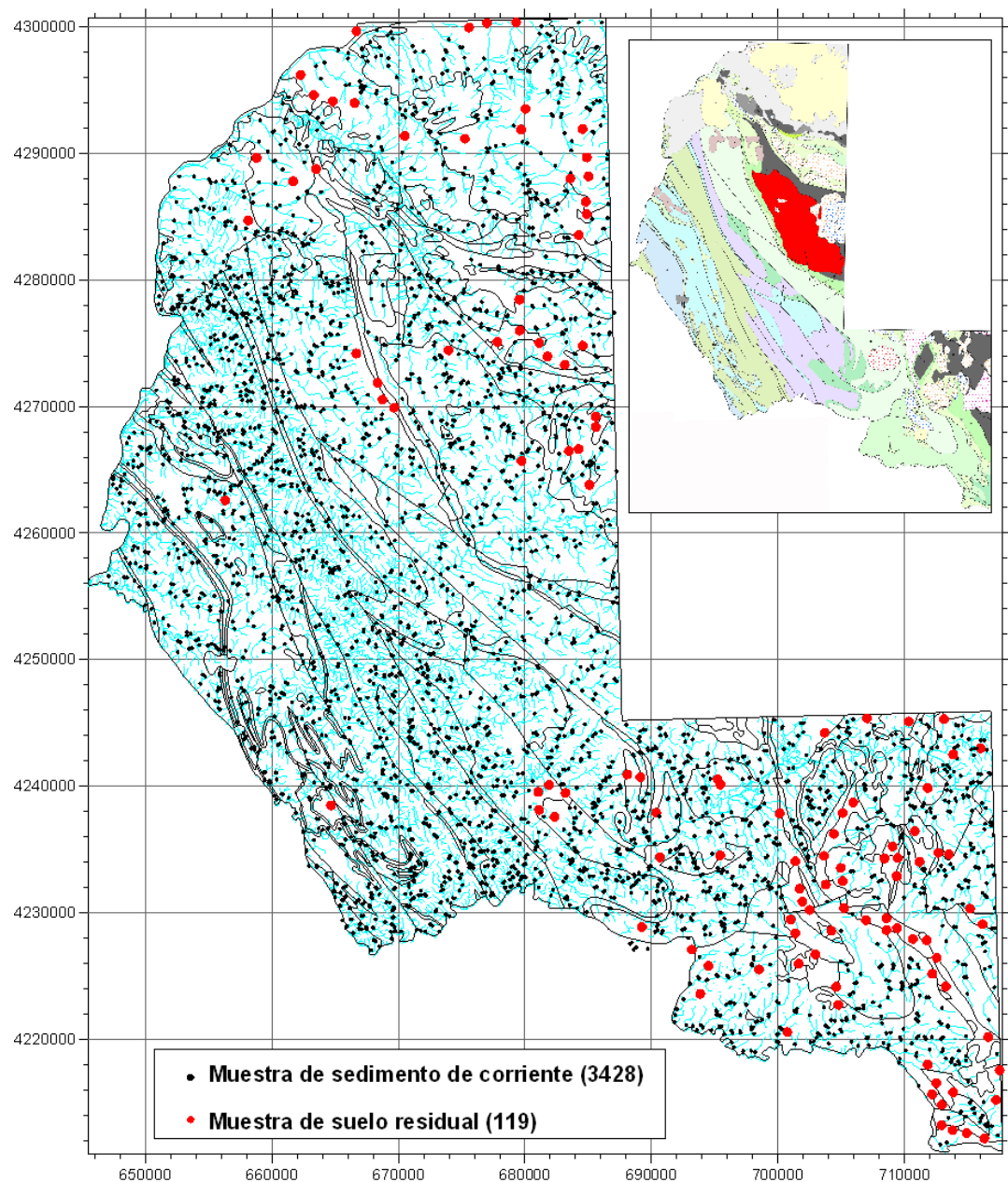


Figura 6.1. Mapa de situación de los puntos de toma de muestras de sedimentos de corriente y suelos residuales



Foto 6.5. Primer día de campaña. Formación y puesta en común de técnicas de toma de muestras de sedimentos.
 Foto 6.6 (dcha). Sedimento fino en cauce con agua. Zona de Jerez de Los Caballeros.



Foto 6.7. Toma de un incremento de muestra de suelo en zona llana sobre granito. Zona de Fregenal.



Foto 6.8. Pocillo realizado en el centro de un esquema en cruz para la toma de una muestra compuesta de suelo residual. Zona de Fregenal.



Foto 6.9. Final de jornada. Recuento de muestras y de datos relativos a ellas.



Foto 6.10. Almacenamiento y clasificación de las muestras tomadas hasta la fecha en un local en Olivenza.

6.2.- PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Las muestras de sedimentos y suelos han sido secadas en estufa a temperatura de 40°C, disgregadas manualmente con rodillo de madera, homogeneizadas (habida cuenta del carácter compuesto de las muestras) con pasos por cuarteadora, y tamizadas a la granulometría determinada previamente, esto es, a 150 micras. La fracción menor de 150 μ fue cuarteada y una submuestra de unos 70 g envasada en un bote de plástico con tapa de rosca, para su envío al laboratorio de análisis químico. Otro bote similar con otros 70-80 g, se ha almacenado como muestra de referencia en el almacén de muestras de geoquímica de la Litoteca del IGME en Peñarroya (Córdoba).

En el mismo taller de preparación se ha seleccionado diaria y aleatoriamente un 5% de las muestras, para la elaboración, por cuarteo, de un duplicado de cada una con un número ficticio. Estas muestras duplicadas han sido utilizadas para el control de calidad analítica y hacer una estimación del error analítico.



Foto 6.11. Secado de las muestras en estufas con temperatura controlada. Litoteca IGME



Foto 6.12. Tamizado de muestras en el taller de preparación Litoteca IGME

6.3.- ANÁLISIS QUÍMICO MULTIELEMENTAL

La gama completa de elementos, entre trazas y mayores, ha sido determinada en los laboratorios de ACTIVATION LABORATORIES LTD (ACTLABS) en Ancaster, (Ontario, Canadá). Se han analizado las concentraciones de **55 elementos**, de los cuales un grupo ha sido analizado por la técnica de **Activación Neutrónica (INAA)** y otro por **Espectrometría de Emisión Plasma con Acoplamiento Inductivo (ICPAES)**. Elementos como Cd, Sb, Bi han sido analizados también por ICP-MS (ICP Masas) con el fin de bajar su límite de detección. El Hg ha sido analizado por la técnica de FIMS con vapor frío.

La técnica INAA se basa en la medida de radiación gamma emitida por los isótopos radioactivos producidos al irradiar las muestras en un reactor nuclear. Cada elemento que es activado emite un espectro de radiación gamma que puede ser medido y cuantificado.

Las ventajas de esta técnica son las siguientes:

- Es bastante rápida.
- No requiere tratamiento químico, con lo cual se evitan contaminaciones e interferencias con otros elementos.
- Es una técnica multielemental, que permite determinar hasta 35 elementos simultáneamente.
- Los elementos traza ligados a materia orgánica son determinados con gran fiabilidad y con un bajo límite de detección, sin necesidad de calcinación (en el caso de materia orgánica) y evitando las posibles pérdidas en esta etapa.

En la técnica ICP-AES (espectrometría de emisión atómica en plasma con acoplamiento inductivo), una submuestra de 0,5 g de granulometría inferior a 150 μ se pone en disolución mediante un **ataque fuerte tetra-ácido (HNO_3 , HClO_4 , HF y, después, HCl)**, que produce la digestión total o prácticamente total de la muestra, y se pasa a un plasma excitado por radiofrecuencias. Cada elemento en disolución produce un espectro característico, siendo la intensidad de las líneas espectrales directamente proporcionales a la concentración de elementos presentes. Es un método rápido, sensible y fiable para una amplia gama de elementos químicos.

Las ventajas de esta técnica son:

- Es multielemental, sensible y con bajos límites de detección.

La gama de elementos que se determinan más fácilmente con ICP se complementa muy bien con aquellos que son más propios de INAA. En la tabla siguiente (Tabla 6.1), puede verse la gama total de elementos analizados (55), las técnicas utilizadas en cada caso y su límite inferior de detección.

LIMITES INFERIORES DE DETECCIÓN (L.I.D.)					
Grupo determinado por Activación Neutrónica					
Au	2 ppb	Hf	1 ppm	Se	3 ppm
As	0,5 ppm	Hg	1 ppm	Sm	0,1 ppm
Ba	50 ppm	Ir	5 ppb	Sn	0,1%
Br	0,5 ppm	La	0,5 ppm	Ta	0,5 ppm
Ce	3 ppm	Lu	0,05 ppm	Th	0,2 ppm
Co	1 ppm	Na	0,01%	Tb	0,5 ppm
Cr	5 ppm	Nd	5 ppm	U	0,5 ppm
Cs	1 ppm	Rb	5 ppm	W	1 ppm
Eu	0,2 ppm	Yb	0,2 ppm	S	0,1%
Fe	0,01 %	Sc	1 ppm		
Digestión Total. Grupo determinado por ICP-AES					
Ag	0,5 ppm	K	0,01%	Pb	5 ppm
Al	0,01 %	Mg	0,1%	Sr	1 ppm
Be	1 ppm	Mn	1 ppm	Ti	0,01%
Bi	0,1 ppm	Mo	2 ppm	V	2 ppm
Ca	0,01%	Ni	1 ppm	Y	2 ppm
Cd	0,5 ppm	P	0,001%	Zn	1 ppm
Cu	1 ppm			Zr	1 ppm
Otras técnicas (FIMS e ICP-MS)					
Hg (FIMS con vapor frío)	5 ppb	Sb (ICP-MS)	0,1 ppm	Cd (ICP-MS)	0,1 ppm
Li (ICP-MS)	1 ppm	Te (ICP-MS)	0,01 ppm		

Tabla 6-1. Elementos traza y mayores analizados, técnicas instrumentales empleadas y límites inferiores de detección

Los resultados de estos análisis multielementales, que determinan las concentraciones totales (o casi totales) de cada elemento, figuran en el ANEXO.

6.4.- CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA Y DE CALIDAD DEL MUESTREO.

Dado el carácter infraestructural de la información geoquímica elaborada en este estudio y su valor como referencia en el futuro, se ha tenido un especial empeño en conseguir unos datos de alta calidad y fiabilidad. La validez de los datos geoquímicos brutos reposa en la calidad y fiabilidad del trabajo de muestreo en campo y de la calidad, precisión y exactitud de los datos analíticos. Por ello se ha seguido un plan de control de estas actividades, cuyos resultados se exponen a continuación.

6.4.1.- CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA.

El seguimiento de la calidad analítica se ha hecho a dos niveles, en el propio laboratorio de análisis ACTLABS (**control interno**) y otra por duplicados de muestras para análisis preparados por el IGME (**control externo**). El **control interno** tiene por objeto, por una parte, verificar la exactitud de las determinaciones y comprobar que no existen derivas instrumentales o errores de calibración a lo largo del período de análisis. Se basa en la introducción en las tandas de análisis de muestras del proyecto, de patrones o estándares internacionales con contenidos conocidos y certificados. ACTLABS introduce en los análisis por la técnica de Activación Neutrónica un patrón internacional cada 11 muestras reales, y en la técnica de ICPAES, un patrón internacional cada 17 muestras reales. Además, se realiza un control por repetición de análisis en muestras duplicadas de un cierto número de las muestras enviadas para poder estimar la precisión o reproducibilidad de los análisis, estimando la dispersión de los valores de los pares de muestras seleccionados alrededor del valor ideal que es 0.

En las figuras 6.2, 6.3, 6.4 se representan series comparativas de valores de control interno con patrones internacionales para los diversos tipos de análisis realizados en toda la gama de elementos en las muestras

del segundo envío al laboratorio. Existen diagramas similares para las muestras de los restantes envíos (Anexo, ver figuras 6.5 a 6.10). Los resultados son satisfactorios, indicando que durante el periodo de análisis no ha habido errores sistemáticos o derivas instrumentales apreciables (inferiores a 100%- ± 2 desv. stdt.).

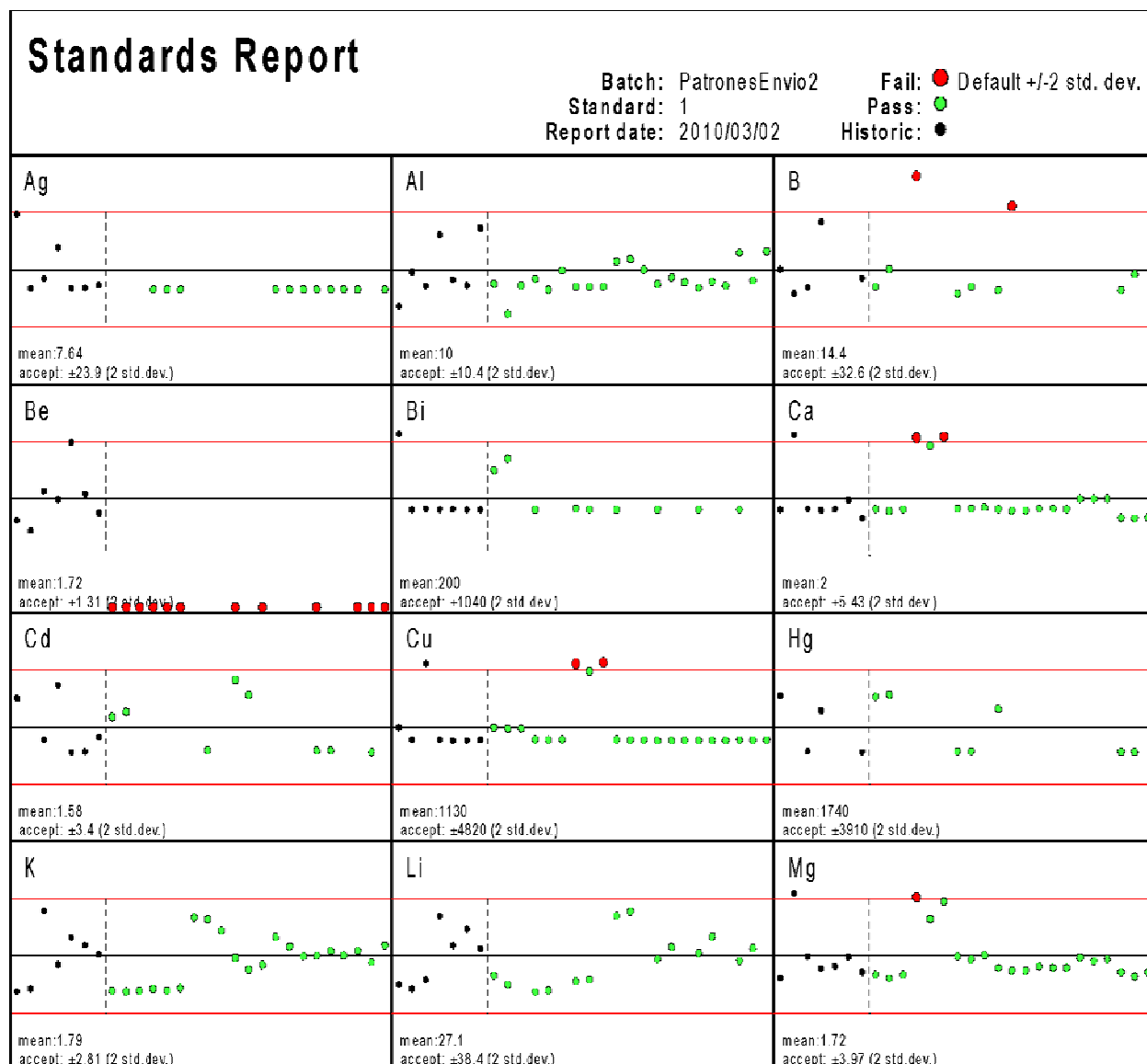


Figura 6.2. Resultados de control de exactitud con patrones internacionales de la muestras del envío n° 2, para los elementos de Ag a Mg.

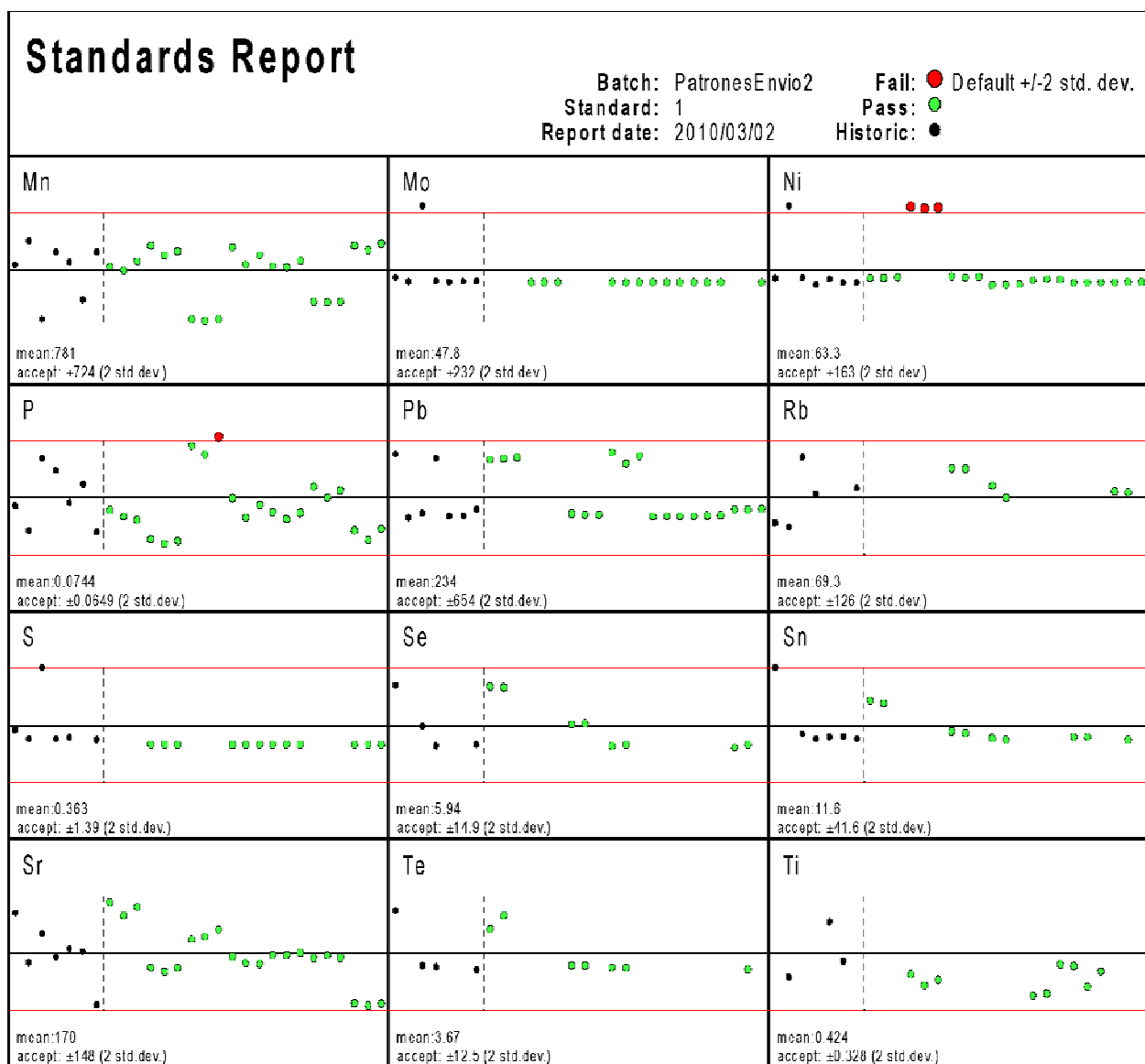
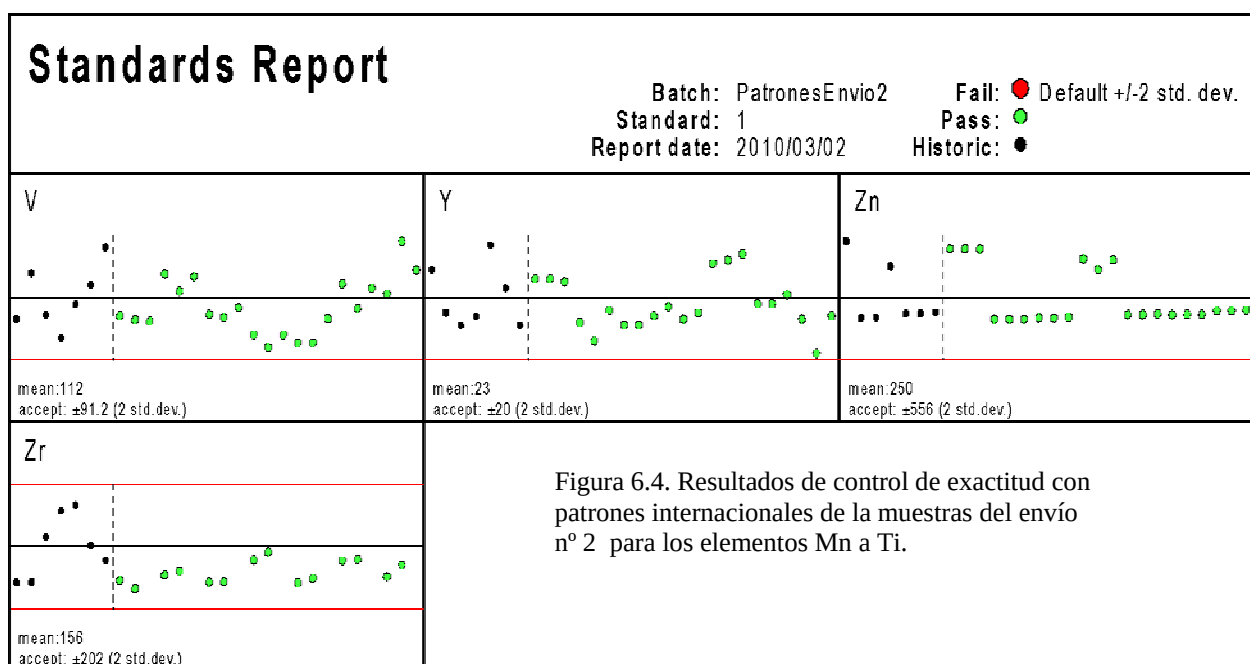
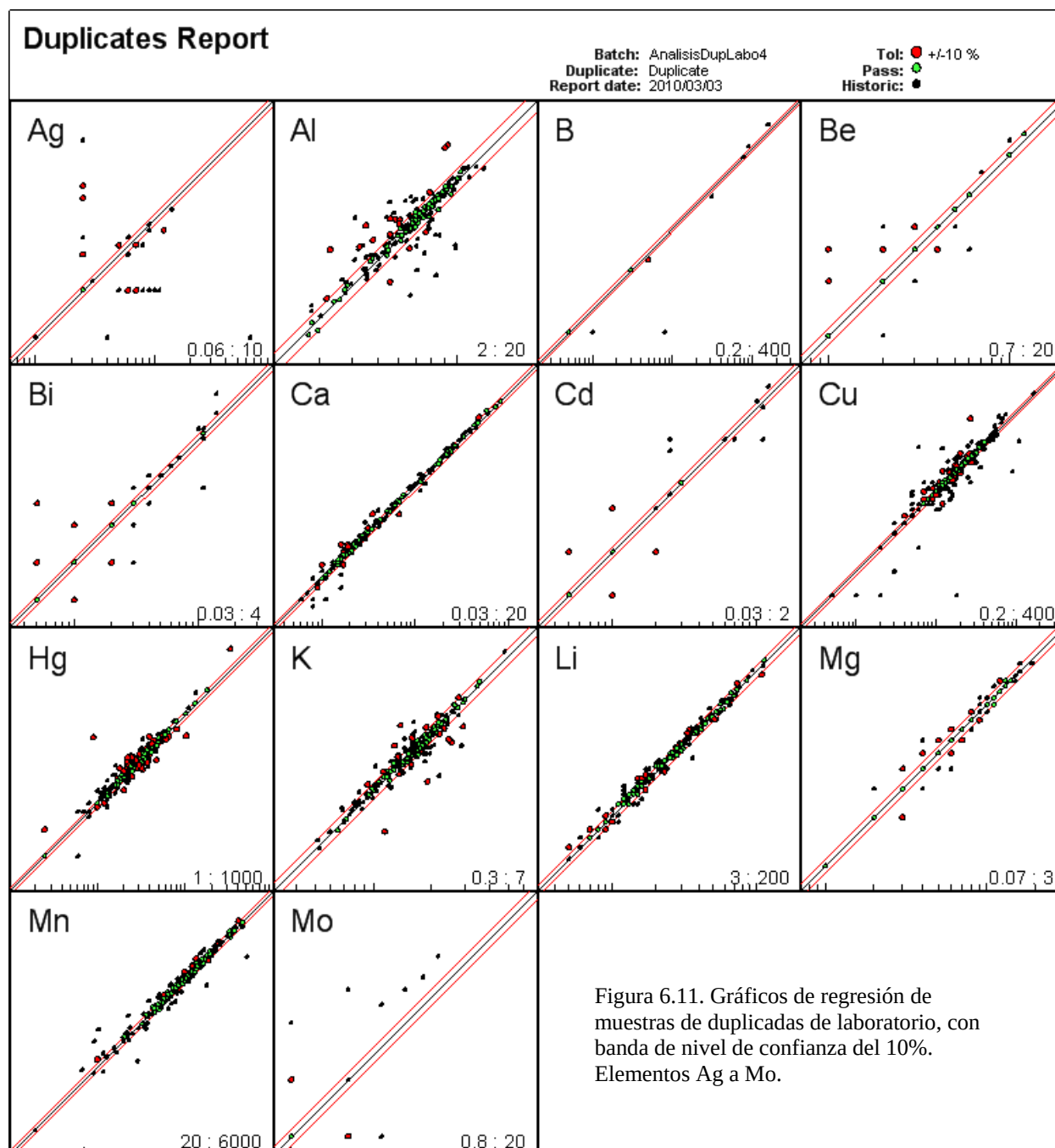
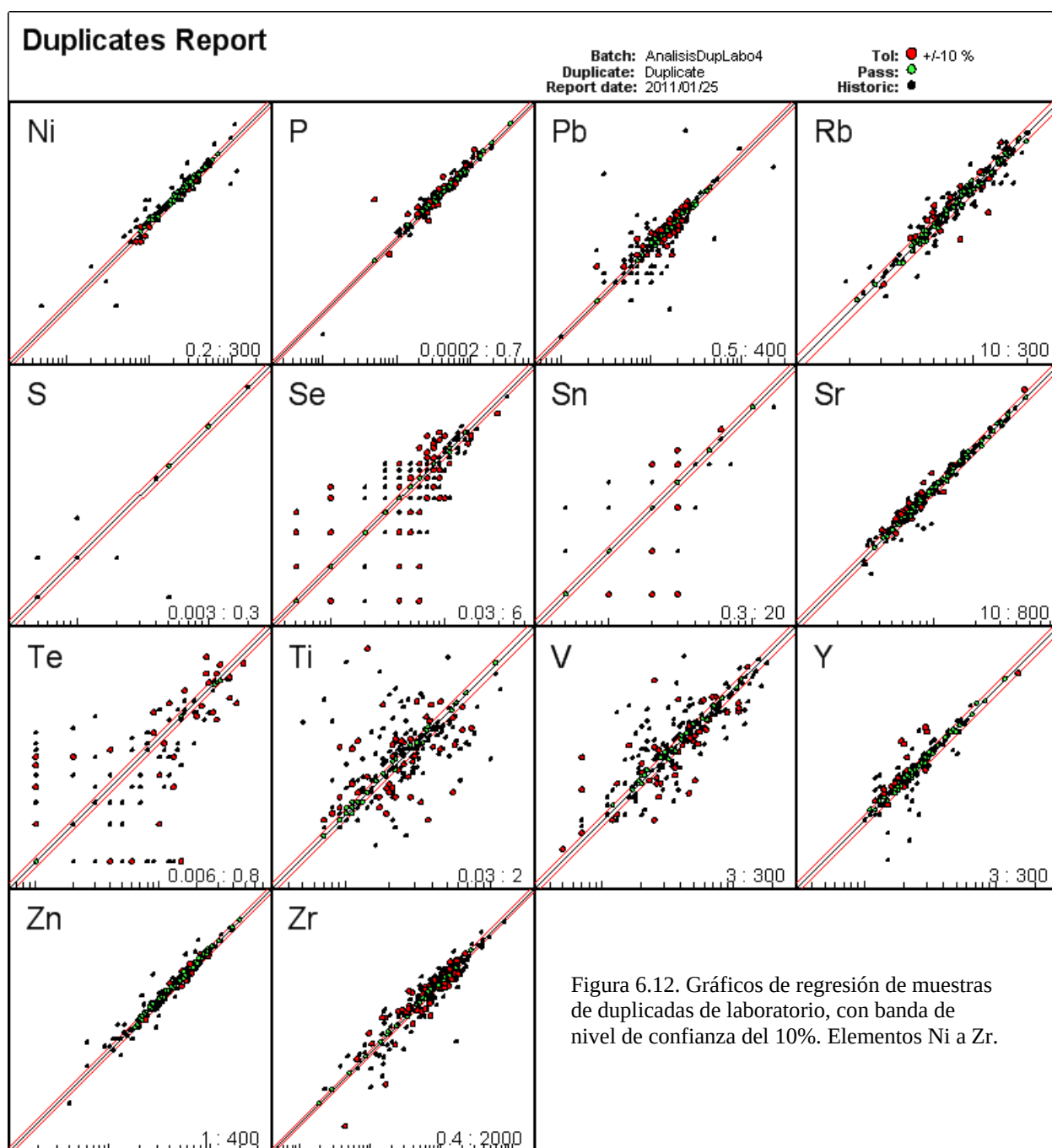


Figura 6.3. Resultados de control de exactitud con patrones internacionales de la muestras del envío n° 2 para los elementos Mn a Ti.



El control interno efectuado por medio de análisis de **muestras duplicadas** en el laboratorio analítico tiene por objeto valorar la precisión de los análisis químicos o, en otros términos, la reproducibilidad de éstos. Las **muestras duplicadas** en el propio laboratorio ascienden a **251** (entre las cuales 126 corresponden a las réplicas de campo tomadas por el propio IGME para el control de calidad del muestreo). Ello supone un porcentaje del **7,08% de muestras duplicadas** sobre el total de muestras tomadas. Se ha efectuado una regresión de los valores de los pares muestra-muestra duplicada señalando una banda de confianza de 10% en torno a la recta de regresión. Los gráficos resultantes aparecen en las figuras 6.11 y 6.12.





Los resultados de los análisis de duplicados internos de laboratorio ponen de manifiesto que la precisión alcanzada no es igual para todos los elementos analizados. Estas diferencias son debidas a los rangos de contenidos en algunos casos (elementos con gran parte de sus valores en torno al cual error puede llegar a al 100%) y que para valores más elevados muestran un ajuste mucho mejor a la recta de regresión (Be, Bi, Ag, Cd, Hg, P, S, Pb, Sn, Te). Los elementos cuyos contenidos están en un rango de variación superior muestran ajustes adecuados, entrando la mayor parte de las muestras en la banda de confianza (Ca, Li, Mg, Ni, P, Sr, Zn, Zr) pudiendo considerarse que su error de precisión o su varianza interna es igual o inferior al 10%. Sin, embargo existe otro grupo de elementos que presentan una mayor dispersión alrededor de la recta, situándose numerosos puntos fuera de la banda definida del 10% (Al, Ti, Rb, Ti, Y), cuya menor precisión esté relacionada con el hecho de una deficiente extracción (extracción no total, relacionada con su forma de aparición en los materiales o su especiación). Para estos su error de precisión es superior al 10% (entre 10 y 20%).

6.4.2.- ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL MUESTREO (O VARIANZA INHERENTE A ÉL)

El control externo tiene por objeto valorar la reproducibilidad o precisión analítica y controlar posibles errores de tipo aleatorio. Se ha realizado mediante el envío, en paralelo a las muestras reales del estudio, de muestras de réplica tomadas en el campo en puntos seleccionados del muestreo anterior por prospectores del IGME. Estas réplicas, que ascienden a 126, suponen un 3,55% de las muestras totales. Y han sido cambiadas de numeración previamente al envío a laboratorio. Se ha comprobado después la correlación entre cada muestra y su réplica que en el caso ideal es 1 y no debe desviarse sensiblemente de ese valor. El control se ha realizado sobre un total de **126 muestras duplicadas**, lo que representa el 3,55% del total de muestras. La situación de los puntos de muestreo para el control de calidad se representa en la Figura 6.13

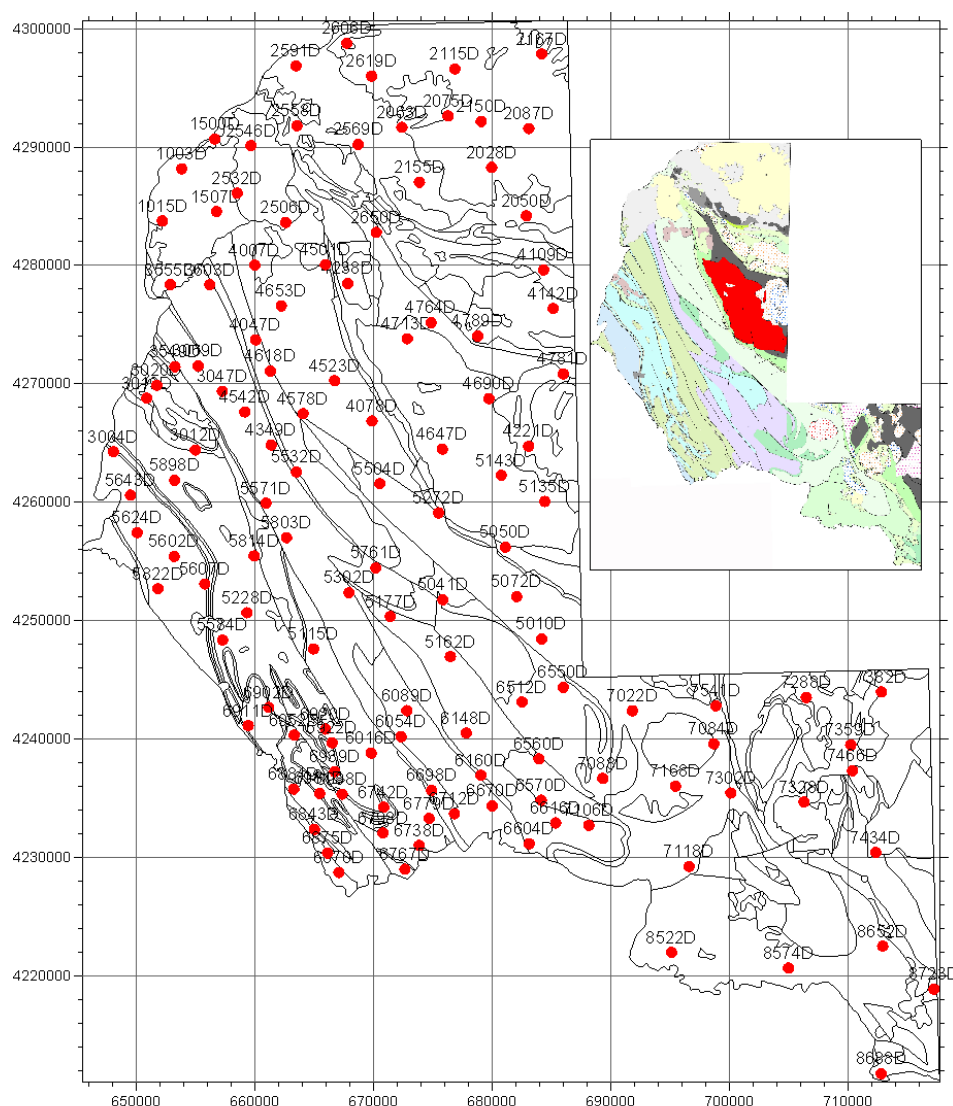


Figura 6.13. Mapa de situación de las muestras duplicadas de campo realizado para el Procedimiento de Control de Calidad Analítico y de Muestreo

Para obtener una estimación de la varianza inducida por el proceso de muestreo o de la toma de muestras, prospectores del IGME han recogido muestras duplicadas de las recogidas en la campaña regional a partir de las coordenadas de las primeras y en los puntos señalizados en el propio terreno. Estas muestras han sido preparadas siguiendo el mismo procedimiento que las anteriores y enviadas al mismo laboratorio con una numeración diferente. La comparación entre los resultados analíticos obtenidos a partir de las muestras de los pares muestra-duplicado, señala lógicamente una varianza interna o una diferencia entre ellas para cada elemento determinado. Esa varianza incluye (propiedad aditiva de la varianza total) la suma de la varianza debida al muestreo de campo y al muestreo de laboratorio (proceso de submuestreo para el análisis) más la propia varianza analítica estimada en el párrafo anterior.

Por ello, es lógico esperar en este análisis varianzas mayores (presiones menores) que las establecidas para el proceso de análisis. Se ha procedido de forma semejante, efectuando la regresión del valor determinado en el duplicado sobre el valor inicial y estableciendo una banda de confianza sobre la recta de regresión del 25%. Los gráficos obtenidos se representan en las figuras 6.14 a 6.16.

En ellos pueden apreciarse varios rasgos:

En primer lugar, y a pesar de la mayor dispersión o varianza en las nubes de puntos de todos los elementos (hecho lógico, como se ha indicado), puede observarse una coincidencia entre las tendencias generales en cuanto a la mayor o menor dispersión de la nube de puntos y a su ajuste a la recta de regresión. Ello indica que, al margen de la mayor o menor dispersión con respecto a las mostradas en las figuras 6.10 y 6.12, el factor imperante es el del análisis químico. La varianza introducida por el muestreo se suma a la anterior pero sin modificar las formas de dispersión.

En segundo lugar, puede verse qué elementos manifiestan un mayor o menor ajuste a la recta de regresión o a la banda de confianza definida, en este caso del 25%. Así, elementos como Ag, Au, B, Bi, Cd, Cs, Hg, S, Sb, Se, Sn, Ta, Te, W y, en parte, Mg y Pb, que son elementos cuyos rangos de variación están muy próximos o iguales a los L.I.D. En la parte inferior del rango de variación, estos elementos tienen errores del 100% y al crecer ligeramente los contenidos, los puntos se ajustan sensiblemente mejor a la recta. Otro grupo de elementos, cuyos contenidos muestran un rango de variación de contenidos más elevados, como Ca, Ce, Cr, Eu, Hf, La, Li, Lu, Mg, Mn, Na, Nd, Ni, Sc, Sr, Tb, Th, U, Yb, muestran un ajuste aceptable, entrando la mayor parte de los puntos en la banda de confianza o estando muy próxima a ella. El Zn manifiesta una cierta tendencia a una desviación mayor en el tramo de valores más bajos en las muestras duplicadas de campo. El Zr muestra una mayor dispersión en los valores bajos a medios.

Finalmente, elementos como Ba, Br, Co, Cu, K, P, Rb, Y y, sobre todo, Ti y V, presentan mayores dispersiones, es decir una menor precisión. Ésta puede estar probablemente relacionada con una mayor o menor extracción de estos elementos en la fase analítica (feldespatos potásicos, involucrando a K, Pb, Ba, P, Rb) siendo ésta no total en estos tipos de minerales, en alguna cierta medida refractarios al ataque químico. Un efecto similar puede ocurrir en otros minerales refractarios, circones (Zr), apatito (P, Y), piroxenos (V, Ti), rutilos (Ti).

En definitiva, para la mayor parte de los elementos y exceptuando los rangos de variación en muy bajos contenidos, la varianza total debida a muestreo-análisis tienen una precisión aceptable, con un error del orden del 25 %, y en el caso de algunos otros puede ser ligeramente superior. Partiendo de un 10% de la varianza de análisis, la varianza de muestreo podría estimarse en torno al 15%.

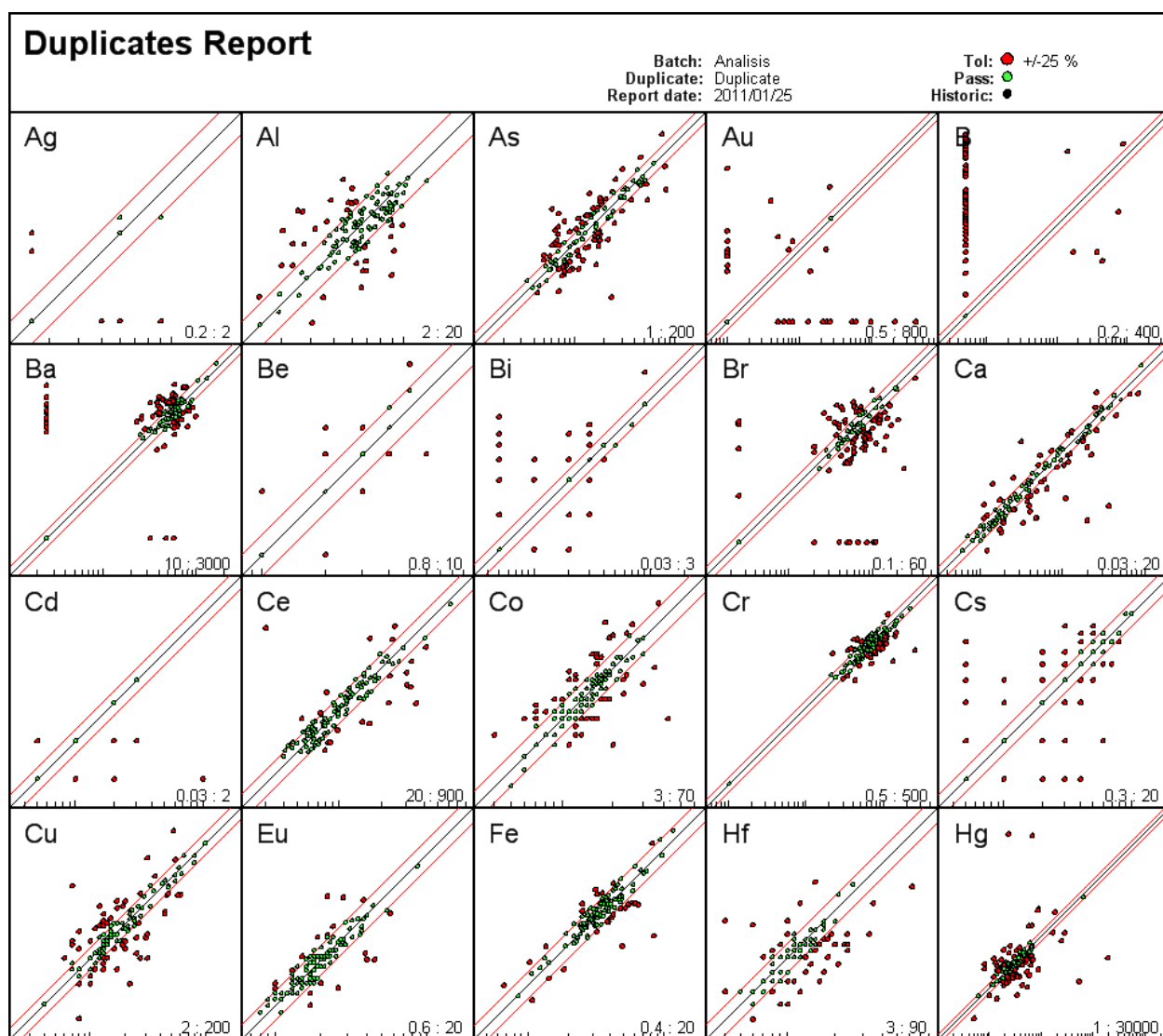


Figura 6.14. Visualización de la varianza debida al muestreo y al análisis químico. Gráficos de regresión de muestras de duplicadas de campo, con banda de nivel de confianza del 25%. Elementos de Ag a Hg.

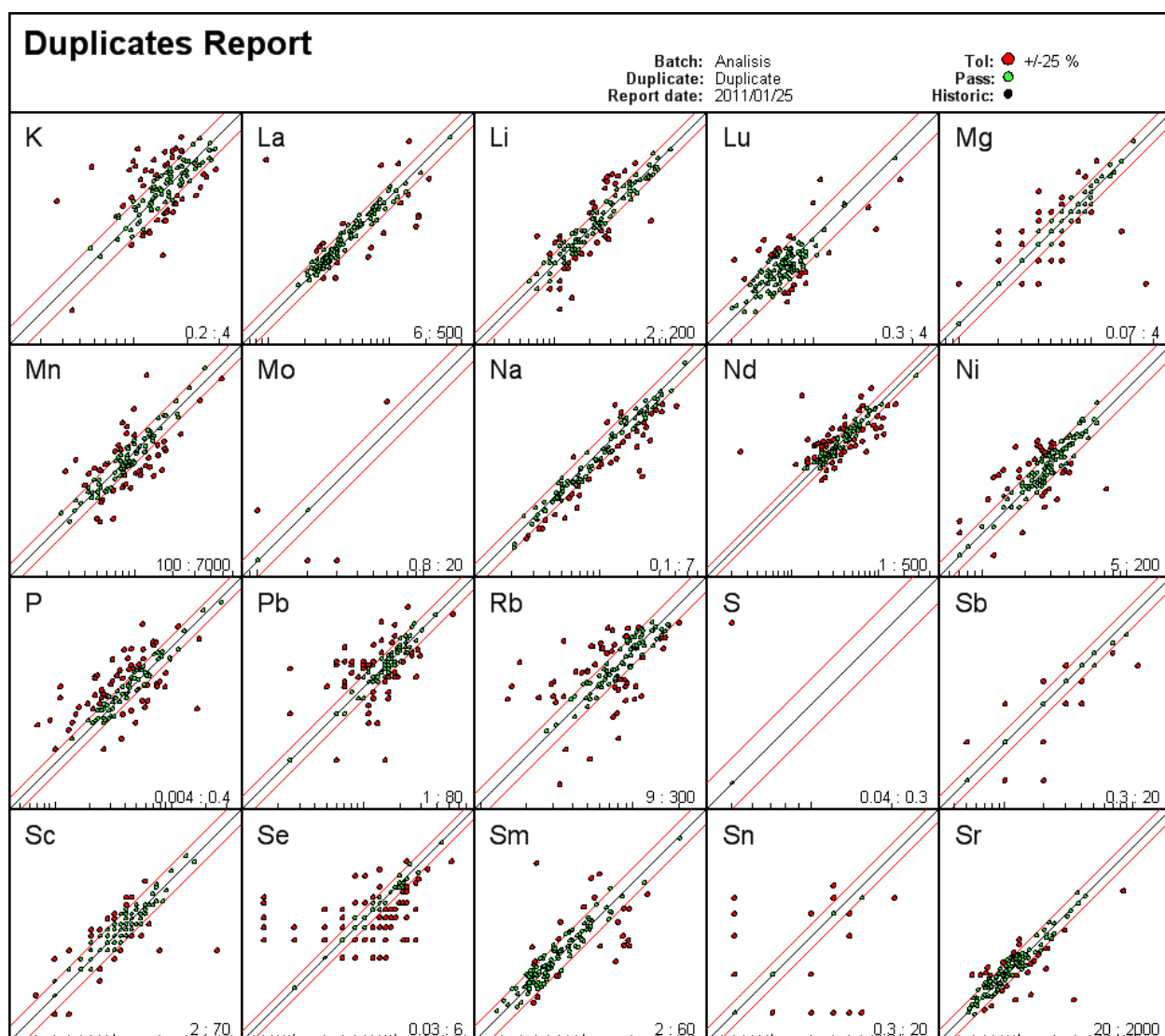


Figura 6.15. Visualización de la varianza debida al muestreo y al análisis químico. Gráficos de regresión de muestras de duplicadas de campo, con banda de nivel de confianza del 25%. Elementos de K a Sr.

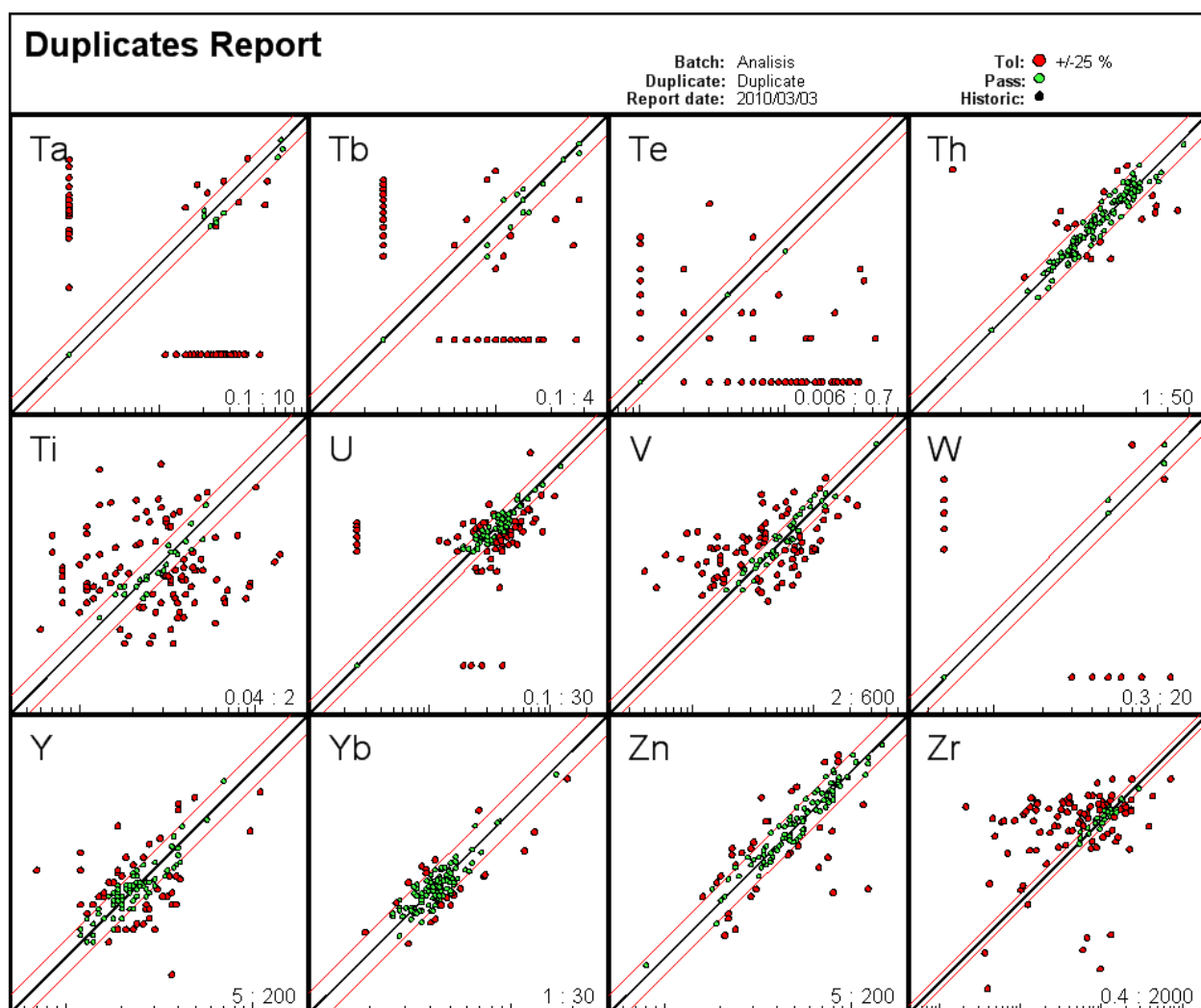


Figura 6.16. Visualización de la varianza debida al muestreo y al análisis químico. Gráficos de regresión de muestras de duplicadas de campo, con banda de nivel de confianza del 25%. Elementos de Ta a Zr.

6.5.- TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN GEOQUÍMICA MULTIELEMENTAL E INTERPRETACIÓN

Con la información geoquímica multielemental procedente del laboratorio y las coordenadas de los puntos de muestreo, obtenidas con un GPS, se ha constituido un Fichero Base Informático, a partir del cual se han efectuado los tratamientos estadísticos y gráficos de la información. Este fichero se encuentra en el volumen de Listados de Datos Analíticos.

Los programas informáticos de tratamiento gráfico de la información utilizados son SURFER, ARCMAP 9.0. y ADOBE Illustrator. El tratamiento estadístico ha sido hecho con STATISTICA.

El análisis de la información geoquímica multielemental se estructura en tres fases o etapas: **análisis univariante, análisis bivalente y análisis multivariante.**

6.5.1. ESTUDIO O ANÁLISIS UNIVARIANTE

6.5.1.1.- Estudio estadístico

6.5.1.1.1.- Parámetros estadísticos descriptivos

En la tabla 6-2 se representan los principales parámetros estadísticos de las distribuciones de las variables geoquímicas considerando a la **población total de sedimentos de corriente y suelos.**

Hay que señalar que, previamente a todo el tratamiento estadístico y en el caso de aquellas variables que presentan valores inferiores a su límite inferior de detección, o L.I.D., se le ha asignado un valor equivalente a 0,5 veces o 0,33 veces L.I.D, en lugar de la expresión $< \text{L.I.D.}$ dada por el laboratorio. Una u otra opción dependen de la mayor o menor asimetría de la distribución. Esta transformación se hace para poder operar con dichos valores y para no falsear en exceso los cálculos de parámetros estadísticos como ocurriría si se sustituyen por el valor del L.I.D.

Destacan, por la gran diferencia entre la variabilidad o estimador de la dispersión, rango de variación y el estimador de la tendencia central (media o mediana), elementos como Ag, Au, Ba, B, Bi, Ca, Cd, Hg, Ta, Te, Sn, S y W. Dicho de otra manera, tienen estos elementos un alto **coeficiente de variación (ratio de desviación típica con respecto a media aritmética)**, superior a 1. Ello es debido, a la presencia, en la zona, de litologías geoquímicamente muy contrastadas, como es caso, entre otros varios, del Ca, y a la existencia de numerosos valores anómalos o atípicos en otros casos. Por el contrario, otros elementos tienen margen de variación casi nulo, indicando que no tienen variaciones medibles, por estar todas las concentraciones por debajo de su límite de detección. Es el caso del Ir que por ello ha sido eliminado del tratamiento estadístico.

En lo que respecta a parámetros como la asimetría se observa que es positiva en la mayoría de las variables salvo en el caso del Al (ligeramente negativa) y Na (cercana a 0). Los elementos con mayor asimetría positiva en sus distribuciones son Ag, Au, Bi, B, Be, Cd, Hg, Mo, S y Pb. En cuanto a la kurtosis, la casi totalidad de los elementos presentan distribuciones con kurtosis positiva y elevada, como Ag, Au, Ba, Bi, Cd, Hg, Te. El Al y el Na presentan una kurtosis cercana a 0, es decir prácticamente similar a la de una distribución normal.

En el caso de los parámetros de la población de concentraciones en sedimentos (Tabla 6.3), son válidas las observaciones realizadas para la población total, siendo muy similares todos los parámetros estadísticos calculados. En el caso de los parámetros estadísticos de la población relativa a los suelos (población con número de efectivos más reducida, en la tabla 6.4) se repiten asimismo los rasgos citados, aún cuando aparecen con coeficiente de variación superior a 1 nuevos elementos como el Ta, As, Be, Sr, Mn, Pb, V, Zn y aumenta sensiblemente el del W (3,4). Ello es debido probablemente a lo reducido de la población y a la ubicación preferente de los suelos en determinados ámbitos con mayor concentración de indicios mineros.

	N	Media	Med. Geom.	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Varianza	Desv.Std.	Asimetría	Kurtosis	Coef.Var.
Ag	3547	0,259	0,214	0,200	0,200	37,100	36,900	0,789	0,888	32,092	1172,376	3,43
Al	3547	6,834	6,532	6,930	1,020	15,000	13,980	3,646	1,909	-0,003	0,172	0,28
As	3547	18,790	13,740	13,000	0,020	226,000	225,980	314,303	17,729	3,469	21,194	0,94
Au	3547	18,175	1,761	1,000	1,000	7030,000	7029,000	33711,720	183,608	28,404	973,895	10,10
B	3547	5,326	0,573	0,500	0,500	2050,000	2049,500	3648,930	60,406	22,198	605,086	11,34
Ba	3547	519,402	375,394	520,000	25,000	24300,000	24275,000	270746,738	520,333	29,136	1261,039	1,00
Be	3547	2,584	2,363	2,000	1,000	44,000	43,000	1,866	1,366	11,540	301,620	0,53
Bi	3547	0,206	0,135	0,100	0,100	45,600	45,500	1,058	1,029	32,626	1251,166	4,98
Br	3547	6,845	4,567	6,000	0,250	51,000	50,750	26,317	5,130	1,908	7,627	0,75
Ca	3547	0,969	0,474	0,390	0,030	19,800	19,770	1,701	1,304	3,570	25,822	1,35
Cd	3547	0,072	0,060	0,050	0,050	8,900	8,850	0,030	0,173	40,236	1954,661	2,40
Ce	3547	112,735	95,947	91,000	2,000	770,000	768,000	5895,867	76,785	2,847	11,936	0,68
Co	3547	14,800	13,569	14,000	0,500	60,000	59,500	37,322	6,109	1,086	2,742	0,41
Cr	3547	74,275	67,279	70,000	1,000	669,000	668,000	1187,303	34,457	2,947	30,617	0,46
Cs	3547	3,541	2,636	3,000	0,500	24,000	23,500	5,605	2,367	0,966	2,187	0,67
Cu	3547	22,092	17,407	17,000	1,000	290,000	289,000	358,943	18,946	3,894	27,274	0,86
Eu	3547	1,964	1,799	1,800	0,100	10,400	10,300	0,839	0,916	2,327	9,412	0,47
Fe	3547	3,861	3,517	3,640	0,530	21,100	20,570	2,997	1,731	1,998	8,931	0,45
Hf	3547	12,629	11,059	10,000	0,500	163,000	162,500	75,070	8,664	5,025	48,747	0,69
Hg	3546	50,893	29,338	28,000	2,000	7510,000	7508,000	39339,805	198,343	24,421	776,815	3,90
K	3547	1,609	1,498	1,550	0,140	5,000	4,860	0,352	0,594	0,623	0,578	0,37
La	3547	55,069	46,197	42,800	10,400	488,000	477,600	1721,278	41,488	3,378	17,614	0,75
Li	3547	26,375	20,248	19,000	1,500	191,000	189,500	431,333	20,769	1,770	4,206	0,79
Lu	3547	0,773	0,727	0,710	0,020	3,710	3,690	0,104	0,322	3,202	15,417	0,42
Mg	3547	0,607	0,517	0,500	0,050	3,500	3,450	0,133	0,364	1,721	4,415	0,60
Mn	3547	999,002	838,373	851,000	59,000	24800,000	24741,000	787110,382	887,192	10,988	217,101	0,89
Mo	3547	0,539	0,519	0,500	0,500	7,000	6,500	0,085	0,291	12,521	192,818	0,54
Na	3547	1,432	1,130	1,190	0,110	5,140	5,030	0,889	0,943	0,805	-0,078	0,66
Nd	3547	37,388	31,085	30,000	1,000	274,000	273,000	695,403	26,370	2,728	11,053	0,71
Ni	3547	28,581	25,942	27,000	2,000	132,000	130,000	153,421	12,386	1,267	4,849	0,43
P	3547	0,049	0,039	0,039	0,001	0,357	0,356	0,001	0,038	2,947	13,431	0,77
Pb	3547	15,925	13,254	14,000	3,000	463,000	460,000	244,837	15,647	15,316	362,705	0,98
Rb	3547	82,713	72,692	76,000	3,000	232,000	229,000	1563,007	39,535	0,624	-0,121	0,48
S	3547	0,053	0,051	0,050	0,050	3,200	3,150	0,004	0,062	40,817	1924,091	1,18
Sb	3547	1,733	1,386	2,000	0,500	33,000	32,500	1,645	1,282	5,340	102,379	0,74
Sc	3547	11,513	10,635	11,000	2,000	40,000	38,000	20,641	4,543	1,087	3,136	0,39
Se	3547	0,667	0,563	0,600	0,100	4,600	4,500	0,159	0,399	2,034	9,542	0,60
Sm	3547	7,668	6,791	6,500	0,050	49,500	49,450	19,895	4,460	2,699	11,518	0,58
Sn	3547	1,135	0,800	0,500	0,500	40,000	39,500	2,200	1,483	9,104	175,939	1,31
Sr	3547	114,654	92,747	84,000	16,000	2320,000	2304,000	12459,842	111,624	7,952	111,138	0,97
Ta	3547	1,497	0,658	0,200	0,200	14,600	14,400	3,225	1,796	1,811	4,779	1,20
Tb	3547	0,713	0,497	0,250	0,250	4,200	3,950	0,410	0,640	1,434	2,024	0,90
Te	3547	0,070	0,030	0,020	0,010	4,980	4,970	0,016	0,125	18,058	679,183	1,78
Th	3547	13,529	12,082	12,200	2,000	104,000	102,000	52,525	7,247	2,991	20,267	0,54
Ti	3547	0,302	0,248	0,250	0,040	2,820	2,780	0,048	0,218	2,858	15,783	0,72
U	3547	3,779	2,955	3,500	0,200	66,800	66,600	5,738	2,395	6,236	138,459	0,63
V	3547	51,066	40,508	42,000	3,000	546,000	543,000	1366,549	36,967	2,457	14,883	0,72
W	3547	1,756	0,788	0,500	0,500	84,000	83,500	13,196	3,633	6,781	96,556	2,07
Y	3547	25,318	22,730	22,000	1,000	164,000	163,000	181,353	13,467	2,548	11,499	0,53
Yb	3547	4,705	4,411	4,300	1,100	23,400	22,300	4,197	2,049	3,232	15,832	0,44
Zn	3547	55,528	47,238	50,000	5,000	1080,000	1075,000	1715,041	41,413	10,779	232,332	0,75
Zr	3547	91,689	59,504	76,500	0,600	907,000	906,400	6449,253	80,307	2,619	14,928	0,88

Tabla 6.2. Parámetros estadísticos descriptivos. Población total sedimentos-suelos

	N	Media	Med. Geom.	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Varianza	Desv.Stdt.	Asimetría	Kurtosis	Coef.Var.
Ag	3428	0,259	0,213	0,200	0,200	37,100	36,900	0,815	0,903	31,618	1136,333	3,49
Al	3428	6,824	6,522	6,915	1,020	15,000	13,980	3,646	1,909	0,013	0,212	0,28
As	3428	18,695	13,747	13,000	0,020	226,000	225,980	303,454	17,420	3,428	21,336	0,93
Au	3428	18,728	1,778	1,000	1,000	7030,000	7029,000	34872,662	186,742	27,927	941,359	9,97
B	3428	5,419	0,572	0,500	0,500	2050,000	2049,500	3765,572	61,364	21,899	587,708	11,32
Ba	3428	520,223	378,236	520,000	25,000	24300,000	24275,000	275514,110	524,894	29,352	1259,904	1,01
Be	3428	2,565	2,362	2,000	1,000	13,000	12,000	1,129	1,063	1,842	11,232	0,41
Bi	3428	0,185	0,134	0,100	0,100	25,100	25,000	0,328	0,572	31,014	1194,666	3,09
Br	3428	6,869	4,578	6,000	0,250	51,000	50,750	26,446	5,143	1,901	7,650	0,75
Ca	3428	0,952	0,467	0,375	0,030	14,900	14,870	1,588	1,260	3,062	16,497	1,32
Cd	3428	0,068	0,060	0,050	0,050	1,400	1,350	0,004	0,061	10,660	179,270	0,89
Ce	3428	113,907	96,825	92,000	2,000	770,000	768,000	6011,770	77,536	2,814	11,664	0,68
Co	3428	14,712	13,532	14,000	0,500	60,000	59,500	35,592	5,966	1,084	2,929	0,41
Cr	3428	73,934	67,342	70,000	1,000	376,000	375,000	1040,408	32,255	1,679	7,114	0,44
Cs	3428	3,548	2,640	3,000	0,500	24,000	23,500	5,622	2,371	0,951	2,131	0,67
Cu	3428	21,914	17,338	17,000	1,000	290,000	289,000	345,907	18,599	3,958	28,900	0,85
Eu	3428	1,969	1,803	1,800	0,100	10,400	10,300	0,843	0,918	2,337	9,503	0,47
Fe	3428	3,839	3,510	3,640	0,530	21,100	20,570	2,817	1,678	1,928	8,424	0,44
Hf	3428	12,711	11,135	11,000	0,500	163,000	162,500	76,358	8,738	5,033	48,519	0,69
Hg	3427	49,495	28,728	28,000	2,000	7510,000	7508,000	39166,492	197,905	25,121	808,469	4,00
K	3428	1,618	1,509	1,560	0,140	5,000	4,860	0,347	0,589	0,622	0,558	0,36
La	3428	55,634	46,604	43,400	10,400	488,000	477,600	1758,185	41,931	3,342	17,232	0,75
Li	3428	26,600	20,385	19,000	1,500	191,000	189,500	436,705	20,897	1,736	4,046	0,79
Lu	3428	0,773	0,727	0,710	0,020	3,710	3,690	0,100	0,316	3,102	14,582	0,41
Mg	3428	0,601	0,515	0,500	0,050	3,500	3,450	0,126	0,354	1,717	4,483	0,59
Mn	3428	963,618	830,580	848,000	59,000	10100,000	10041,000	368720,132	607,223	3,866	33,441	0,63
Mo	3428	0,539	0,519	0,500	0,500	7,000	6,500	0,084	0,290	12,596	196,572	0,54
Na	3428	1,425	1,127	1,170	0,110	5,140	5,030	0,878	0,937	0,815	-0,051	0,66
Nd	3428	37,716	31,307	30,000	1,000	274,000	273,000	710,804	26,661	2,697	10,773	0,71
Ni	3428	28,455	25,900	27,000	2,000	132,000	130,000	145,437	12,060	1,145	4,264	0,42
P	3428	0,049	0,039	0,039	0,001	0,357	0,356	0,001	0,037	2,957	13,684	0,77
Pb	3428	15,698	13,203	14,000	3,000	463,000	460,000	176,366	13,280	14,709	419,320	0,85
Rb	3428	83,109	73,151	76,000	3,000	232,000	229,000	1566,430	39,578	0,618	-0,139	0,48
S	3428	0,053	0,051	0,050	0,050	3,200	3,150	0,004	0,063	40,127	1859,545	1,20
Sb	3428	1,722	1,378	2,000	0,500	33,000	32,500	1,630	1,277	5,537	107,847	0,74
Sc	3428	11,447	10,596	11,000	2,000	40,000	38,000	19,541	4,421	0,977	2,678	0,39
Se	3428	0,667	0,563	0,600	0,100	4,600	4,500	0,157	0,396	1,982	9,076	0,59
Sm	3428	7,715	6,822	6,500	0,050	49,500	49,450	20,292	4,505	2,677	11,306	0,58
Sn	3428	1,134	0,800	0,500	0,500	40,000	39,500	2,192	1,480	9,300	182,434	1,31
Sr	3428	112,728	92,311	83,500	16,000	2320,000	2304,000	10931,395	104,553	8,323	128,883	0,93
Ta	3428	1,502	0,662	0,200	0,200	14,600	14,400	3,213	1,793	1,800	4,764	1,19
Tb	3428	0,714	0,499	0,250	0,250	3,800	3,550	0,407	0,638	1,395	1,785	0,89
Te	3428	0,069	0,031	0,020	0,010	0,590	0,580	0,009	0,093	1,968	3,554	1,36
Th	3428	13,653	12,197	12,400	2,200	104,000	101,800	53,249	7,297	2,990	20,198	0,53
Ti	3428	0,302	0,248	0,250	0,040	2,820	2,780	0,048	0,219	2,893	15,991	0,72
U	3428	3,803	2,988	3,500	0,200	66,800	66,600	5,792	2,407	6,334	140,338	0,63
V	3428	50,730	40,416	42,000	3,000	330,000	327,000	1266,569	35,589	1,923	6,882	0,70
W	3428	1,735	0,786	0,500	0,500	48,000	47,500	11,378	3,373	4,471	31,996	1,94
Y	3428	25,062	22,554	22,000	1,000	164,000	163,000	174,621	13,214	2,629	12,470	0,53
Yb	3428	4,700	4,413	4,300	1,100	23,400	22,300	4,020	2,005	3,103	14,616	0,43
Zn	3428	55,190	47,474	50,000	5,000	735,000	730,000	1109,787	33,313	4,523	64,337	0,60
Zr	3428	91,537	59,334	76,650	0,600	882,000	881,400	6316,788	79,478	2,455	12,997	0,87

Tabla 6.3. Parámetros estadísticos descriptivos. Población de sedimentos de corriente

	N	Media	Media Geom.	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango	Varianza	Desv. Std.	Asimetría	Kurtosis	Coef. Var.
Ag	119	0,261	0,232	0,200	0,200	1,300	1,100	0,03	0,186	3,51	13,55	0,71
Al	119	7,111	6,816	7,420	3,000	10,600	7,600	3,59	1,895	-0,50	-0,71	0,27
As	119	21,509	13,542	13,400	0,020	168,000	167,980	624,34	24,987	3,39	14,03	1,16
Au	119	2,218	1,338	1,000	1,000	27,000	26,000	15,24	3,904	4,14	19,04	1,76
B	119	2,643	0,589	0,500	0,500	178,000	177,500	284,79	16,876	9,84	101,32	6,39
Ba	119	495,756	302,097	460,000	25,000	2100,000	2075,000	134001,97	366,063	1,24	3,14	0,74
Be	119	3,126	2,403	2,000	1,000	44,000	43,000	22,98	4,793	7,24	55,86	1,53
Bi	119	0,823	0,159	0,100	0,100	45,600	45,500	21,88	4,678	8,52	76,55	5,69
Br	119	6,166	4,266	5,100	0,250	30,000	29,750	22,32	4,724	2,14	6,84	0,77
Ca	119	1,453	0,736	0,760	0,090	19,800	19,710	4,75	2,180	5,43	42,30	1,50
Cd	119	0,197	0,072	0,050	0,050	8,900	8,850	0,78	0,881	8,76	83,30	4,46
Ce	119	78,983	73,788	73,000	35,000	338,000	303,000	1391,00	37,296	4,02	22,92	0,47
Co	119	17,340	14,690	16,000	0,500	42,000	41,500	81,16	9,009	0,55	-0,31	0,52
Cr	119	84,084	65,478	72,000	1,000	669,000	668,000	5363,13	73,233	4,81	34,62	0,87
Cs	119	3,345	2,549	3,000	0,500	14,000	13,500	5,12	2,263	1,47	4,50	0,68
Cu	119	27,218	19,538	20,000	3,000	167,000	164,000	713,16	26,705	2,70	8,78	0,98
Eu	119	1,835	1,687	1,600	0,600	6,000	5,400	0,72	0,846	1,96	5,50	0,46
Fe	119	4,511	3,747	3,820	0,760	18,600	17,840	7,81	2,795	1,71	5,46	0,62
Hf	119	10,261	9,079	9,000	2,000	40,000	38,000	32,45	5,696	2,20	7,45	0,56
Hg	119	91,143	53,699	45,000	17,000	2090,000	2073,000	43014,60	207,400	8,07	74,83	2,28
K	119	1,364	1,205	1,230	0,200	4,100	3,900	0,45	0,673	1,04	1,69	0,49
La	119	38,808	35,878	34,400	14,300	184,000	169,700	388,06	19,699	4,19	26,26	0,51
Li	119	19,874	16,663	16,000	5,000	119,000	114,000	234,87	15,326	3,63	18,18	0,77
Lu	119	0,789	0,718	0,670	0,320	3,410	3,090	0,22	0,466	3,69	15,88	0,59
Mg	119	0,786	0,595	0,700	0,050	2,800	2,750	0,31	0,554	1,06	0,97	0,71
Mn	119	2018,277	1097,167	991,000	153,000	24800,000	24647,000	11860728,32	3443,941	4,21	20,75	1,71
Mo	119	0,529	0,509	0,500	0,500	4,000	3,500	0,10	0,321	10,91	119,00	0,61
Na	119	1,635	1,226	1,620	0,170	4,320	4,150	1,16	1,077	0,49	-0,67	0,66
Nd	119	27,916	25,315	26,000	1,000	83,000	82,000	160,38	12,664	1,98	6,16	0,45
Ni	119	32,202	27,168	29,000	5,000	115,000	110,000	372,91	19,311	1,62	3,89	0,60
P	119	0,048	0,037	0,035	0,006	0,255	0,249	0,00	0,043	2,73	8,79	0,90
Pb	119	22,471	14,814	14,000	3,000	406,000	403,000	2190,78	46,806	7,17	53,54	2,08
Rb	119	71,311	60,630	62,000	3,000	188,000	185,000	1341,18	36,622	0,81	0,65	0,51
S	119	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000	0,00	0,000			0,00
Sb	119	2,071	1,636	2,000	0,500	8,000	7,500	1,95	1,398	1,26	2,13	0,67
Sc	119	13,420	11,804	12,000	3,000	39,000	36,000	48,97	6,998	1,30	2,09	0,52
Se	119	0,681	0,559	0,600	0,100	3,800	3,700	0,21	0,461	2,95	16,71	0,68
Sm	119	6,338	5,943	5,600	2,800	18,400	15,600	6,68	2,584	2,13	6,36	0,41
Sn	119	1,168	0,795	0,500	0,500	12,000	11,500	2,45	1,565	4,31	23,79	1,34
Sr	119	170,109	106,229	85,000	28,000	1750,000	1722,000	53746,10	231,832	3,98	20,60	1,36
Ta	119	1,349	0,553	0,200	0,200	10,900	10,700	3,57	1,889	2,15	5,58	1,40
Tb	119	0,674	0,459	0,250	0,250	4,200	3,950	0,49	0,697	2,35	7,46	1,03
Te	119	0,103	0,027	0,010	0,010	4,980	4,970	0,21	0,461	10,24	108,99	4,45
Th	119	9,955	9,191	9,100	2,000	27,300	25,300	18,61	4,314	1,70	3,76	0,43
Ti	119	0,299	0,247	0,250	0,050	0,890	0,840	0,03	0,185	1,02	0,55	0,62
U	119	3,069	2,160	3,100	0,200	11,700	11,500	3,70	1,924	1,06	3,62	0,63
V	119	60,723	43,261	39,000	8,000	546,000	538,000	4184,46	64,687	4,23	26,95	1,07
W	119	2,361	0,827	0,500	0,500	84,000	83,500	65,71	8,106	8,94	88,95	3,43
Y	119	32,706	28,438	28,000	6,000	105,000	99,000	321,46	17,929	1,26	1,90	0,55
Yb	119	4,829	4,351	4,100	2,200	22,600	20,400	9,36	3,060	3,79	16,82	0,63
Zn	119	65,261	40,923	38,000	10,000	1080,000	1070,000	19208,72	138,596	6,73	47,31	2,12
Zr	119	96,071	64,617	72,200	1,900	907,000	905,100	10330,97	101,641	4,76	34,39	1,06

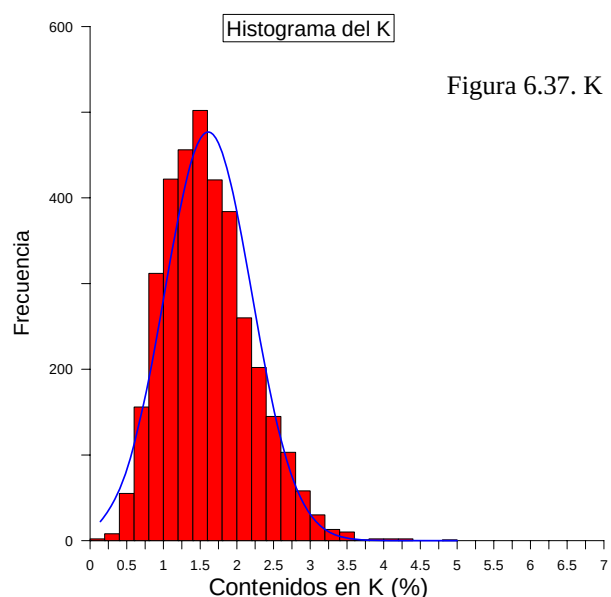
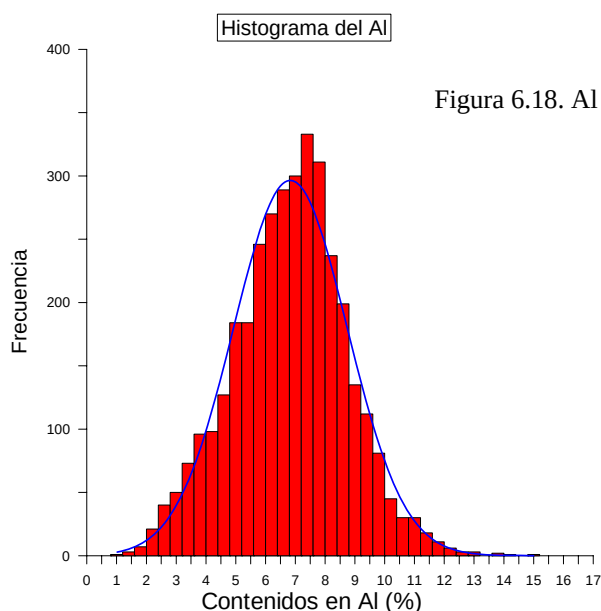
Tabla 6.4. Parámetros estadísticos descriptivos. Población de suelos.

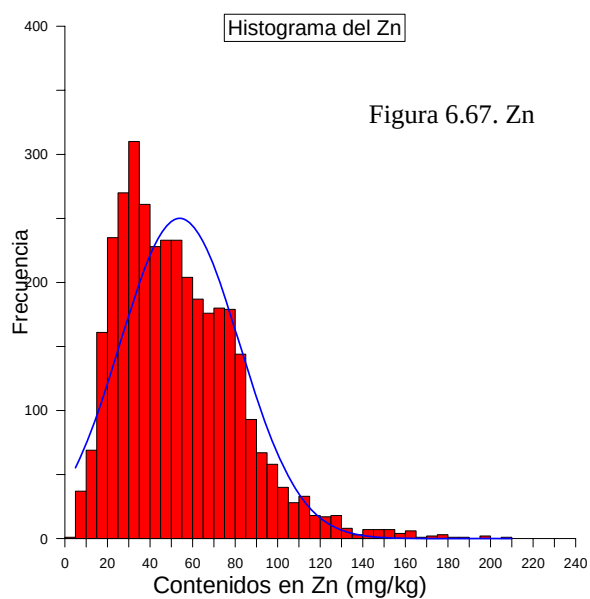
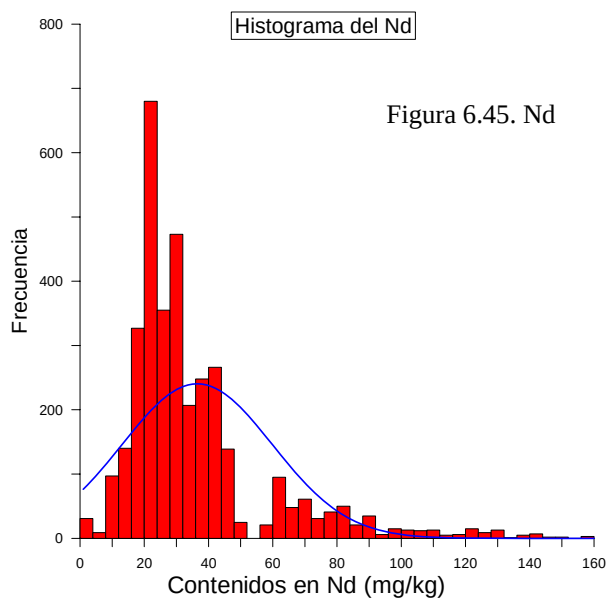
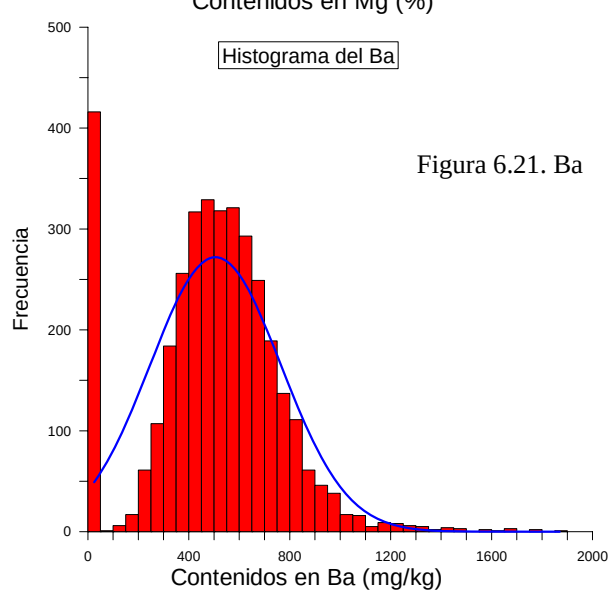
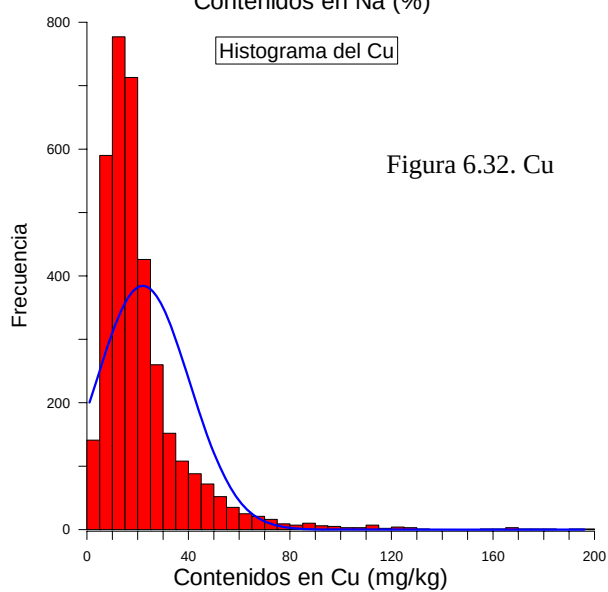
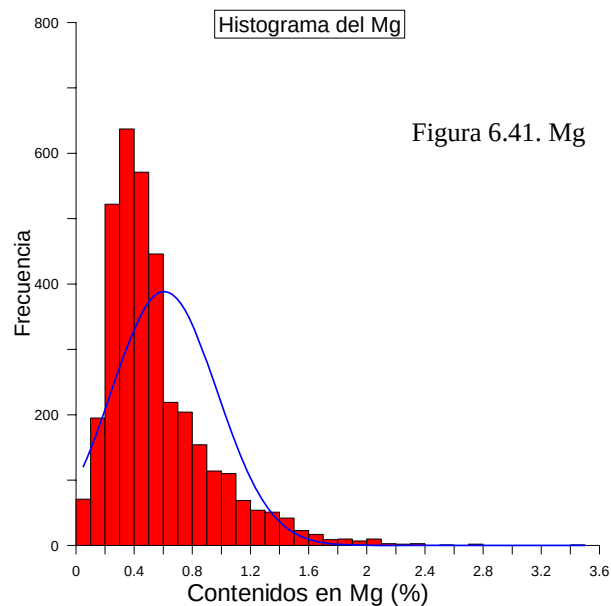
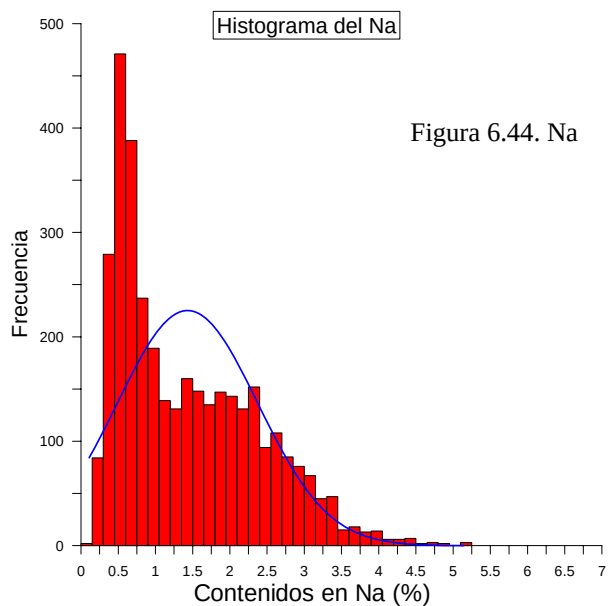
6.5.1.1.2.- Histogramas

Un primer conocimiento del comportamiento de los elementos químicos se deduce de los histogramas, en los que se reflejan rasgos como rango de variación, moda, asimetría y unimodalidad o polimodalidad de las distribuciones elementales.

Las formas de las distribuciones elementales aparecen en los **histogramas y funciones de distribución asociadas** (se representa sistemáticamente la distribución normal, pudiéndose apreciar las desviaciones del histograma con respecto a ésta. Pueden verse en las figuras 6.17 a 6.68. Puede apreciarse en ellas los siguientes rasgos:

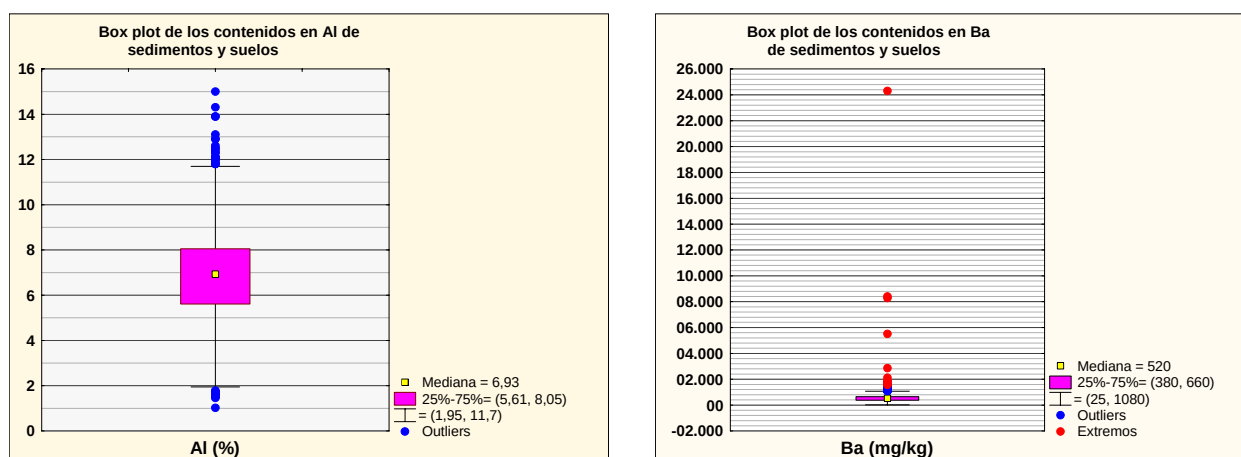
- Prácticamente ningún elemento presenta distribuciones que se ajusten aproximadamente a la de una **función normal o gaussiana de distribución**. Los que normalmente suelen asimilarse a ella, en general las de los elementos mayores, presentan en la mayoría de los casos distribuciones con asimetría positiva más o menos marcada (Al, Fe, K) o una evidente polimodalidad (Ca, Na). El Mg tiene una asimetría muy pronunciada, con tendencia a distribución lognormal. Ello es reflejo de la diversidad litológica de la zona, formada por unidades litológicas con características geoquímicas muy diferentes en el área. La separación clara de la distribución gaussiana, la polimodalidad y la tendencia a formas asimétricas lognormales afecta a los elementos mayores que son los más sensibles a la heterogeneidad litológica y los que presentan mayores contrastes entre las litologías geoquímicamente muy diferentes que aparecen en el área.
- Son escasos, asimismo, los elementos traza que presentan histogramas con tendencia normal y con formas de campana. Únicamente Sc, Co, Ni, Ba, Cr lo hacen, aún cuando es claramente observable en ellos la existencia de una cola de valores atípicos y una cierta asimetría positiva. La mayoría de los restantes elementos muestran asimismo, en sus histogramas, grandes dispersiones y marcadas asimetrías positivas, por ejemplo, As, Au, Be, Bi, Ce, Cd, Cs, Cu, y Eu, Hf, Hg, La, Li, Lu, con rasgos de estructuras polimodales. Mn, Mo, Pb, muestran una marcada polimodalidad, así como P, Rb, Sb, Sr, Te, Ti, V, Y, Zr y V. Los elementos en los que la distribución tiene como rasgo principal la polimodalidad, con tendencia a asimetría positiva y con evidentes dispersiones o colas positivas, son Br, Ta, Tb, Th, U, W, Yb, Zn.
-
- Las principales consecuencias que pueden extraerse de los histogramas son la existencia de heterogeneidades geoquímicas importantes, sin duda derivadas de la heterogeneidad geológica, y la presencia de numerosas anomalías de los principales elementos indicadores de mineralización, que se manifiestan en colas de valores atípicos.
- Aunque existen rasgos de polimodalidad en varios de los histogramas, así como marcadas asimetrías positivas, éstas no son tan llamativas como las mostradas por las distribuciones elementales en las rocas en las que casi todos los elementos mayores, y por supuesto los traza, se manifestaban en formas polimodales con hiatos entre sub-distribuciones. La mayor cohesión y agrupación de las distribuciones en los sedimentos testimonia de los efectos de mezcla, homogeneización y dilución inherentes a los sedimentos de corriente.





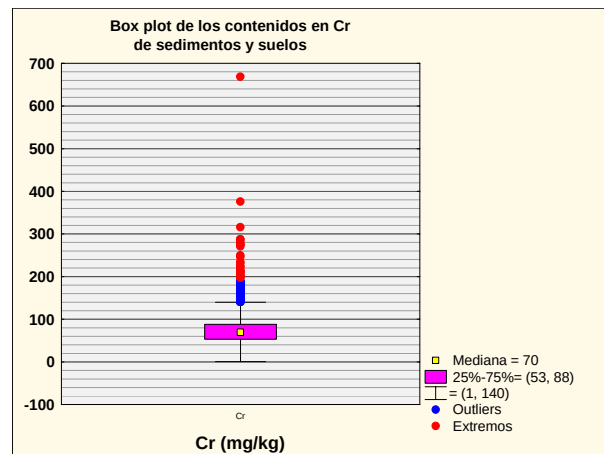
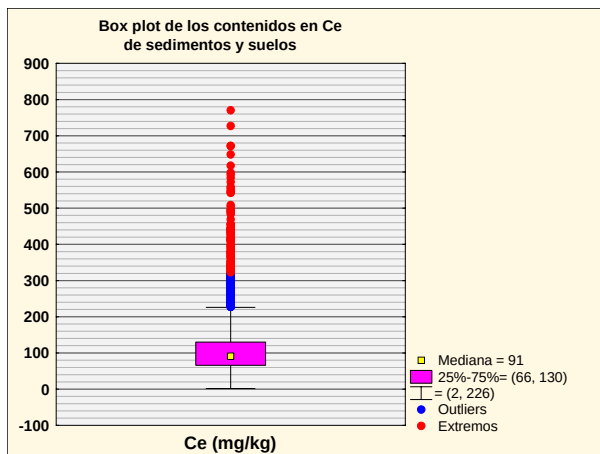
6.5.1.1.3.- Diagramas de cajas o boxplots de la población total

Es conveniente señalar que las distribuciones geoquímicas deben su naturaleza a un cúmulo de factores no siempre conocidos y que raramente se asimilan o siguen una función o ley matemática. “Son como son” y la tendencia actual, expresada en los métodos del análisis exploratorio de datos (EDA), es a hacer una descripción basada en el ordenamiento de los valores por percentiles, sin atribuirles ningún concepto matemático de distribución. La descripción gráfica y visualizada de las distribuciones se puede hacer a través de los **diagramas de cajas (box and whiskers plots)**. En ellos, y de forma amigable, pueden observarse rasgos como margen o rango de variación, dispersión de la población, asimetría, tramo o caja en el que agrupan el 50% central de la población (intercuartil Q_1 - Q_3 , 25-75%), el **valor central o de fondo expresado por la mediana**, límites o “bigotes”, $Q_1-1,5 (Q_3-Q_1)$ y $Q_3+1,5(Q_3-Q_1)$, que **constituyen umbrales de los outliers o valores atípicos**. Los valores muy elevados de los **outliers, o extremos, tienen por umbral inferior el valor $Q_3 + 3 (Q_3-Q_1)$** . Estos umbrales separan claramente de la distribución a los valores atípicos, **outliers y extremos**. En los gráficos de las figuras 6-69 a 6-120 se encuentran los diagramas de cajas de los elementos analizados en la población global (3.547 muestras).

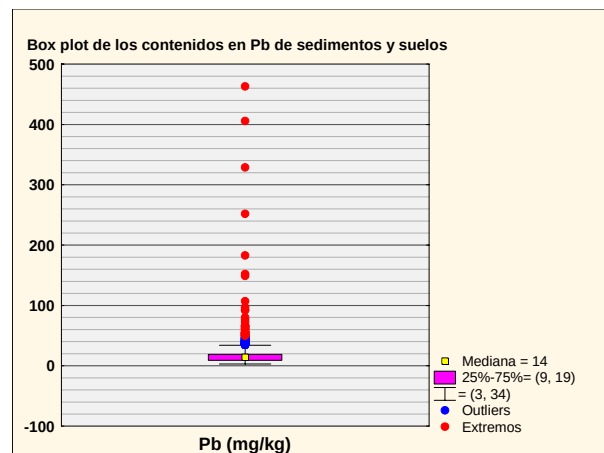
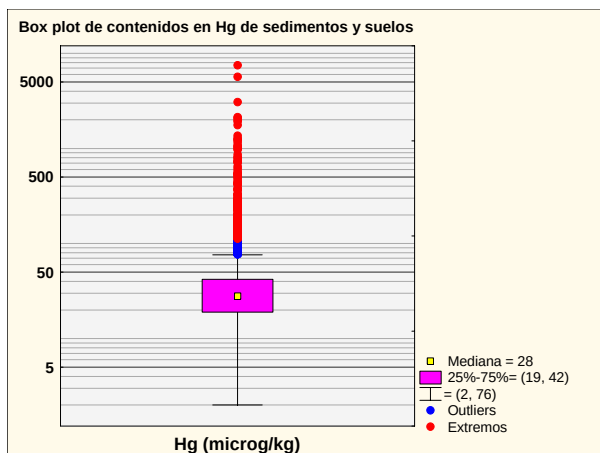


Figuras 6.70 y 6.74. Box plots de contenidos en Al y en Ba en la población total de sedimentos y suelos.

Se confirma en ellos la fuerte asimetría de elementos con gran parte de su distribución por debajo de su límite de detección, como Ag, Au, Bi, Se; la gran dispersión de las poblaciones de Ca, Ba (hasta 28.000 mg/kg), Be (hasta 45 mg/kg), Co, Cr (hasta 690 mg/kg), Fe, Hf, La, Li, Lu, Mg, Ni, P, Sc, Sr, Se, Sm, Tb, Th, Ti, V, Y, Yb, Zr, debida, sin duda a la gran complejidad geológica y a la presencia de rocas geoquímicamente muy contratadas. Por otra parte, hay que destacar la existencia de numerosos elementos con un gran número de valores atípicos y “salvajes” o extremos, como es el caso de Ag, Au (hasta 7.000 microg/kg, equivalentes a 7 g/t), B, Bi, Br, Ce, Hg, Mn, Mo, Nd, Pb, S, Sb, Se, Sm, Te, U, V, W y Zn, elementos que por su naturaleza y valores pueden estar relacionados con anomalías ligadas a mineralizaciones. En definitiva, en estos gráficos pueden observarse, de forma fácil y rápida, los principales rasgos y parámetros de sus distribuciones reales.



Figuras 6.80 y 6.82. Box plots de contenidos en Ce y en Cr en la población total de sedimentos y suelos.



Figuras 6.87 y 6.100. Box plots de contenidos en Hg y en Pb en la población total de sedimentos y suelos.

6.5.1.1.4.- Gráficos log-probabilísticos (log plots o rectas de Henry) de las concentraciones elementales

En los gráficos log-probabilísticos de las figuras 6-121 a 6-168, puede confirmarse la presencia de rasgos de las distribuciones ya percibidos y ya mencionados para la mayoría de los elementos químicos. Este tipo de gráficos se utilizan para discriminar la presencia de varias poblaciones, esto es, la existencia de poli-modalidad, y para conocer en qué medida las distribuciones se aproximan a distribuciones lognormales, que en estos gráficos se manifiestan como rectas.

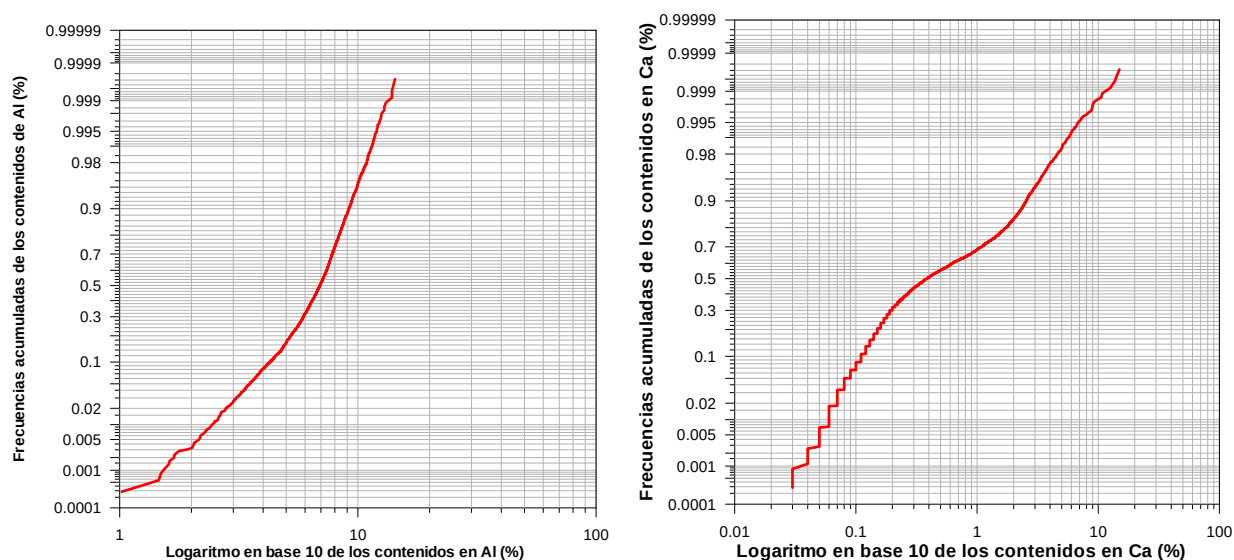
En gráficos probabilidad-probabilidad, o distribución acumulada teórica vs. distribución acumulada empírica, se aprecia, en primer lugar, cómo las distribuciones de algunos elementos tienen forma lineal en su parte central, como corresponde a aquellos que tienen **distribuciones con tendencia a lognormales**, como es el caso de As, Au, Br, Co, Cr, Hg, Lu, Mg, Na, Pb, Se, Sm, Sr, Ti, U, V, Yb, Zn, Zr.

Otras muestran distribuciones con formas curvas o cóncavas, que son características de otros tipos de funciones de distribución (entre ellas las normales o gaussianas). A este tipo pertenecen, en forma más o menos neta, las de Ce, Eu, Hf, K, La, Li, P, Rb, Tb, Te e Y, aunque a algunas de ellas se añaden inflexiones en el tramo de valores más altos relacionadas con el añadido de una población diferente (población anómala o relacionada con una litología muy diferenciada).

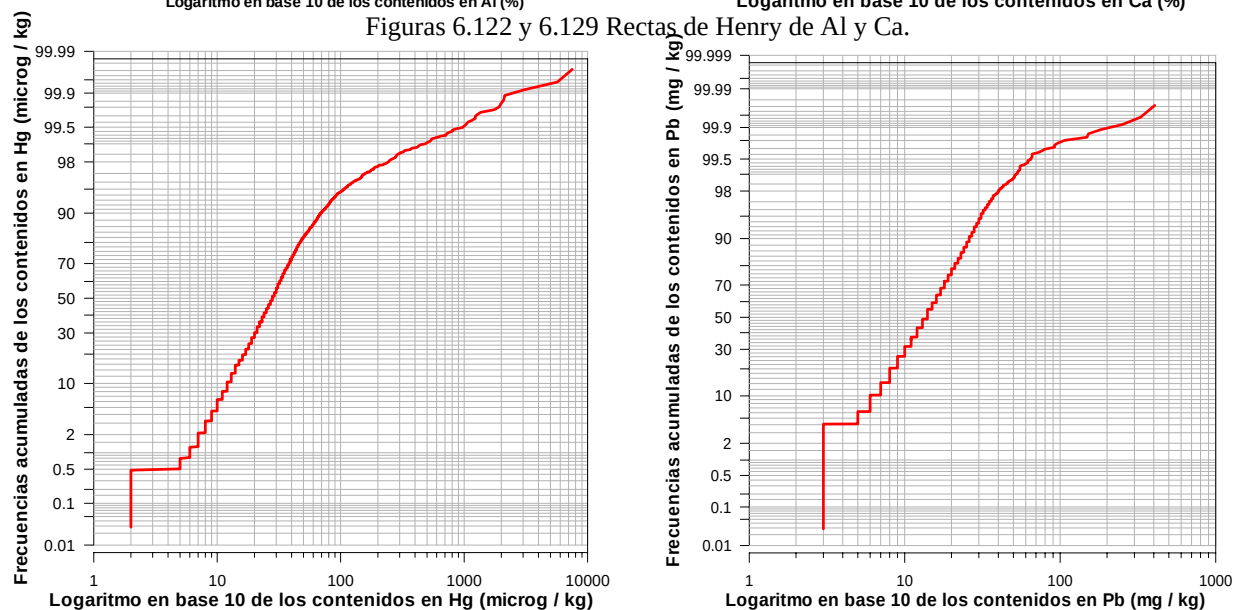
Distribuciones marcadamente multimodales se distinguen por las inflexiones en las partes centrales de las distribuciones, separando sectores de la curva o recta con diferente inclinación. Este rasgo es patente en las distribuciones de Al (sectores de recta con diferentes pendientes), Ca (similar a la anterior), Fe, Hg (varias poblaciones con tendencia a lognormales) Li, Lu, Mn, Na, Pb, P, Sm, Sr, Th, Ti, Yb, Zn, Zr. Los rasgos de multimodalidad y de funciones con rasgos de multimodalidad coinciden en el caso de varios de estos últimos elementos.

Finalmente, destacan algunos elementos con distribuciones curvas o rectas, que añaden un rasgo de polimodalidad en el tramo final de valores altos (inflexión en los valores del 97 al 99,9%) que indican la presencia de una población anómala sobreimpuesta. Las más significativas son las de Au, Ba, Bi, Cu, Hg, Mn, Pb, Sb, Zn.

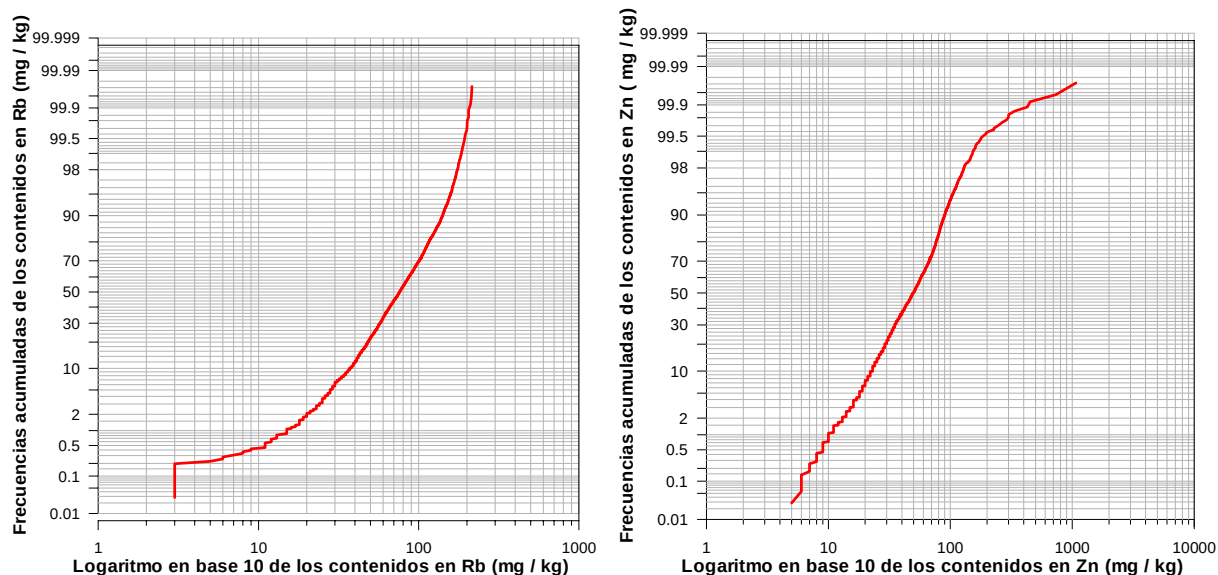
En algunas de ellas son visibles la superimposición de los tres rasgos, polimodalidad, tendencia a lognormalidad y presencia de población anómala. La polimodalidad es quizás el más visible en las rectas de Henry. Las rupturas de pendiente en las partes finales de las rectas son indicadoras de probables anomalías (mezclas de poblaciones anómalas y background) pero las rupturas en la zona central señalan mezclas de poblaciones importantes de orígenes geológicos diferentes.



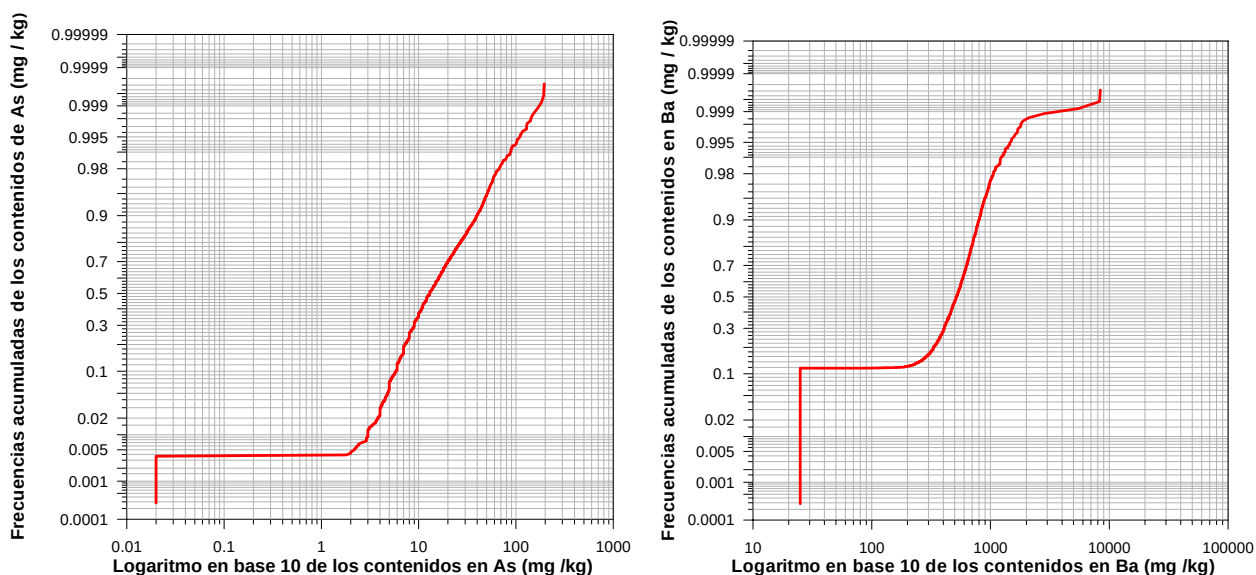
Figuras 6.122 y 6.129 Rectas de Henry de Al y Ca.



Figuras 6.138 y 6.148. Rectas de Henry de Hg y de Pb



Figuras 6.150 y 6.167. Rectas de Henry de Rb y Zn



Figuras 6.123 y 6.125. Rectas de Henry de As y Ba

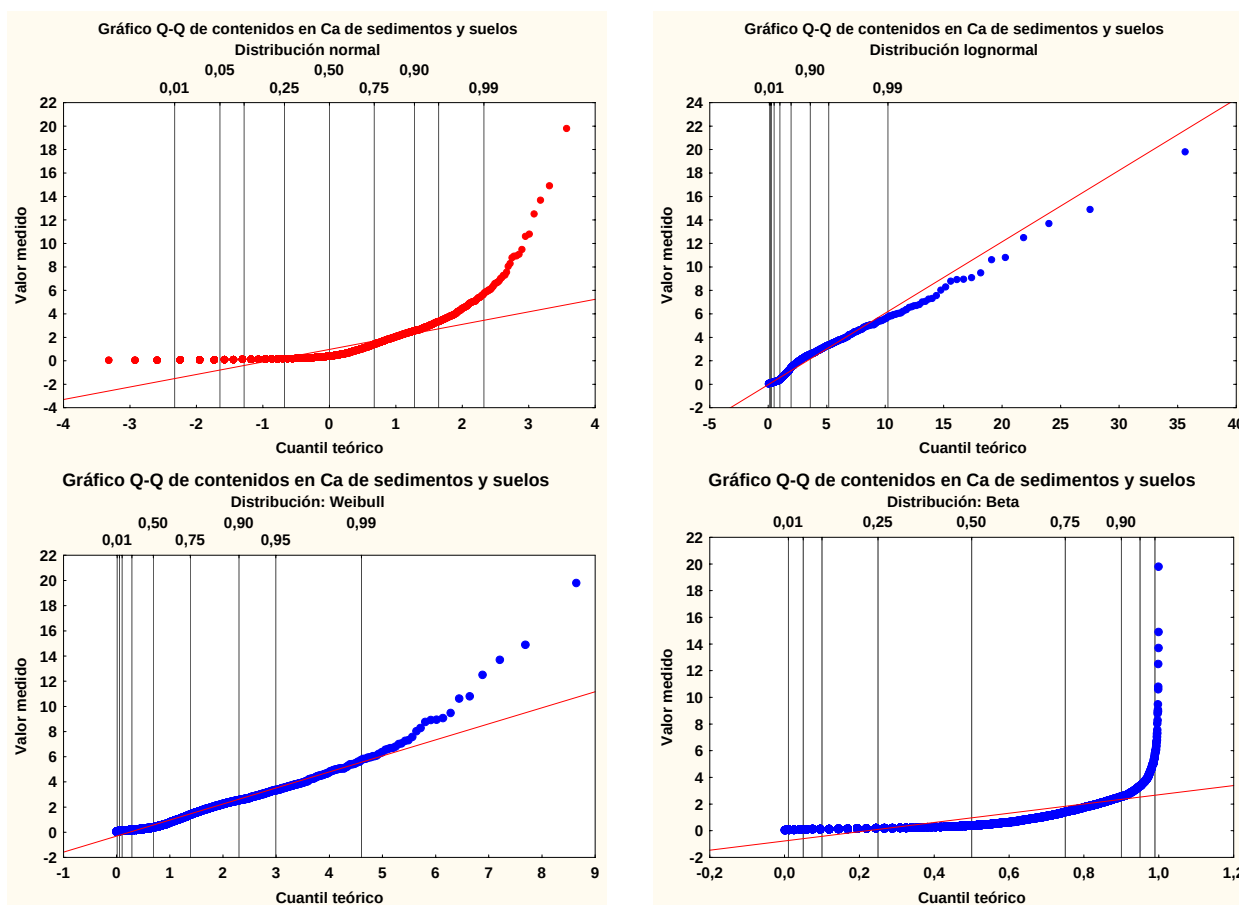
6.5.1.1.5.- Gráficos Cuantil-Cuantil (Q-Q) de los contenidos elementales en sedimentos y suelos

Habiéndose ya expresado previamente la apreciación de que las distribuciones elementales son las que son y que no tienen por que ajustarse totalmente a funciones de distribución con formulación matemática definida, si que parece conveniente concluir el tipo al que más se aproximan. Ya se han vertido opiniones al respecto en párrafos anteriores. Una apreciación más precisa, basada en los gráficos Cuantil-Cuantil (o Q-Q), puede confirmar algunas de las hipótesis anteriormente hechas.

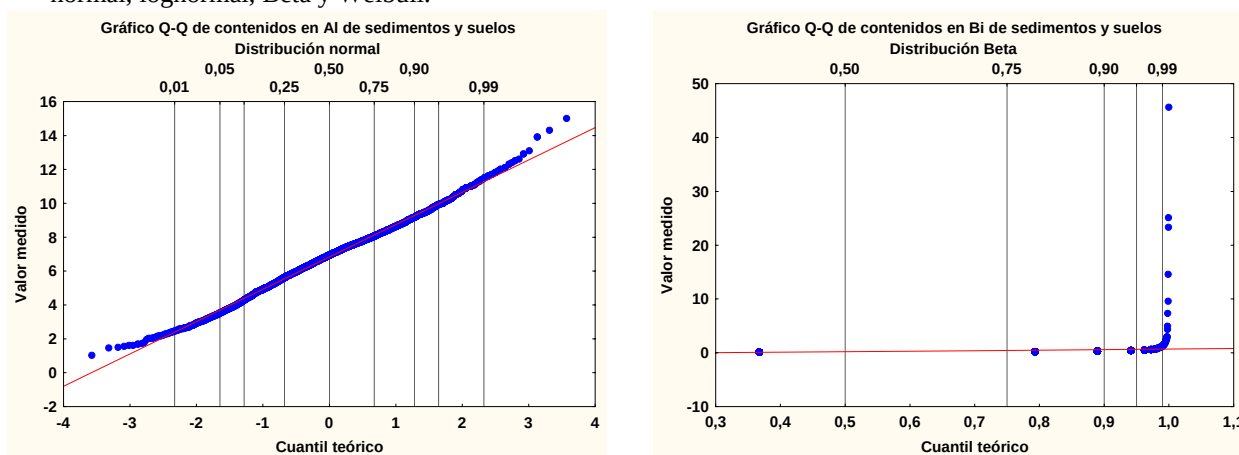
Los gráficos Q-Q son plots de probabilidad útiles para comparar dos distribuciones de probabilidad, ploteando una contra la otra en diagramas de tipo scatter y comparando las formas de dichas distribuciones. Una de sus aplicaciones es comparar las formas de las distribuciones de unos datos empíricos (o función de distribución muestral) con un modelo teórico de distribución (función de distribución teórica). Los cuantiles se definen como los valores tomados a intervalos regulares y ordenados de la función de probabilidad acumulativa de probabilidad de una variable.

En las figuras 6.169 a 6.226, se representan los gráficos Q-Q de los valores de las concentraciones de los elementos químicos, eligiendo para ello, después de haberlos realizado sobre diversos modelos teóricos, los que se ajustan mejor a la distribución empírica de cada elemento, disponiéndose sobre la recta de

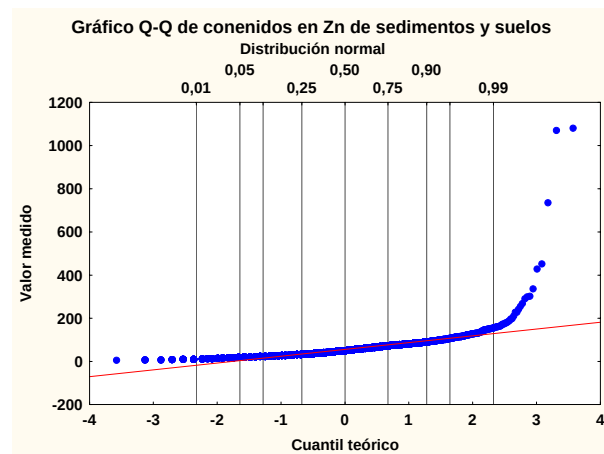
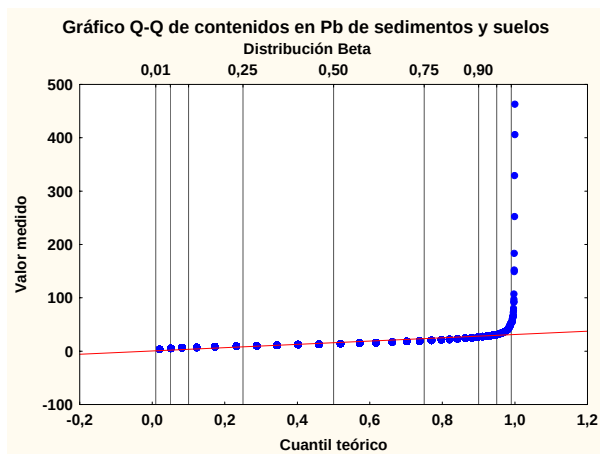
regresión calculada. Sólo en algunos casos se han representado al mismo elemento en comparación con diversos tipos de funciones, para poder ver con mayor precisión los diversos ajustes encontrados.



Figuras 6.175 a 6.178. Gráficos Q-Q de las concentraciones de Ca con respecto a funciones de distribución normal, lognormal, Beta y Weibull.



Figuras 6.170 y 6.173. Gráficos Q-Q de las concentraciones de Al y Bi con respecto a funciones de distribución normal y de Weibull, a las que se ajustan mejor.



Figuras 6.203 y 6.225. Gráficos Q-Q de las concentraciones de Pb y Zn con respecto a funciones de distribución Beta y Normal, a las que se ajustan mejor.

Después de varios ensayos de prueba de ajuste de diversos tipos de distribución, puede concluirse que las distribuciones más próximas a las reales para los elementos analizados son las siguientes.

Muestran funciones de distribución muy próximas a la **normal** los elementos Al, Ba (aunque para valores superiores a 2.000 mg/kg, y probabilidad de ocurrencia de valores superior a 99,9%), K (entre valores de probabilidad de 0,06 y 0,95%), Th (entre probabilidades de 0,5 y 0,95%), Zr (salvo para valores muy bajos y muy altos).

Tienen funciones de distribución muy próximas a la **lognormal** los elementos As (salvo para el tramo de probabilidad superior a 99% en el que los valores medidos son más bajos que los teóricos), Ce, Cu y Fe (salvo para los valores muy altos que son menos elevados que los teóricos), Hf, con un muy buen ajuste, Lu (con valores altos menores que los teóricos), Py Sm (con valores con probabilidad inferior a 0,01%, o muy elevados, que son inferiores a los teóricos), W, con ajuste bueno en todo el recorrido, Yb y Zr.

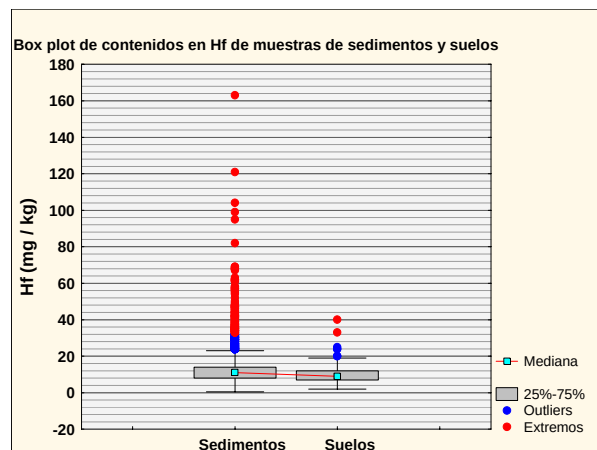
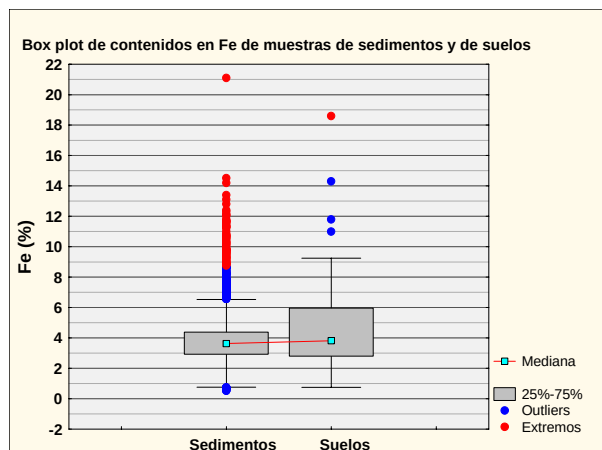
Elementos con funciones de distribución bien representadas por la **función Beta** (función que es una variedad de lognormal) son Au, Bi, Cr, Cu, Cr, Mn, Ni, Tb, Sb, Sc, S, Sb, Sn, Sr, Te, Th, Ti, U, V, Y y Zn (ajuste bastante próximo). Ca, Li se ajustan bastante correctamente a la función de Weibull.

Algunos elementos no presentan ajustes suficientemente buenos con ninguna de las funciones de distribución ensayadas, por lo que cabe que tienen distribuciones bastante peculiares y difícilmente relacionables con funciones matemáticas (Na, Ta, Rb, por ejemplo). Por el contrario, otros elementos parecen ajustarse adecuadamente a más de una distribución (Zn, normal y beta; Ta, lognormal y Beta; Cr, normal y Beta; Fe, normal, lognormal y Beta; Th, normal y Beta; Zn, normal y Beta). Por todo ello, se comprueba la imposibilidad que generalmente se presenta para asimilar las distribuciones de variables geoquímicas, en zonas complejas geológicamente, a funciones de distribución teóricas, y la simplificación que supone trabajar basándose en ellas para la definición de determinados umbrales y límites.

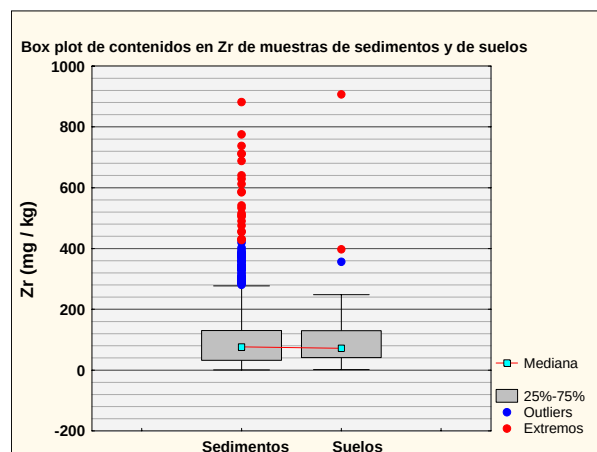
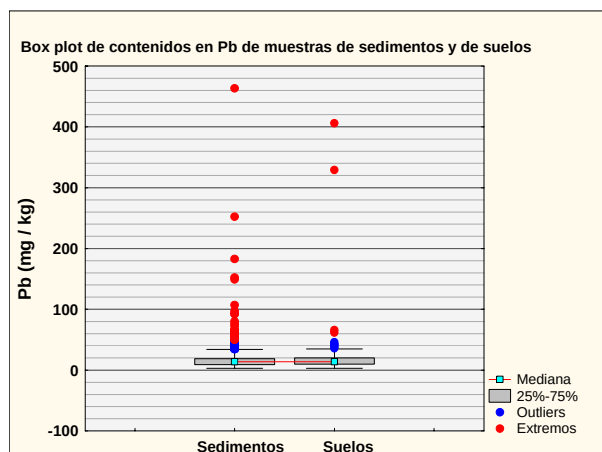
6.5.1.1.6.- Diagramas de cajas de los contenidos elementales en las poblaciones de suelos y sedimentos por separado

Una de las condiciones deseables en cualquier estudio geoquímico y, en particular en su tratamiento estadístico e interpretación, es que los datos geoquímicos provengan de un único medio de muestreo, puesto que la mezcla de datos de distintos medios puede introducir sesgos e inhomogeneidades que conducen a errores en la definición de fondos y anomalías y en la interpretación del significado de determinadas tendencias de distribución. Desgraciadamente, en los estudios regionales, que abarcan grandes áreas, no siempre es posible mantener este criterio y cubrir el área con un solo tipo de medio de muestreo, so pena de dejar parte del área sin cubrir. En tales casos, es necesario ser al menos conscientes del problema y valorar el alcance de éste. Se han podido ya comparar los parámetros estadísticos de las poblaciones de suelos y sedimentos por separado y de la resultante de su suma o población total. En el

caso de la zona de estudio actual, el problema de comparación es mayor por el número mucho mayor de muestras de sedimentos con respecto al de suelos y por no ser la distribución de los suelos totalmente aleatoria, pues aparecen concentrados en zonas con rasgos geológicos bastante definidas.



Figuras 6.233 y 6.234. Comparación entre los contenidos de Fe y Hf en muestras de sedimentos y de suelos por medio de box plots.



Figuras 6.236 y 6.242. Comparación entre los contenidos de Pb y de Zr en muestras de sedimentos y de suelos por medio de box plots.

Para analizar la cuestión de forma gráfica se han representado los diagramas de cajas de las distribuciones de los elementos de ambas grupos de muestras, suelos y sedimentos, por separado (figuras 6.227 a 6.242). Puede observarse, que para la mayoría de los elementos, las dispersiones de las poblaciones, su asimetría y, lo que es más importante, sus medianas, son prácticamente similares, con una diferencia menor, en general al 10%. Tienen una mediana ligeramente superior en los suelos los elementos Al, As, Ca (en este caso la diferencia es sensiblemente mayor, siendo el doble el contenido en suelos del de los sedimentos), Co, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Na, Ni, Sc, Y, mientras que en el caso de los sedimentos las medianas son ligeramente superiores en el caso de Ba, Br, Ce, Cr, Eu, Hf, K, La, Li, Lu, Nd, P, Pb, Rb, Sc, Sm, Tb, Te, Se, Th, Ti, U, Yb, Zn. Son prácticamente iguales las medianas en el caso de Cr, Pb, Sr, V y Zr. Los mismos valores de referencia, medidos en la población total, son lógicamente intermedios entre los de suelos y sedimentos. Las dispersiones, sobre todo en lo que se refiere al número de valores atípicos, es mayor en el caso de los sedimentos, aún cuando en algunos casos los suelos contienen valores muy elevados. Este hecho también puede ser debido a la desproporción numérica entre ambos grupos.

Se considera, que dados los datos anteriores, es factible el considerar una única población, o **población total** de sedimentos y suelos, considerando similares e integrables ambos tipos de datos. Ello obliga, de todas formas, a tener estos hechos en cuenta durante la interpretación, sobre todo en lo que se refiere a los elementos más problemáticos.

6.5.1.1.7.- Comparación de contenidos elementales en las muestras de sedimentos-suelos y en las rocas.

Los elementos químicos que constituyen a las rocas del sustrato (mayores y trazas), sujetas a procesos de meteorización mecánica y química en el medio supergénicos, tienen diferentes comportamientos en este medio. La imagen geoquímica de los materiales de los sedimentos y de los suelos refleja, en mayor o menor medida, la signature geoquímica de las rocas y mineralizaciones de las cuales derivan. Las diferencias de comportamientos de los elementos liberados en los procesos de meteorización, controlados en general por parámetros morfo-climáticos, y a menudo por otros de factores como la actividad biológica, la materia orgánica, las precipitaciones, el drenaje, hacen que las signatures geoquímicas originales de las rocas se manifiesten de forma ligeramente diferente y den lugar a signatures geoquímicas distintas en los suelos y los sedimentos. La mayor o menor similitud composicional entre los materiales de origen y sus derivados, es importante para la interpretación de los datos de una campaña geoquímica. Aunque, como ya se señaló en el estudio anterior (CEGOM-Fase I), los rasgos morfoclimáticos de la zona, relieve moderado, pluviometría escasa, vegetación y materia orgánica escasas, hacen suponer una meteorización mecánica dominante que implica que los materiales de los sedimentos y suelos son composicionalmente bastante similares a las rocas, se ha realizado un estudio de comparación para valorar estas similitudes o diferencias. Todo ello a pesar del handicap del pequeño número de rocas analizadas con respecto al mucho mayor de sedimentos y suelos.

En las figuras 6.243 a 6.289, pueden compararse, elemento a elemento, y a través de sus box plots en los sedimentos-suelos y en las rocas, los grados de similitud entre ambos grupos.

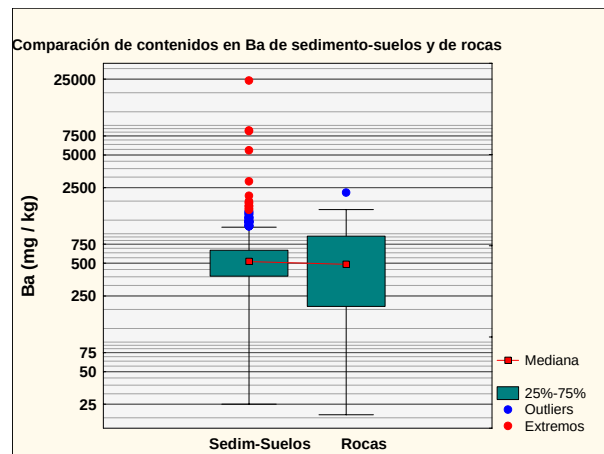
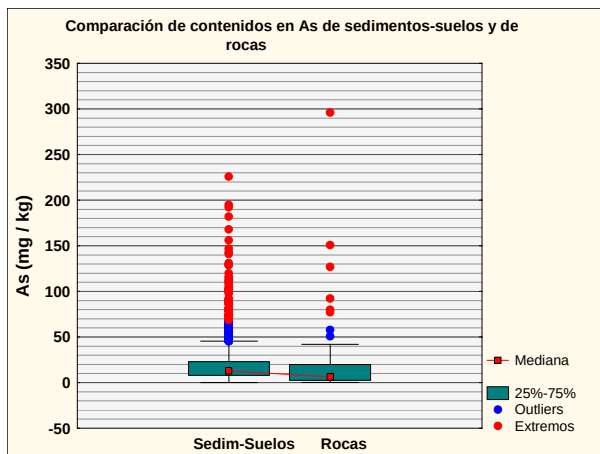
Las principales conclusiones que pueden extraerse, teniendo en cuenta que son aproximativas debido al escaso número de muestras de rocas considerado, son las siguientes.

En general, los diagramas de cajas muestran mayores **dispersiones** inter-cuartiles (Q_3-Q_1 , es decir distancias 25%-75%) para la mayoría de los elementos en las muestras de rocas. Esta afirmación también es válida si consideramos los bigotes inferior y superior. Ello indica la gran dispersión existente en las rocas y los fuertes contrastes geoquímicos entre ellas. Los sedimentos y suelos, con dispersiones menores, son el resultado de procesos que tienden a promediar y a atenuar estas variaciones por efectos de mezclas y diluciones.

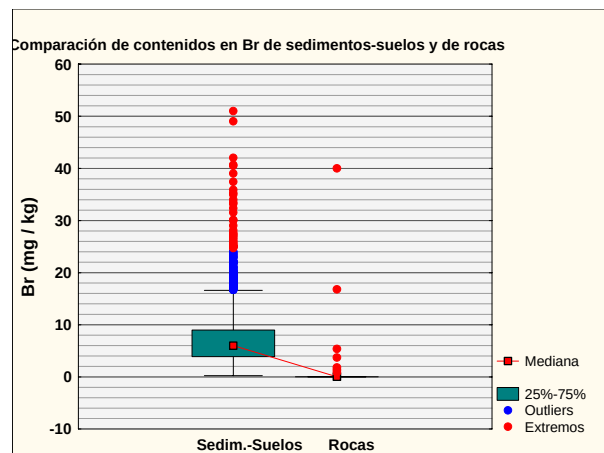
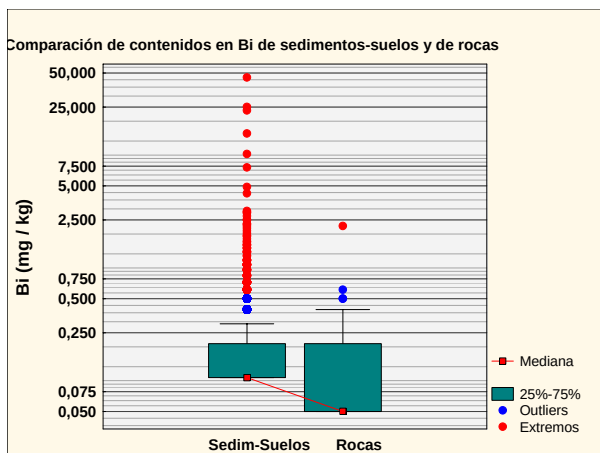
Aunque no son en rigor comparables, por la diferencia de efectivos de los grupos, el número y alcance de la variación de valores atípicos, outliers y extremos, **es más elevado en las rocas**, para elementos como Mg, Lu, Na, Nd, Ni, P, Sb, Sc, Sr, Ta, Tb, U, Yb, As, Ca, Co, K, y más elevado en los sedimentos-suelos, para los restantes. Hay que resaltar en este grupo de elementos la presencia de Tierras Raras y otros elementos litogénicos como Th, Ca, K, incluyendo algunos de mineralización como Sb y As.

Tienen **fondos** (medianas) **muy similares** (del mismo orden) en rocas y en sedimentos-suelos, elementos como Al, As, Ba, Be, Ca, Ce, Co, Cr, Cu, Eu, Fe, Hf, K, La, Li, Lu, Mg, Nd, Ni, P, Sc, Se, Sm, Sr, Tb, Th, Ti, V, U, W, Y, Yb, Zn. De éstos, tienen medianas muy ligeramente inferiores, en las rocas, Al, As, Ba, Ce, Co, Cr, Eu, Hf, La, Li, Nd, Ni, Se, Th, V, mientras que las tienen ligeramente superiores en ellas K, P, Sn, Te (elementos móviles en las condiciones usuales, excepto el Sn). Tienen **fondos sensiblemente diferentes** en los dos grupos Bi, Br, Cs, Mn, Rb, Sb, Hg, Pb, Zr que muestran fondos de un orden de magnitud superior en los sedimentos-suelos que en las rocas (elementos móviles de mineralización, la mayoría de ellos pueden ser retenidos en dichos medios por adsorción) y B, Na, Mg, Rb.

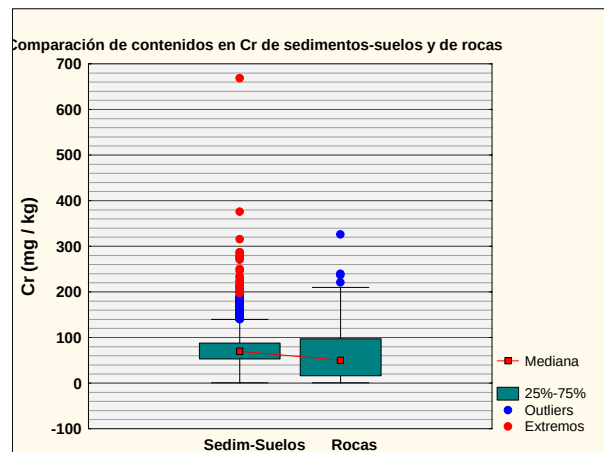
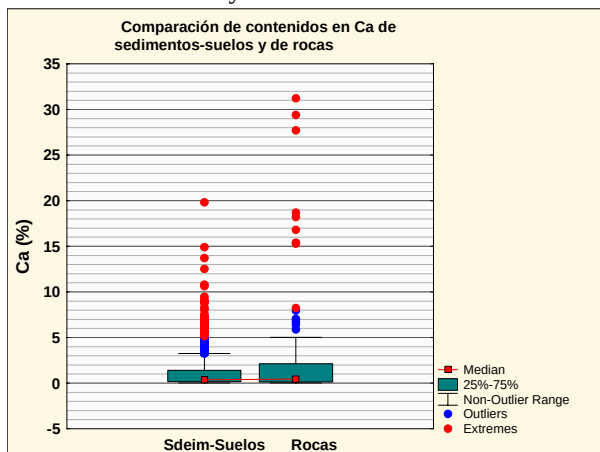
Como conclusión principal cabe señalar que al margen de elementos muy específicos y de algunos elementos mayores (Mg, Na, K) existe una semejanza de perfiles geoquímicos en los dos grupos muestrales y que, en el medio morfoclimático de la zona, los sedimentos y suelos tienen rasgos geoquímicos muy análogos a los de las rocas a causa de los modelos de meteorización y dispersión.



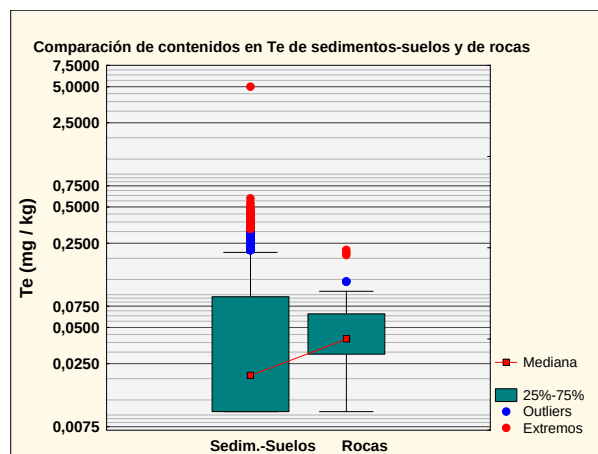
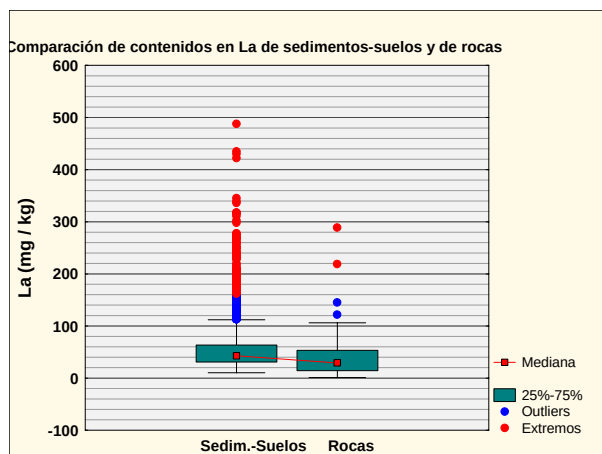
Figuras 6.244 y 6.246. Comparación, por medio de box plots, de los contenidos en As y Ba de las muestras de sedimentos-suelos y de las muestras de rocas.



Figuras 6.248 a 6.249. Comparación, por medio de box plots, de los contenidos en BI y Br de las muestras de sedimentos-suelos y de las de rocas.



Figuras 6.250 y 6.253. Comparación, por medio de box plots, de los contenidos en Ca y Cr de las muestras de sedimentos-suelos y de las de rocas.



Figuras 6.261 y 6.280. Comparación, por medio de box plots, de los contenidos en La y Te de las muestras de sedimentos-suelos y de las de rocas.

6.5.1.2.- Estudio gráfico univariante

Además de la descripción numérica y estadística de las distribuciones elementales es necesario, en una segunda fase, conocer las características de la **repartición o distribución espacial de los elementos**. Para ello, se han elaborado, para la totalidad de los elementos químicos que muestran algún tipo de variabilidad, **mapas de puntos y mapas de contornos**.

6.5.1.2.1.- Mapas de distribución espacial de los elementos químicos

Los **mapas de puntos** representan los contenidos puntuales **reales** con círculos de colores en función de los contenidos. La gama de colores se ha establecido de forma que se correspondan con tramos de percentiles determinados (0-10%, 10-25%, 25-50%, 50-75%, 75-90%, 90-100% y eventualmente, y en caso de elementos con interés metalogénico, 90-95% y 95%-100%). En algunos casos, para elementos con muy poca variación y un elevado porcentaje de valores por debajo del L.D.I., se ha reducido la representación a dos o tres tramos de valores.

Los mapas de contornos son una representación de tipo raster, basada en bandas o zonas de color separadas por isolíneas o líneas de isovalores. Se han realizado a partir de mallas preparadas previamente (proceso de mallado), con un **espaciado de 200 x 200 m** (361 x 215 celdas), por el método de interpolación del inverso de la distancia al cuadrado (ID^2), y con un criterio de búsqueda elíptico de radios 1.800 x 2.100 m, con elongación en la dirección N120°, por cuadrantes. Este tipo de representación, que produce pequeñas distorsiones de los valores reales, al estar basado en un proceso de interpolación y en el promediado de valores, proporciona la mayoría de las veces una idea más general de las tendencias de distribución del elemento que la puramente puntual. El criterio seguido en la representación gráfica ha sido el de diferenciar los tramos definidos por los umbrales relativos a los **percentiles 10%, 25%, 50%, 75%, 90% y, eventualmente 95%**, con colores que van de más fríos a más cálidos. En el caso de algunos elementos, cuyo límite de detección es superior a una parte del margen de variación del elemento, se han utilizado umbrales adecuados al caso (en general, umbrales de percentiles más elevados p.ej.: 50%-75%-90%-95%-97,5%).

Los **mapas de distribución de los diferentes elementos traza y mayores** determinados, junto con sus diagramas de cajas (box and whiskers) aparecen en las figuras (mapas DIN A 4) 6.290 a 6.341. La distribución espacial está representada sobre una base constituida por el trazo de los contactos de una base geológica simplificada. Como ilustración complementaria se adjunta un esquema geológico para ayudar a percibir mejor las relaciones entre las distribuciones geoquímicas y la estructura geológica. En el caso de los mapas de contornos se introduce la ubicación de los principales tipos de mineralizaciones existentes en la zona. Las distribuciones elementales pueden asimismo analizarse, con mayor detalle, en los mapas a escala 1/150.000 (ver tomos de Mapas a escala 1/150.000 correspondientes).

Los aspectos más importantes o llamativos a destacar en las tendencias de distribución de los elementos son los siguientes:

La **plata (Ag)**, en las figuras 6.290 a y b, muestra un fondo inferior al límite de detección (0,3 mg/kg) en una gran parte del área de estudio (80%). Cuando no lo hace, aparece, de forma bastante irregular, errática, sin una relación estrecha con unidades o términos litoestratigráficos. Los fondos elevados aparecen en manchas que ocupan zonas, a veces amplias, de algunas unidades o son claramente secantes a ellas. Ello se corresponde con el control metalogénico de la distribución de este elemento, sobre todo en valores más altos (> 0,5 ppm). Aparecen agrupaciones de muestras con valores más elevados situadas en diferentes contextos, sin mostrar un control geológico claro. Corresponden, estas agrupaciones a situaciones sobre el granitoide del Almendral y su encajante de calizas de la Fm. carbonatada, el intrusivo ácido variscico de La Bazana y los intrusivos básicos Cámbricos de Jerez y Fregenal. Asimismo aparecen algunas agrupaciones de puntos en el sector central de la zona, en la Fm. Xistos Raiados sin relación con indicios conocidos, así como otras en relación con un indicio de Fe en la Fm. Carbonatada. En conclusión, este elemento tiene un control, en sus valores medios o altos, de procesos de mineralización, conocidos o no. Su distribución no es uniforme y probablemente está relacionada con pequeñas áreas mineralizadas o con alteración hidrotermal.

El **aluminio (Al)**, en las figuras 6-291 a y b, aunque tiene un control fundamentalmente litológico, no tiene una representación del todo consistente con la estructura geológica. Se manifiesta, en general, con una distribución algo errática. Los fondos más elevados aparecen en relación con la Fm. Xistos Raiados, con el Silúrico y, en menor medida, con la Fm. Barrancos. Con fondos medios a elevados, se manifiesta en los cuerpos ígneos intrusivos de Tálga (zona del núcleo), de Barcarrota (intrusivo básico), de Almendral, de Jerez, de Fregenal, de Los Remedios y de Valencia del Ventoso, así como en la Serie Negra, en la Fm. Bodonal y en el C.V.S. Los fondos más bajos se manifiestan en el intrusivo de La Bazana, en la Fm. Esquistos de Jerez, y, sobre todo en los materiales terciarios y cuaternarios que afloran al N de la zona. El Al se expresa también en pequeñas manchas de valores medios a altos que cortan a los contactos geológicos. Al factor litológico se pueden superponer, en el control de esta distribución, factores de alteración hidrotermal, independientes de la estructura geológica primaria.

El **Arsénico (As)**, en las figuras 6.292 a y 6.292 b, presenta unas pautas de distribución controladas en una medida importante por la distribución de las mineralizaciones, cuya influencia se superpone y enmascara a la distribución de origen esencialmente litoestratigráfico. Se puede observar una fuerte correlación de los fondos más elevados con los afloramientos de pizarras negras del Silúrico que aparecen en estrechos niveles al O y SO de la zona (Valencia del Mombuey), así como, y en forma menos marcada, con la Fm. Xistos Raiados. Los materiales detríticos de la Fm. Barrancos tienen asimismo fondos medios a elevados, aunque los más altos se sitúan en el sector NO del afloramiento de mayor extensión (Chelès-San Benito), mientras que en su terminación SE, los contenidos son algo menores. Además de estas áreas, coincidentes con unidades litoestratigráficas concretas, aparecen algunas áreas reducidas y aisladas con valores elevados de As sin aparente explicación litológica, como una en el intrusivo granítico del Almendral, en las pequeñas apófisis ígneas relacionadas con el cuerpo intrusivo de Fregenal, en el C.V.S., en la Serie Negra junto al intrusivo de Jerez y, al N de la zona, en la Fm. Carbonatada, en proximidad a un indicio minero de Fe.

La Serie Negra se asocia a valores medios de los contenidos. Los fondos en As son medios a bajos en el Flysch de Terena, en la Fm. Esquistos de Jerez, y bajos a muy bajos en el granito precámbrico de Tálga, en los intrusivos cámbricos y variscicos, en la Fm. Bodonal, en las Series Detrítica Superior e Inferior del Cámbrico Inferior, y sobre los materiales modernos terciarios y cuaternarios. En conjunto, la distribución muestra pautas algo erráticas, con un control mixto, litológico y metalogénico.

El **oro (Au)**, figuras 6.293 a y 6.293 b, muestra una distribución totalmente errática, en cierto modo similar a la de Ag, totalmente controlada por la presencia de anomalías relacionadas con mineralizaciones conocidas o virtuales, que superponen sus pautas de distribución a las puramente litológicas. Ello es lógico en el caso de un elemento cuyos niveles de concentración normales en los materiales de la corteza son inferiores a su límite de detección. No se pueden determinar las tendencias de distribución en los valores medios y bajos de este elemento. Por ello los dominios con contenidos superiores a 5-10 ppb o µg/kg no guardan relación con las estructuras geológicas, cortan a las formaciones litológicas y tienen, en

general, escasa continuidad. Por ello, la distribución es totalmente irregular, sin relación espacial coherente con un factor litoestratigráfico.

Las agrupaciones de muestras con valores claramente anómalos ($> 20 \mu\text{g/kg}$), aparecen en prácticamente todos los contextos geológicos, salvo en los rellenos terciarios y cuaternarios de la cuenca del Guadiana. Destacan, por su mayor consistencia y contenidos, las agrupaciones de muestras con valores medios a elevados las situadas en los materiales detríticos de la Fm. Xistos Raiados, en el Silúrico y en la Fm Barrancos, algunos de los cuales están en clara relación espacial con indicios conocidos de Fe. Otras agrupaciones de valores anómalos aparecen en la Fm. Esquistos de Jerez, en el área de Alconchel, donde parecen marcar direcciones $\text{N}50^\circ\text{-}60^\circ\text{E}$, transversales a dirección regional o más añ SE, en proximidad a indicios de Mn. En el Sector N de la zona, algunas agrupaciones de valores altos están asociadas a materiales de la Serie Negra y de la Fm. Carbonatada, en este último caso, en cercanías de indicios de Fe. Al NO de Jerez de los Caballeros se encuentran también valores anómalos, con posible enraizamiento en la Fm. Esquistos de Jerez y en la Fm. Bodonal. Entre el intrusivo cámbrico de Jerez y el post-cinemático variscico de La Bazana se desarrolla el grupo posiblemente más significativo por el número de muestras que contiene y por sus valores, varios de los cuales superan los $110 \mu\text{g/kg}$. Finalmente, al SE de la zona se encuentran otros grupos de muestras significativas, en los Esquistos de Jerez y en los materiales detríticos de la Serie Detrítica Superior, así como en un amplio afloramiento de Serie Negra. Hay que recordar la clara afinidad que existe a nivel regional entre las mineralizaciones de hierro y los contenidos anómalos en Au, existiendo un tránsito entre algunos tipos de mineralizaciones de Fe, como las de tipo skarn y las del tipo IOCG (Fe-Cu con Au)

En conclusión, existen varias áreas locales con valores altos de Au, formando dispersiones sin relación claras con las litologías y sí con procesos metalogénicos. Algunos de ellos pueden, por su disposición, tener relación con estructuras de deformación (desgarres) de dirección NO-SE, que constituyen el contacto tectónico entre unidades, y otras estructuras transversales de direcciones $8\text{N}50^\circ$ a $\text{N}70^\circ$.

El **bario (Ba)**, figuras 6-294 a y b, muestra una distribución más definida que los elementos anteriores, aunque muestra claramente que depende de factores litoestratigráficos por una parte y de un factor subordinado de mineralización por otra. Está condicionada por igual por el substrato geológico y por la ocurrencia de mineralizaciones. Por ello, los fondos superiores se adaptan, en zonas, a las unidades litoestratigráficas y, en otras se presentan en manchas dispersas sobre agrupaciones de indicios o en posibles anomalías.

Las unidades litoestratigráficas que muestran una mayor afinidad por el Ba y que se manifiestan con valores medios-altos ($600\text{-}1200 \text{ mg/kg}$) son la Fm. Barrancos, así como la Fm. Esquistos Raiados (con intercalaciones de esquistos negros del Silúrico en su sector NO y en su extremo SE (Valencia del Mombuey), donde lo hace de forma más consistente. Es muy probable que las pequeñas intercalaciones de Silúrico, no siempre cartografiables, tengan una mayor influencia que la propia Fm. Xistos Raiados en la elevación de los fondos en Ba en esas áreas. El granito postcolisional de Táliga y los cámbricos de Almendral y Barcarrote dispensan una respuesta en valores medios, aunque en forma bien diferente. De los varios cuerpos que, de Este a Oeste, y desmembrados tectónicamente componen el granitoide (granitos y sienitas) de Almenfral, el mayor y más oriental presenta una respuesta homogénea con fondos elevados y los más occidentales las tienen muy bajas. El de Táliga se manifiesta con valores medio-altos en su parte central y medios en la zona más externa, sugiriendo una estructura zonada. Estas diferenciaciones dentro de los cuerpos graníticos pueden estar relacionadas con mayores o menores contenidos en feldespato potásico, es decir, con facies más alcalinas de los granitos. Los macizos intrusivos básicos (Fregenal, Jerez) dispensan una respuesta con valores deprimidos en Ba.

La Serie Negra tiene también fondos significativos aunque algo inferiores. Las restantes unidades se manifiestan con fondos medios a bajos (resto de los cuerpos ígneos intrusivos), y bajos a muy bajos (Esquistos de Jerez, Fm. Fatuquedo, Flysch de Terena, Series detríticas del Cámbrico Inferior y, sobre todo, los materiales terciarios y cuaternarios).

Las principales áreas dispersas y de superficie más reducida, probablemente controladas por procesos de mineralización o la presencia de indicios mineros con barita, se encuentran en la Fm. Carbonatada cámbrica y en Carbonífero Inferior al N de la zona, en afloramientos de Carbonífero Superior

(Estefaniense-Westfaliense), que contiene rocas efusivas básicas), en afloramientos de la Fm. Esquistos de Jerez y del C.V.S. y, finalmente, en materiales del Terciario de la Cuenca del Guadiana. En los esquistos de Jerez, y en proximidad (Este) a las mineralizaciones de Fe de Alconchel, se alcanzan valores de concentraciones en Ba de más de 25.000 mg/kg en Ba. Se intuye, a partir de dichas mineralizaciones, una alineación, en forma discontinua, de pequeñas áreas anómalas en Ba, en dirección N50°-79°E. En el área del campo filoniano de Oliva se observa un entorno con valores medios en Ba, que trascienden de las ocurrencias de mineralización y que no guardan relación con las litologías encajantes, con fondos algo inferiores.

El **Boro (B)**, figuras 6.295 a y b, tiene valores inferiores a su L.D.I en el 97% de las muestras. En lo que respecta a los valores superiores a aquél umbral, su distribución es bastante errática, apareciendo en puntos aislados en la mayor parte de las unidades representadas en la zona. Sin embargo, en algunas áreas los valores más elevados de B forman agrupaciones bastante consistentes (de hasta 30-40 puntos), de las cuales las más significativas son las que se enumeran a continuación. La más importante, con valores de hasta 2.051 mg/kg, en B, se encuentra en los tres sectores de un punto triple de contacto entre la Fm. Barrancos, la Fm. Fatuquedo y la Fm. de Xistos Raiados, entre Villanueva del Fresno y Zahinos, en las proximidades y al O de 5-6 indicios de Fe, 2 de Mn, 1 de Ba y 1 de Ti (al ONO del campo filoniano de Oliva). Otras agrupaciones de puntos con menor extensión y contenidos medios algo más bajos, pero significativas, aparecen en relación con un klippe de Fm. Carbonatada al N de Villanueva del Fresno (cerca de 4 indicios mineros de Fe), en un afloramiento de la Fm. Carbonatada al SE de Olivenza, en el sector N de la zona (en relación con un indicio de Fe), y en un pez tectónico de C.V.S. junto a la entre Fm. Esquistos de Jerez y Fm. Fatuquedo, junto a la mineralización de Fe de Alconchel. Puede verse, entre esta última y la existente en el klippe de Fm. Carbonatada anterior, una banda con fondos medios a elevados y orientación N50°-60°E, que finaliza hacia el NE en otra anomalía local coincidente con un stock intrusivo cámbrico en la Fm. Carbonatada, justo al N del contacto septentrional del granitoide de Almendral. Finalmente, en los materiales terciarios de la Cuenca del Guadiana, aparecen algunas pequeñas áreas anómalas.

El B está totalmente controlado por procesos hidrotermales y metalogénicos y tiene una relación aparente con estructuras frágiles secantes a la directrices regionales. Existe también un cierto control litológico pues se manifiesta muy frecuentemente, con valores elevados, en la Fm. Carbonatada.

El **berilio (Be)**, figuras 6-296 a y b, tiene una estructura de distribución muy contrastada y coherente, diferenciando netamente a determinadas unidades, por lo que se puede considerar que su control es esencialmente litológico. Por una parte, delimita de forma clara, por sus fondos elevados, a determinadas facies de las unidades magmáticas ligadas al rift cambro-ordovícico (extremo NO del granitoide de El Almendral, al granitoide de Los Remedios, al de Brovaes, y muy parcialmente y con valores menores, al de Valencia del Ventoso. Al cuerpo intrusivo al que mejor define es al de granito post-cinemático variscico de La Bazana. Sin embargo, y en contraposición, destacan los bajos valores en Be de los intrusivos básicos de Jerez y de Fregenal y, sobre todo del granito precámbrico de Tálaga.

Además de su relación con cuerpos ígneos, el Be se asocia en firma bastante ajustada con unidades litoestratigráficas como la Fm. Barrancos y la Fm. Xistos Raiados, en las que presenta valores medios a altos. Lo hace en forma más irregular, con valores medio a bajos, en las Fm Fatuquedo y en la Fm. Esquistos de Jerez. Hay que destacar una consistente agrupación de una docena de muestras con valores elevados en el contacto de la Fm. Xistos Raiados y de la Fm. Fatuquedo (valores entre 5 y 8 mg/kg) que bien pudiera señalar la presencia de un granito (variscico) subaflorante. En forma similar existe un área de valores medios coincidiendo con el campo filoniano de oliva, bajo el cual existen evidencias fundamentadas de la existencia de un granito en profundidad (metamorfismo de contacto, alteraciones hidrotermales). En la Fm. Esquistos de Jerez existe una respuesta positiva media a elevada desde su terminación al NO hasta el pez tectónico de C.V.S. de Alconchel. Otra pequeña anomalía coincide con un afloramiento de Fm. Fatuquedo, en el área de Zahinos.

También se discriminan, por sus fondos bajos, unidades como la Serie Negra, el Flysch de Terena, las unidades detríticas del Cámbrico Inferior, el C.V.S., la Fm. Bodonal y, sobre todo, los materiales terciarios y cuaternarios de la Cuenca del Guadiana.

El **bismuto (Bi)**, figuras 6-297 a y b, tiene una distribución con un control casi totalmente condicionado, por la presencia de mineralizaciones que contienen, en mayor o menor proporción, Bi y por las alteraciones hidrotermales asociadas. El 75% de sus valores es igual o inferior a su límite inferior de detección, por lo cual es difícil conocer su variabilidad en la banda de contenidos inferiores a este valor, que pudiera estar condicionada por factores de orden geológico y regional. Los valores más elevados (entre 0,8 y 45,6 mg/kg) se presentan en agrupaciones de muestras que son, en algún caso de cierta entidad, como es el caso del entorno del campo filoniano W-Bi de Oliva, debidas a dispersiones secundarias anómalas. Esta agrupación se extiende levemente hacia el NO, desbordando del propio campo filoniano. Otro grupo, asimismo muy consistente y significativo, es el que se localiza en el SE de la zona, afectando a materiales de la Fm. Carbonatada, de la Serie Negra y del granitoide Cámbrico de Los Remedios. Otras asociaciones de puntos anómalos con menor entidad aparecen áreas del cuerpo intrusivo de La Bazana (SO). Además de estos probables halos de dispersión secundaria se encuentran muestras dispersas, o grupos de pocas muestras y con valores elevados pero menores que los anteriores, en varias áreas del Sector Sur y central, sobre materiales de la Fm. Barrancos, de la Fm. Fatuquedo (al S de La Bazana) y en frecuente relación especial con los estrechos afloramientos de esquistos negros del Silúrico.

Pese a que la frecuencia de aparición de estas muestras, aisladas o en grupos de a lo sumo 3-5 muestras, dispersas en gran parte de la zona, parecen atribuir a determinadas unidades estratigráficas (Figura 6.297 b) unos fondos apreciables en Bi, el análisis detallado de esas pautas de distribución algo inconsistentes permite discernir que se trata de valores erráticos y no de respuestas propias de esas unidades litoestratigráficas (Fm. Barrancos, Fm. Xistos Raiados, Fm. Fatuquedo).

Las pautas de distribución espacial del Bi deben, por lo tanto, ser atribuidas a un factor metalogenético y a alteraciones hidrotermales asociadas, relacionado co mineralizaciones conocidas, por una parte y, también, a posibles mineralizaciones o intrusivos ácidos subaflorantes y sus respectivos halos de dispersión primarios. Estos efectos son particularmente visibles en la zona fronteriza al S del área (Fm. Barrancos y Silúrico, UTM 665000-4230000), en un área próxima a Alconchel (UTM 660000-4260000 a 4367000) y, en forma más puntual pero con 2-3 valores elevados, en un sector al N de la zona (UTM 680000-6275000) en el contacto S del intrusivo ácido de El Almendral con la Fm. Carbonatada.

El **bromo (Br)**, figuras 6.298 a y b, presenta una distribución irregular e inconsistente, con respecto a la estructura geológica, por la aparición de numerosas pequeñas áreas con fondos elevados sin relación clara con las unidades geológicas o con la presencia de mineralizaciones. Sin embargo, algunas unidades sí que muestran un ajuste claro con diversos tramos de valores o de fondos en este elemento químico. Así, determinadas unidades, como es el caso del intrusivo precámbrico del granito de Táliga presenta una pauta de contenidos medios a elevados (7 a 10 mg/kg), de la Fm. Barrancos y de la Fm. Xistos Raiados que, aunque en forma no muy consistente, muestran una distribución de contenidos con valores entre 4 y 10 mg/kg. Otras unidades presentan pautas más consistentes en el tramo de fondos medios a bajos, o bajos a muy bajos; véanse, entre los primeros, a los intrusivos ígneos de Barcarrota o La Bazana, o los materiales de la Fm. Esquistos de Jerez y la Fm. Fatuquedo (0,3 a 4,3 mg/kg) y, entre los segundos, a los materiales terciarios y cuaternarios de la Cuenca del Guadiana, aunque estos últimos suelen contener muestras aisladas con valores elevados. Es quizás interesante resaltar que, aunque también de forma bastante inhomogénea, los afloramientos de la Fm. Carbonatada suelen mostrar una respuesta constituida por valores medios con numerosas manchas locales de valores elevados (entre 14 y 43 mg/kg). Este elemento, que aparece generalmente asociado a materiales de sedimentación química podría estar asociado a determinados tramos o facies dentro de las unidades sedimentarias. El hecho de tratarse de un elemento bastante móvil en el medio supergénico puede también explicar su disposición irregular por removilizaciones y adsorciones de alcance local.

El calcio (Ca), figuras 6-299 a y b, tiene una distribución espacial con una clara influencia litológica y discrimina fundamentalmente a los materiales sedimentarios carbonatados y a las rocas ígneas intermedias o básicas por sus mayores contenidos en Ca que las demás. Sin embargo, la distribución de este elemento no es todo lo definitoria que podría esperarse.

Tienen fondos medios a elevados (2 a 18,54%) los afloramientos de rocas intrusivas cambro-ordovícicas de naturaleza básica o, incluso, intermedia a ácida (Barcarrota, Almendral, Jerez, Fregenal, Los

Remedios) mientras que las rocas graníticas variscas tienen fondos más bajos (La Bazana, 0,6 a 1,35%; Brovales, 2-3%; Valencia del Ventoso con términos más ricos en Ca). El intrusivo de Tálga muestra una distribución groseramente zonada, pasando de contenidos medios en sus facies externas (1,35-2%) a medio-altos (2-3%) en sus zonas nucleares, con algunos contenidos aún más altos en el mismo centro. Otras unidades que, aunque de forma irregular, muestran contenidos medios a elevados en Ca, son el Carbonífero Inferior y el Superior (volcanismo básico). Las unidades sedimentarias o volcano-sedimentarias tienen, en general distribuciones consistentes. Se presentan con fondos muy bajos las Fm Detríticas Inferior y Superior cámbricas, la Fm. Barrancos, el Silúrico y el Flysch de Terena (< 0,20%), lo hacen con valores bajos, aunque algo superiores la Fm. Xistos Raiados y la Fm. Fatuquedo (0,20-0,32). La F. Esquistos de Jerez, la Fm. Bodonal, la Serie Negra, tienen valores medios en Ca (0,30 a 1,35%). Las unidades restantes, con fondos más elevados, son el C.V.S. y, lógicamente la Fm. Carbonatada, aunque esta última con una distribución algo heterogénea de concentraciones, posiblemente en relación con la mayor o menor presencia de facies dolomíticas.

El **cadmio (Cd)**, figuras 6.300 a y b, muestra una distribución condicionada por sus bajos contenidos en los materiales litológicos, estando prácticamente el 80% de los contenidos por debajo del L.D.I. La distribución de los contenidos que superan a éste está totalmente controlada por la presencia de mineralizaciones o agrupaciones de éstas, salvo en el caso de una cierta asociación puntual de las estrechas bandas de materiales silúricos carbonosos que están jalonadas en zonas por muestras aisladas de Cd con contenidos superiores a 0,1 mg/kg. Además de este rasgo de su distribución, se encuentran algunas agrupaciones de puntos en los que los valores de Cd son elevados y anómalos con respecto a la totalidad de su distribución (comprendidos entre 0,2 y 8 mg/kg). Estos núcleos de altos contenidos se localizan en el cuerpo intrusivo básico de **Barcarrota**, en el **granitoide de El Almendral**, en un sector del **granito varisco de La Bazana**, en el contacto entre el C.V.S. y la Fm. Fatuquedo dentro del sector meridional de la zona y, cercano a este último, en un afloramiento de materiales de la Serie Detrítica Superior en contacto con los Esquistos de Jerez y el intrusivo de edad cámbrica de Fregenal. En algunas de estas anomalías, de pequeñas dimensiones, en general, se observa una relación espacial con indicios mineros de Fe. Sin embargo algunas de ellas no tienen relación alguna con mineralizaciones conocidas y pueden ser significativas.

Hay que destacar también la existencia de valores significativos, pero con extensión muy puntual, de Cd en materiales del Terciario en el N de la zona.

El **cerio (Ce)**, figuras 6-301 a y b, presenta una repartición geoquímicamente muy diferenciada, consistente y coherente con la estructura geológica. Diferencia a una serie de unidades por sus fondos elevados en ellas. Lo hace nítidamente con la Fm. Xistos Raiados y con una gran parte de la Fm. Barrancos. Es interesante reseñar que esta última unidad muestra una distribución de Ce algo heterogénea, con valores superiores en la zona situada más al NO de su afloramiento principal (Chel-San Benito de la Contienda). Dentro de la Fm. Xistos Raiados, existen, repartidos a lo largo de toda ella, pequeñas zonas con contenidos muy elevados (250 a 751 mg/kg) aunque la más importante de ellas se localiza cerca de estrechos afloramientos de Silurico muy replegados al SO (Valencia de Mombuey). En la Fm. Barrancos los entornos con contenidos más elevados trascienden de sus límites y se extienden parcialmente dentro de la Fm. Fatuquedo, en contacto con ella.

Los cuerpos intrusivos de rocas ígneas se discriminan asimismo por tener fondos con valores medios y elevados (115 a 250 mg/kg) como es el caso del intrusivo de Tálga y el de Almendral. En el de Tálga la distribución no es uniforme. Los restantes cuerpos intrusivos (La Bazana, Barcarrota, Valencia del Ventoso, Los Remedios) tienen fondos de nivel medio (65-115 mg/kg), mientras que los de composición más básica (Jerez, Fregenal) tienen contenidos bajos a muy bajos (7 a 56 mg/kg).

Los pequeños afloramientos de materiales del Carbonífero Superior (Estefaniense-Westfaliense) están netamente discriminados por tener fondos medio-altos con respecto a los materiales colindantes. Las unidades sedimentarias o volcano-sedimentarias con fondos medios son las de la Serie Negra, el C.V.S., la F. Bodonal, la Fm. Carbonatada, la Fm. Fatuquedo y el Flysch de Terena. Tienen contenidos medios muy bajo, que las discriminan de las demás unidades, la Serie Detrítica Superior del Cámbrico Inferior, la Fm. Esquistos de Jerez, y partes del relleno terciario y cuaternario de la Cuenca del Guadiana.

Un rasgo destacable de la distribución del Ce es el área con fondos elevados, muy claramente delimitada, en la Fm. Fatuquedo, coincidente con fondos altos, ya descritos, en B y Be. Podría formar parte de la respuesta de un granito sub-aflorante en esa zona.

El **europio (Eu)**, figuras 6-301 a y b, muestra una distribución muy parecida a la del Ce. Únicamente, cabe señalar algunas diferencias de matiz, como una respuesta mucho más neta y fuerte de algunos cuerpos intrusivos cambro-ordovícicos (Almendral, Barcarrota) en contraposición a la menos intensa que manifiestan los restantes, que muestran fondos muy bajos. El granitoide precámbrico de Táliga se manifiesta asimismo con una menor intensidad y presenta una clara zonación dibujada por contenidos muy bajos en su parte nor-occidental (1,25 a 1,66 mg/kg) y contenidos medios a bajos en su sector sur-oriental (1,66 a 3 mg/kg). Los granitoides variscicos se manifiestan asimismo con fondos más bajos en comparación con el Ce. Merece señalarse también la respuesta positiva y neta, ya observada para el Ce, de los pequeños afloramientos de Carbonífero Superior, quizás en relación con las rocas basálticas alcalinas que contiene esta unidad.

Otro rasgo que puede tener relevancia es el ligero aumento de los fondos geoquímicos locales, tanto en Eu como en Ce, que puede observarse en la zona del campo filoniano con W-Bi de Oliva, y que se prolonga hacia el ENO, cortando a los contactos geológicos.

El **lantano (La)**, figuras 6-303 a y b, tiene una distribución prácticamente idéntica a la del Ce. Destacan, además de la respuesta positiva y con fondos muy elevados de la Fm. Xistos Raiados, y la menos intensa y más irregular de la Fm. Barrancos, la manifestaciones muy similares a las del Ce en los intrusivos ígneos, que se limitan a la del Almendral, a la también poco uniforme del de Táliga y a la muy neta aunque con fondos medios a bajos de La Bazana y de Valencia del Ventoso. Hay que destacar, como en el caso del Ce, la importante y neta zona anómala en la Fm. Fatuquedo, entre Zahinos y Villanueva del Fresno.

El **lutecio (Lu)**, figuras 6.304 a y b, presenta una distribución que, aunque con rasgos comunes con las de los anteriores elementos del grupo de las tierras raras, tiene también claras diferencias con ellos. Como en los casos anteriores, el Lu muestra una distribución controlada mayoritariamente por factores litoestratigráficos y los ajustes a las diferentes unidades son, en general, claros y netos aunque las afinidades hacia ellas varían. La mayor correlación con los fondos elevados y la mayor coherencia con los recintos geológicos se produce con los cuerpos intrusivos de rocas ígneas ácidas ligadas a la extensión cambro-ordovícica o a la colisión fini-precámbrica. Se manifiestan netamente con fondos elevados en Lu el granitoide de Almendral, sobre todo en su mitad NO con respecto a la SE (valores de 0,96 a 3,37 mg/kg); en el granitoide de Los Remedios, al que delimita con precisión; el granitoide de Barcarrota está asimismo definido, aunque con fondos algo inferiores (0,7 a 1 mg/kg). Las rocas granitoideas precámbricas de Táliga ofrecen asimismo una respuesta positiva y contrastada con respecto a las rocas encajantes y muestra, como en casos anteriores, una zonación composicional, apareciendo los fondos más elevados en Lu en el núcleo de la intrusión (1,43 a 3,36 mg/kg en el núcleo, a 0,80 a 1,43 mg/kg en una corona periférica). Los cuerpos de granitos variscicos se identifican también por sus contenidos medios a elevados, como en los casos de Brovales, Valencia del Ventoso y La Bazana (este último con una respuesta algo menos intensa, con fondos medios). En contrapartida, los intrusivos básicos de Jerez y de Fregenal muestran, como para la tierras raras anteriores, fondos muy bajos (desorden de 0,5-0,6 mg/kg).

En lo que respecta a las unidades formadas por materiales sedimentarios o volcano-sedimentarios, muestran también grandes diferencias con respecto a las respuestas de Ce, La o Nd. Desaparece la gran afinidad con respecto a la Fm. Xistos Raiados, en la que el Lu tiene unas pautas poco uniformes y con fondos medios a bajos). La Fm. Barrancos, anteriormente peor definida, lo hace aquí de forma más consistente, con fondos medios (0,72 a 1 mg/kg), como también la Fm. Fatuquedo, aunque con mayor irregularidad. La Serie Negra, la Fm. Bodonal, y el C.V.S. tienen pautas de distribución algo inconsistentes aunque dentro de una banda de contenidos medios a medio-altos. Destacan, por el contrario, y por su escasa afinidad por este elemento y sus bajos a muy bajos contenidos, la Fm. Esquistos de Jerez, el Flysch de Terena, la Serie Detrítica Superior y, en forma muy errática, los materiales de relleno de la Cuenca del Guadiana. Sin embargo, rasgo ya observado anteriormente, la Fm. Esquistos de Jerez presenta en su tramo más NO (NO de Alconchel y del klippe de C.V.S., una elevación de los fondos geoquímicos en Lu que, en ese sector, la delimitan junto a la Fm. Fatuquedo, nítidamente.

El **neodimio (Nd)**, figuras 6.305 a y b, presenta unas pautas de distribución muy análogas a las mostradas por Ce y La, tanto en lo que se refiere a las respuestas de las principales unidades litoestratigráficas, como a la respuesta de los cuerpos intrusivos ígneos, que en este caso se reducen a los fondos medios a altos de El Almendral y la zona nuclear o central del de Táliga, y a los fondos bajos en los restantes, salvo en los de Jerez y Fregenal en los cuales son muy bajos.

El **samarium (Sm)**, figuras 6.306 a y b, se manifiesta asimismo con pautas de distribución muy similares a las del Lu en lo que atañe a los cuerpos intrusivos ígneos, cuyas pautas son muy similares en ambos casos, pero con total similitud a las pautas de distribución de Ce, Eu, La, Nd, en el caso de las unidades sedimentarias entre las cuales vuelve a destacar la afinidad por la Fm. Xistos Raiados, la Fm. Barrancos (y los materiales esquistosos del Silúrico en ellas contenidos) y los materiales del Carbonífero Superior.

El **terbio (Tb)**, figuras 6.307 a y b, tiene una distribución espacial que es en cierta forma intermedia entre la de Lu y las de Ce, Eu, La y Nd. Es totalmente similar a la de Lu en las respuestas positivas e intensas de los cuerpos intrusivos, pero muestra cierta similitud con la de Ce-La-Nd en las de las unidades sedimentarias, aunque en este caso la intensidad y los fondos están sensiblemente amortiguados. Se reconocen bien los afloramientos de la Fm. Xistos Raiados y de la Fm. Barrancos por la consistencia de la distribución interna del Tb, si bien los contenidos en ellas son de tono medio (0,75 a 1,80 mg/kg) y no las más altas de la zona de estudio como anteriormente. La Fm. Fatuquedo y la Fm. Esquistos de Jerez suministran una imagen algo inconsistente, con fondos medios a elevados en los sectores NNO de los afloramientos, y medios a bajos en los SSE.

El **iterbio (Yb)**, figuras 6.308 a y b, suministra una imagen de sus pautas de distribución espacial totalmente similares a las del Lu.

En conclusión, los elementos del grupo de las Tierras Raras, aún mostrando ciertas similitudes de conjunto en cuanto a sus pautas de distribución tienen, al considerarlas más en detalle, dos tipos de comportamientos ligeramente diferentes. Uno afecta a los elementos **Ce, Eu, La, Nd y Sm**, es decir a las tierras raras llamadas **ligeras**, y otro a **Lu e Yb (tierras raras pesadas)**, mostrando el **Tb** rasgos de transición entre unos y otros.

El primer grupo de elementos destaca, con contenidos más elevados y en forma neta, a la Fm. Xistos Raiados y, con fondos algo inferiores y de manera algo menos uniforme y menos consistente, a la Fm. Barrancos. Los recintos relativos a cuerpos intrusivos ígneos se delimitan de forma no siempre nítida y con valores medios a elevados, sobre todo en el caso El Almendral, Táliga y, en ocasiones de Barcarrota, Valencia del Ventoso y La Bazana. El Carbonífero Superior resalta, asimismo. Las demás unidades geológicas reflejan contenidos bajos a muy bajos.

El segundo grupo de elementos se manifiesta resaltando, sobre todos, a los recintos correspondientes a las rocas intrusivas, con un ajuste destacable con respecto a sus límites y de forma consistente: El Almendral, Táliga, Valencia del Ventoso, Los Remedios, Barcarrota, La Bazana, con contenidos altos a muy elevados y en contraposición a los de Jerez y Fregenal, con fondos muy bajos. La respuesta de las unidades sedimentarias es totalmente diferente en cuanto a que las Fm. Xistos Raiados y Barrancos, aún con pautas de distribución consistentes, manifiestan contenidos relativamente más moderados.

El Tb, presenta rasgos de transición entre ambos tipos. Las diferencias de pautas de distribución entre ambos grupos de elementos, los de tierras raras ligeras y pesadas, obedecen probablemente, como ya se ha señalado anteriormente, a causas primarias de carácter petrogenético en lo que respecta a las rocas ígneas y a razones de herencia geoquímica o a la posible existencia de intrusivos subaflorantes en el sector occidental del área, que podría tener relación con las heterogeneidades observadas en la respuesta de las unidades sedimentarias más destacadas.

El **cobalto (Co)**, figuras 6.309 a y b, muestra una distribución espacial en la que es a veces difícil distinguir los factores litológicos y metalogénicos que la controlan. Ambos se superponen y enmascaran en cierta medida, por lo que la imagen resultante es, en zonas, algo errática e inconsistente. Las áreas con valores más elevados (> 25 mg/kg) aparecen en áreas de pequeña extensión que, a menudo, son secantes con respecto a los contactos entre unidades. Las más importantes se localizan en el granito de Táliga, en

relación espacial con indicios de Cu, en el C.V.S., también asociados a un indicio de Ba-Cu y a otros de Fe, en el intrusivo básico de Fregenal, en proximidad a un indicio de W. Aún así, los contenidos más elevados muestran también, en general, una asociación más o menos clara con unidades geológicas, en particular con los intrusivos de naturaleza básica o intermedia (gabros, dioritas), como en Barcarrota, en la zona nuclear del intrusivo de Táliga, en el intrusivo de Fregenal, en el granitoide de Valencia del Ventoso. Tienen también fondos medios a altos (15 a 25 mg/kg, con algún valor superior), los materiales del C.V.S., la Serie Negra, la Fm. Bodonal, el Flysch Culm del Carbonífero Inferior. La Fm. Xistos Raiados manifiesta una clara asociación con valores medios de Co, aún cuando presenta una cierta heterogeneidad o inconsistencia interna (controlada por la presencia de indicios de Fe o por la intercalación de estrechos afloramientos de materiales carbonosos del Silúrico). La Fm Barrancos y el Flysch de Terena muestran asimismo fondos de nivel medio (15 a 20 mg/kg) y se delimitan netamente de otras formaciones.. Tienen contenidos medios la Fm. Carbonatada y bajos a muy bajos el granito de La Bazana, la mayor parte del granitoide de El Almendral, el granitoide de Los Remedios y, entre las unidades sedimentarias, la Fm. Fatuquedo, la Fm. Esquistos de Jerez, la Serie Detrítica Superior del Cámbrico Inferior.

La respuesta algo heterogénea del C.V.S. puede ser debida a la propia heterogeneidad litológica de la unidad, en la que se encuentran tipos litológicos volcánicos básicos y ácidos junto a materiales sedimentarios. Las áreas con respuestas positivas elevadas en Co pueden corresponder a afloramientos con términos litológicos de naturaleza efusiva y básica.

El **cromo (Cr)**, figuras 6.310 a y b, presenta en la zona unas pautas de distribución bastante análogas a las del Co, aunque con pequeñas diferencias como son la respuesta negativa del intrusivo de Barcarrota y el de Almendral, y los fondos más tenues en el C.V.S. y la Fm Bodonal, mientras que son ligeramente más intensos en el granito de Táliga y en los pequeños afloramientos de Carbonífero inferior y Superior, en la zona NO.

El **cesio (Cs)**, figuras 6.311 a y b, se manifiesta con unas pautas ciertamente más personales y diferentes a las de elementos anteriores. Es probablemente el resultado de la superposición de controles litológicos y de posibles influencias posteriores y sobreimpuestas (granitos variscicos subaflorantes en el área de Oliva y al N de ésta).

La unidad que se destaca por sus valores más elevados en Cs es la Fm. Barrancos, aunque lo hace en forma algo inhomogénea. Destaca la concentración de valores máximos en un afloramiento de la Fm. Fatuquedo y de la Fm. Xistos Raiados, en la prolongación hacia el SE del principal afloramiento de la Fm. Barrancos, delineando una zona coincidente con el campo filoniano de W-Bi de Oliva, en la cual se sospecha la presencia de un granito variscico subaflorante. La Fm. Xistos Raiados muestra fondos medios salvo en su sector SE, en el cual son más elevados, coincidiendo con la presencia de estructuras de niveles de materiales Silúricos. El granito de la Bazana tiene asimismo una respuesta positiva con valores medios, a diferencia del resto de los cuerpos intrusivos que presentan fondos bajos a muy bajos. En la zona de Oliva, Zahinos y Villanueva del Fresno se observa la presencia de sub-áreas extensas con valores ciertamente elevados y discriminantes de los materiales próximos. Es lógico pensar (caso del campo filoniano de Oliva y del área de Zahinos) que esta respuesta positiva puede corresponder a la del granito peraluminico subaflorante de Oliva, cuya existencia está probada y su prolongación hacia el N (Zahinos). Esta anomalía intensa se prolonga con valores medios siguiendo a parte del afloramiento de la Fm. Fatuquedo y de la Fm. Barrancos (granito intruido a favor de zona de debilidad tectónica, más profundo y con respuesta más débil?). En cambio, el área situada al O de Zahinos, en la que se observaban anteriormente (B, Tierras Raras, respuestas probablemente producidas por un granitoide subaflorante), muestra, en el caso del Cs, una forma de expresión diferente, con fondos anormalmente bajos. Ello induce a pensar en granitoides subaflorantes diferentes o con diferentes grados de evolución.

El Cs se definía, ya en el estudio anterior (CGEOM-Fase 1), como un trazador de los granitos peraluminicos post-cinemáticos variscicos.

El **cobre (Cu)**, figuras 6-311 a y b, manifiesta una repartición ligeramente incoherente por la superposición de control litológico regional y de controles locales ligados a la presencia de

mineralizaciones. En términos generales, los fondos elevados de Cu son más propios de la zona SAOM (Sur del Anticlinorio Olivenza Monesterio) que de la NAOM, siendo muy puntuales en esta última.

Los contenidos altos en Cu se manifiestan, desde el punto de vista formacional, en la Fm. Xistos Raiados, aunque en forma irregular, con los contenidos más elevados (> 50 mg/kg) en pequeñas manchas que están en relación con intercalaciones de esquistos negros del Silúrico, que posiblemente son los responsables de la respuesta, a escala regional, de los Xistos Raiados. Mucho más uniforme y consistente es la distribución del Cu en la Fm. Barrancos a la que delimita nítidamente con valores medios (23 a 38 mg/kg) y la de algunos sectores de la Fm. Esquistos de Jerez, en los cuales los valores significativos de Cu están relacionados con la presencia de indicios de Fe y Cu. Concretamente, es necesario destacar la amplia anomalía ligada a la mineralización de Fe de Alconchel y a su área de influenci.

Destaca una amplia zona en el entorno de Oliva, con contenidos medios de Cu y en materiales de los Esquistos de Jerez y de la Fm. Fatuquedo, claramente relacionada con el campo filoniano de W-Bi, y probablemente debidos a a alteración hidrotermal dominante en ese sector. Otras respuestas positivas en Cu, de escala local y de origen metalogénico se producen en el SE de la zona, en relación con indicios de Fe (Fregenal, Valencia del Ventoso, afloramientos de la Serie Negra).

Los cuerpos intrusivos ígneos se identifican con fondos muy bajos (Táliga, El Almendral, Los Remedios) o de nivel medio con distribución irregular (La Bazana, Barcarrota, Valencia del Ventoso, Brovales).

El **hierro (Fe)**, figuras 6.313 a y b, muestra unas pautas de distribución controladas, en parte, por factores regionales, algo enmascaradas por la influencia de las numerosas mineralizaciones de Fe u otros metales existentes en la zona, lo cual le confiere una apariencia general algo errática e inconsistente. Parece estar asociado el Fe, desde el punto de vista formacional, a la Fm. volcano-sedimentaria cámbrica (C.V.S.), con fondos superiores a 6% de Fe, así como a los intrusivos cambro-ordovícicos. En todos los casos citados se superponen a los fondos litológicos las anomalías ligadas a mineralizaciones de Fe. Destacan por su clara afinidad y sus fondos medios a elevados en Fe los cuerpos intrusivos de El Almendral, Táliga (distribución heterogénea relacionada con estructura del propio intrusivo), Fregenal, Valencia del Ventoso, Brovales, Burguillos, mientras que los de Los Remedios y de La Bazana tienen fondos muy inferiores (1,65% a 3%).

El contacto tectónico entre la Fm. Fatuquedo y la Fm. Esquistos de Jerez, que lamina a materiales del C.V.S. y contiene a peces tectónicos de él, está jalonado por una banda con contenidos de Fe medios a elevados que no se extiende al resto de esas unidades y que está íntimamente aligado a la presencia de C.V.S. Hay que destacar otro rasgo que se intuye en la distribución del Fe, cual es la existencia bandas secantes con respecto a la dirección regional y definidas por contenidos medios a altos (4 a 6 % de Fe) de las cuales la más significativa es la que va desde el granito de Táliga, pasando por el área mineralizada de Alconchel y del pez tectónico de C.V.S. hasta las mineralizaciones de Fe en klippen de Fm. Carbonatada en el contacto entre Fm. Xistos Raiados con un pez desgajado de ésta.

El **hafnio (Hf)**, figuras 6-314 a y b. Tiene una distribución bastante peculiar que en el caso de algunas unidades muestra una tendencia inversa a la reflejada por otros elementos. El Hf es un elemento que se identifica con los cuerpos intrusivos de rocas granitoideas precámbricas y cambro-ordovícicas y, en mucha menor medida con los variscos sin-cinemáticos e incluso post-cinemáticos, aunque se manifieste en ellas de forma irregular (Táliga, El Almendral, Barcarrota, Brovales, Valencia del Ventoso, Los Remedios, La Bazana). Los intrusivos básicos como el de Fregenal se manifiestan con valores muy inferiores. La Fm. Xistos Raiados, y en menor grado la Serie Negra, la Fm. Barrancos, la Fm. Fatuquedo y el Flysch de Terena, se definen nítidamente por sus fondos muy bajos o bajos. Con respuestas en valores medios se presenta la Fm. Esquistos de Jerez, la Serie Detrítica Superior del Cámbrico Superior que mostraba contenidos muy bajos en la mayoría de los elementos anteriores y, en parte en la Fm. Bodonal. Hay que destacar la mayor concentración en valores medios de Hf en los materiales modernos de la Cuenca del Guadiana.

Los supuestos granitos subaflorantes anteriormente mencionados en la zona de Oliva, Zahinos y Villanueva del Fresno se manifiestan con respuestas negativas que contrastan con otros fondos más altos en las mismas unidades sedimentarios en las que se sitúan.

El **mercurio (Hg)**, figuras 6-315 a y b, se presenta de forma muy errática, en puntos aislados o en grupos escasos de muestras con contenidos elevados, en entornos geológicos muy diversos y dispersos por toda la zona. Sin embargo muestra también un cierto control litológico, caracterizando a la Fm. Xistos Raiados, a la Fm. Carbonatada, a la Fm. Bodonal, y a los granitoides de El Almendral, Los Remedios, así como a la intrusión básica de Fregenal. A estas pautas se superponen las de mineralización, más erráticas, siendo difícil reconocer y discriminar la parte debida a cada una de estos controles.

El **potasio (K)**, figuras 6-316 a y b, muestra una repartición muy errática y, aunque presenta una relación bastante clara en su repartición con algunas unidades litológicas, a escala interna y dentro de ellas manifiesta una gran falta de uniformidad y una gran inconsistencia. Además algunas áreas con valores elevados de K cortan a los contactos geológicos e indican una muy probable relación con procesos de mineralización o de alteraciones hidrotermales asociadas.

Las unidades que contienen zonas con fondos elevados en K son la Fm. Xistos Raiados, la Fm. Barrancos, algunos afloramientos de la Fm. Bodonal. Algunos de los cuerpos de granitoides contienen asimismo áreas con valores significativos, como es el caso del granito de Táliga (con distribución muy irregular), el de El Almendral, el de Barcarrota en su facies periférica ácida y el de La Bazana, con fondo medio y uniforme. Otros cuerpos intrusivos se asocian a contenidos bajos (Los Remedios, Valencia del Ventoso, Brovales, así como lo hacen los de composición básica (Fregenal, Jerez).

Las unidades sedimentarias que se identifican con fondos medios a bajos son la Serie Negra, la Fm. Carbonatada, el C.V.S., la Serie Detrítica Superior, el Flysch de Terena y los materiales modernos de la Cuenca del Guadiana.

Dentro de unidades con respuesta positiva, como la Fm. Xistos Raiados y la Fm. Barrancos, los valores más elevados están relacionados espacialmente con mineralizaciones de Cu (klippes de Fm. Carbonatada junto a los Xistos Raiados, zona de Villanueva del Fresno) o de Fe. Hay que destacar los fondos medios en K que afectan a gran parte de la Fm. Fatuquedo en un área amplia que circunda al campo filoniano con W-Bi de Oliva de la Frontera, y que probablemente sea debido a la amplia alteración hidrotermal (sericitización y muscovitización) asociada a los propios filones y al granito variscico subaflorante genéticamente asociado a ellos.

El **litio (Li)**, figuras 6-317 a y b, se manifiesta fundamentalmente siguiendo controles litológicos, mostrando una distribución muy coherente y consistente. Los altos contenidos (45 a 165 mg/kg) identifican a unidades como el Silúrico (esquistos negros ricos en materia carbonosa), al que manchas con valores muy altos jalonan en sus estrechos afloramientos de la zona occidental, como la Fm. Barrancos y, en menor grado y de forma más irregular, como la Fm. Xistos Raiados y la Fm. Fatuquedo. La Fm. Carbonatada y, en forma irregular, la Serie Negra, muestran asimismo fondos medios. Los intrusivos ácidos manifiestan una débil asociación con este elemento, teniendo fondos bajos e irregularmente repartidos (10 a 16 mg/kg), como es el caso del de Táliga, Almendral, Brovales, mientras que los restantes, ácidos como el de Los Remedios y el de Valencia del Ventoso, tienen fondos muy bajos. Igualmente los tienen muy bajos los intrusivos básicos. Una excepción es la del granito post-cinemático variscico de La Bazana, con fondo uniforme de grado medio (16 a 27 mg/kg). Hay que destacar los fondos medios a altos en Li de la zona del campo filoniano de Oliva de La Frontera y, sobre todo, del supuesto granito subaflorante entre Zahinos y Villanueva del Fresno.

Los niveles más bajos de concentraciones de Li se observan en la Serie Detrítica Superior del Cámbrico Inferior (zona SE) y en los materiales terciarios y cuaternarios de la Cuenca del Guadiana.

El **magnesio (Mg)**, figuras 6.318 a y b, es uno de los elementos que manifiestan unas pautas de distribución más coherentes y consistentes. Por una parte, discriminan netamente entre ellos a los diferentes cuerpos intrusivos ígneos, entre los cuales unos ofrecen respuestas positivas intensas y uniformes, como el de Táliga (quizás el menos uniforme), Barcarrota, Brovales, Valencia del Ventoso, y Fregenal, con fondos entre 0,94 y 3,32% de Mg y otros las tienen bajas o muy bajas, como el de Almendral, Los Remedios y La Bazana (0,05 a 0,39%). Las unidades sedimentarias o volcano-sedimentarias mejor identificadas por sus contenidos elevados en Mg son la Serie Negra, el C.V.S., el Carbonífero Inferior y, con concentraciones medias o moderadas, la Fm. Carbonatada, la Fm. Bodonal, la Fm. Esquistos de Jerez, la Fm. Barrancos, el Flysch de Terena. La Fm. Xistos Raiados, La Serie Detrítica

Superior y, aunque en forma menos homogénea, la Fm. Fatuquedo los tienen bajos a muy bajos. Hay que destacar que el granito subyacente de Oliva, bajo el campo filoniano de W-Bi, Cuya respuesta afecta a los Esquistos de Jerez y a la Fm. Fatuquedo parece manifestarse en forma de una depresión de los contenidos de Mg (algo similar ocurre en el área de Zahinos).

El **manganeso (Mn)**, figuras 6.320 a y b, muestra pautas de distribución irregulares, erráticas y poco consistentes, fuertemente condicionadas por la existencia de las numerosas mineralizaciones de Fe, Mn o Mn-Fe localizadas en el seno de diversas unidades litoestratigráficas, y cuyas dispersiones se superponen a las respuestas propias de los distintos contextos geológicos. La Fm. Xistos Raiados presenta en el interior de sus afloramientos una distribución marcada por áreas con contenidos elevados pasando a otras con contenidos más bajos, ofreciendo una imagen algo inconsistente. La Fm. Barrancos se define más coherentemente con fondos medios (800-1000 mg/kg). Las Fm. Fatuquedo y Esquistos de Jerez, dentro de una estructura interna algo errática, tienen fondos medios a elevados.

Es llamativo el contraste entre dos afloramientos diferentes de la Fm. Fatuquedo, uno con fondos bajos (60-560 mg/kg, en el área entre Villanueva del Fresno y Zahinos) y otro con fondos medios a elevados (900-1.200 mg/kg, entre Oliva y Zahinos). En este último área, existen varios indicios de Mn en cuya proximidad se alcanzan valores superiores a 2.000 mg/kg en los sedimentos. Los cuerpos intrusivos ígneos de Táliga (muy irregularmente), Almendral, Fregenal y Barcarrota tienen pautas coherentes dentro de valores medios a elevados, mientras que los de La Bazana, Brovales, Los Remedios, Valencia del Ventoso se discriminan claramente por sus bajos contenidos. Otras unidades, con menor representación superficial pero con respuestas muy positivas (altas a medias) y netas son el C.V.S., la **Fm. Bodonal** y la **Fm. Carbonatada**, mostrando la afinidad geoquímica existente entre unidades volcano-sedimentarias y el Mn).

El **molibdeno (Mo)**, figuras 6.321 a y b, muestra una distribución muy limitada y errática, por el hecho de que casi el 98% de las concentraciones medidas están por debajo del límite de detección y no es posible conocer la estructura de sus pautas en esos niveles de concentración y, también, porque para los valores superiores a ese límite, la repartición está controlada por factores locales cual son los de mineralización. Los altos valores de Mo en los sedimentos aparecen en conglomerados de algunas escasas muestras ubicados en diferentes contextos geológicos. Se encuentran fundamentalmente en la Fm. Xistos Raiados y en las intercalaciones de estrechas bandas de Silúrico que limitan a su afloramiento o están contenidas en él. Es posible que la mayor parte de esos valores de Mo procedan de esquistos negros silúricos, normalmente ricos en elementos como el Mo, y con los cuales forma una asociación geoquímica clásica. Otros contextos con valores elevados son la Fm. Barrancos y el granitoide de El Almendral.

Es importante destacar las áreas con relieve geoquímico positivo en Mo y circunscritas a las áreas de Oliva, de Zahinos y del O de Zahinos, coincidiendo con los supuestos granitos subaflorantes de la zona.

El **sodio (Na)**, figuras 6-322 a y b, presenta unas pautas de distribución originales, y muy consistentes y contrastadas. Delinea perfectamente con fondos elevados (> 2,45% Na) a los cuerpos ígneos intrusivos, tanto precámbricos (Táliga) como cambro-ordovícicos (Almendral, Barcarrota, Fregenal, Los Remedios) y, sobre todo, variscos (Valencia del Ventoso, Brovales, La Bazana). El granito de los Remedios está formado en parte por albititas, de las cuales se sospecha un origen a partir de magmas albiticos o de procesos de albitización hidrotermal intensa. Rocas ricas en albita se encuentran en varios de estos cuerpos intrusivos, asociados, en general, a mineralizaciones próximas de Fe. También son frecuentes las sienitas en algunos de los cuerpos cámbricos (Barcarrota y Almendral). De este último es apropiado destacar el fuerte contraste que dispensa el Na entre algunos de los cuerpos que lo constituyen.

Además de este control de las concentraciones de Na por procesos ígneos, son también importantes los de tipo litoestratigráfico. Se destacan, por su ajuste neto y la uniformidad de los fondos en Na, la Fm. Esquistos de Jerez (1,36 a 1,85% en Na), la Serie Negra, la Fm. Carbonatada, la Serie detrítica Superior, el C.V.S. y la Fm. Bodonal, todas ellas con fondos uniformes y medios a elevados, que contrastan con los bajos o muy bajos de la Fm. Xistos Raiados y de la Fm. Barrancos.

Es importante reseñar un área homogénea, de cierta extensión superficial, y no limitada por contactos geológicos, con valores de 2,80 a 5,10% de Na, y que aparece en la Fm. Fatuquedo que, en otras áreas,

tiene fondos muy bajos. Este **área anómala en Na** se localiza cerca y al O de Zahinos, dónde se supone la presencia de un granito subaflorante. En contraposición a esta respuesta, los otros supuestos intrusivos subaflorantes (Oliva y Zahinos) no proporcionan respuesta alguna en lo que Na se refiere. El enriquecimiento en Na descrito puede suponerse asociado a procesos hidrotermales y post-magmáticos de **albitización** asociados al granito subaflorante.

El **níquel (Ni)**, figuras 6.322 a y b, tiene una distribución muy similar a del Co (Figuras 6.309 a y b), aunque la distribución del Ni es algo más consistente, ajustándose mejor a los contactos geológicos (probablemente por una menor incidencia de procesos supergénicos de coprecipitación). En el caso del Ni se aprecia mejor la concentración de valores altos en el sector S del afloramiento de la Fm. Xistos Raiados y Fm. Barrancos, con numerosas estrechos afloramientos replegados de materiales carbonosos del Silúrico, que pueden ser en gran parte el origen de esa respuesta positiva. El afloramiento contiguo (hacia el NE) de la Fm. Barrancos tiene contenidos en Ni que, aún siendo elevados, no llegan a serlo tanto como los del SO (zona de Valencia de Mombuey). La presencia en los afloramientos de Silúrico de varios indicios de Fe puede contribuir a esos altos valores.

Por lo demás, el Ni identifica netamente, como lo hace el Co, las litologías ígneas y las mismas unidades litoestratigráficas (C.V.S., Carbonífero Superior, etc..).

El Ni presenta también unas respuestas positivas de ámbito local, coincidentes con las áreas en las que estarían localizados los supuestos cuerpos intrusivos graníticos subaflorantes de Oliva, de Zahinos y el situados entre Zahinos y Villanueva del Fresno.

El **plomo (Pb)**, figuras 6-323 a y b, tiene una distribución espacial que muestra localmente algunas pautas de distribución erráticas. Su distribución está condicionada, en gran parte, por factores netamente litológicos, pero a estas pautas coherentes se superponen otras locales que son producidas probablemente por dispersiones ligadas a mineralizaciones. Los cuerpos de rocas ígneas intrusivas no manifiestan pautas claras que los caractericen o identifiquen. En general, muestran en su interior, pautas poco definidas y con contenidos bajos de Pb, salvo el de Fregenal y el de la Bazana, en los cuales, a pesar de los contenidos muy elevados las distribuciones de Pb son algo erráticas y trascienden de los límites de los intrusivos, por lo que posiblemente sean anomalías relacionadas con mineralizaciones. Las unidades que se identifican y delimitan mejor por contenidos en plomo son aquellas que lo hacen en sentido negativo, es decir, por sus muy bajos valores. Entre ellas están la Fm. Xistos Raiados, la Serie Negra, la Serie Detrítica Superior, el Carbonífero Inferior y el Superior y los granitoides de Barcarrota, Valencia del Ventoso y el de Los Remedios. La Fm. Fatuquedo y la Fm. Esquistos de Jerez presentan pautas posiblemente enmascaradas por anomalías locales.

Las respuestas positivas locales más significativas, relacionadas probablemente con mineralizaciones, están localizadas en el entorno de las mineralizaciones de Alconchel, de La Bazana, de Valencia del Ventoso, de Brovales, del intrusivo de Fregenal y su encajante, la Fm. Esquistos de Jerez, y en la Fm. Carbonatada (indicio de Fe en el sector N de la zona).

El **fósforo (P)**, figuras 6.324 a y b, se manifiesta, sobre todo, en relación con los granitoides y rocas intrusivas básicas, en las que muestra distribuciones con valores elevados a medios (0,045% a 0,3%) y algo erráticos (Barcarrota, Valencia del Ventoso, Brovales y La Bazana. El de Táliga, con una distribución de contenidos muy heterogénea, tiene contenidos bajos a medios (0,032 a 0,046%). aunque en forma a veces algo incongruente. Se discriminan mejor, como suele ocurrir cuando hay posibles efectos de mineralización, las unidades con fondos medios o bajos a muy bajos, como son la Serie Negra (medios), el Flysch de Terena, la Fm. Esquistos de Jerez y el Carbonífero (bajos). Los materiales terciarios y cuaternarios del sector N de la zona muestran asimismo respuestas muy débiles en este elemento.

Se aprecia alguna pecunia respuesta positiva en el campo filoniano de Oliva y en la zona de Zahinos, que pueden proceder del metasomatismo inducido por los granitos subaflorantes o, a escala más restringida, de las propias mineralizaciones.

El **rubidio (Rb)**, figuras 6-325 a y b, elemento que normalmente aparece en las rocas en estado disperso, reemplazando al K en feldespatos y micas, tiene una distribución bastante similar a la de éste (Figuras 6.316 a y b). Sin embargo, a diferencia de aquél, parece manifestarse únicamente con una cierta variabilidad en el dominio de la SAOM, siendo su distribución prácticamente plana y con fondos bajos en la parte correspondiente a la NAOM. No presenta los fondos muy locales elevados que el K presenta en los granitos de Táliga y de Almendral. Sí que muestra, en cambio, una respuesta idéntica en el caso de los granitos de La Bazana, Brovales y Valencia del Ventoso. Como el K, discrimina por sus fondos débiles a la Fm. Esquistos de Jerez y a la Serie Detrítica Superior. Un rasgo importante es que señala, con mayor precisión e intensidad, si cabe, los fondos locales elevados en el área de Oliva de la Frontera, coincidiendo con el campo filoniano y la zona de alteración hidrotermal, y con la proyección vertical del granito variscico subaflorante situado hacia el ONO. El Rb, como el K, muestra anomalías locales relacionadas con la presencia de indicios de mineralizaciones de Cu y de Fe en la Fm. Barrancos y en la Fm. Xistos Raiados.

El **antimonio (Sb)**, figuras 6-326 a y b, muestra una distribución bastante coherente y definida, aún cuando son evidentes factores de control local superpuestos a los geológicos o regionales. Desde un punto de vista litoestratigráfico, permite identificar y discriminar a un grupo de unidades geológicas, en particular a los cuerpos intrusivos de rocas ígneas que, aún teniendo respuestas bien diferentes, son claramente diferenciables. Sus respuestas parecen no tener relación con su composición e, incluso, con el ciclo magmático al que se asocian. El granitoide de Táliga se manifiesta en su casi totalidad con contenidos muy bajos, aunque se observa un muy ligero aumento de éstos hacia los bordes del cuerpo (0,50 a 0,65 mg/kg en el centro y 0,65-1,15 mg/kg). Los intrusivos ácidos ligados a la extensión cambro-ordovícica se manifiestan con contenidos elevados en el caso de El Almendral (2 a 3,6 mg/kg), bajos en el de Barcarrota (0,65-1,15 mg/kg, independientemente de la composición gabroidea o granitoidea de su núcleo o corona) y en el de Los Remedios, y media a alta (2-2,60 mg/kg) en la de Fregenal. Los granitoides variscicos, sin o post-cinemáticos, Brovales, Valencia del Ventoso, La Bazana, tienen fondos muy débiles en Sb (0,65-1,15 mg/kg).

Se discriminan por sus fondos, bajos o muy bajos, las siguientes unidades litoestratigráficas: Fm. Esquistos de Jerez (salvo anomalías locales), la Fm. Fatuquedo, exceptuando un fondo local más alto relacionado con el campo filoniano de Oliva y la Serie Negra. Tienen fondo medios, el Carbonífero, la Fm. Bodonal, la Fm. Carbonatada y la Serie Detrítica Superior.

Algunas otras zonas mineralizadas muestran respuestas amplias e intensas (área de Alconchel, indicio de Fe en Fm. Carbonatada en el Sector N, anomalías ligadas a pequeños stocks intrusivos ácidos o básicos, tanto junto al intrusivo de Fregenal como en los stocks satélites de Almendral).

El **escandio (Sc)**, figuras 6.327 a y b, se manifiesta con pautas de distribución muy similares a las de Co y Ni. Como ellos diferencia bien al granito de Táliga y al de Barcarrota (fondos medios a elevados) del de Almendral (fondo bajo). Las diferencias relativas entre los contenidos medios en los intrusivos ígneos se mantienen en el caso del Sc. Separa nítidamente a la Fm. Xistos Raiados, con fondos medios a altos, del Flysch de Terena y de la Fm. Barrancos, con fondos medios a bajos. Dentro del Fm. Xistos Raiados, los valores de fondo superiores se encuentran en la zona SE (Valencia del Mombuey) por lo que habría que considerar, probablemente, a los materiales silúricos de la elevación de los fondos locales. El Sc reproduce incluso algunas pequeñas pautas de anomalía con extensión local, a pesar de ser un elemento con menor expresión en las mineralizaciones, sobre algunas zonas con mineralizaciones de Fe y Mn (Zahinos y, en forma más general, en el distrito de las grandes mineralizaciones de Fe del SE (Jerez de Los Caballeros-Fregenal-Valverde de Burguillos).

El **azufre (S)**, figuras 6.328 a y b, se manifiesta con pautas totalmente erráticas e inconsistentes con la estructura geológica. Al estar la mayor parte de los contenidos en S de las muestras por debajo del L.I.D. no es posible conocer las variaciones y los fondos o anomalías por debajo de ese valor. Se reconocen únicamente algunas anomalías puntuales que lo superan. Una de las anomalías más importantes se encuentra en el granito de La Bazana, y otras se localizan en la zona de Oliva entre el campo filoniano de W-Bi y la mineralización de U de La Cabra Baja, en el área de Alconchel, en la Fm. Bodonal y en la Serie Negra (S de Bodonal).

El **selenio (Se)**, figuras 6.329 a y b, muestra respuestas litológicas algo irregulares, con valores moderadamente altos a elevados, en los cuerpos intrusivos de Almendral, Tálga y Barcarrota, aunque éstos dispensan una imagen heterogénea de distribución. Lo errático de la distribución procede sin duda de la superposición de respuestas locales debidas a la presencia de mineralizaciones de sulfuros. Ello es particularmente visible en el caso de los afloramientos de materiales silúricos, con frecuentes diseminaciones de pirita, que dan lugar a frecuentes pequeñas anomalías en la traza de sus afloramientos.

El **estaño (Sn)**, figuras 6-330 a y b, muestra una distribución cuya valoración es problemática por el hecho estar el 65,5% de los valores por debajo del L.D.I. Pese a ello, el mapa de contornos realizado permite obtener algunas conclusiones con respecto a sus pautas de distribución, que lógicamente son algo inconsistentes. La Fm. Xistos Raiados se discrimina bastante netamente por sus contenidos superiores a los de la demás unidades. Muestra, sin embargo una gran heterogeneidad interna. La Fm. Barrancos, el Flysch de Terena, la Fm. Fatuquedo, la Fm. Bodonal y el C.V.S., con fondos algo inferiores (medios, entre 5 y 8 mg/kg) y más consistentes, también manifiestan pautas coherentes y uniformes que las diferencian de la F. Esquistos de Jerez, la Serie Detrítica Superior y la Serie Negra, con fondos bajos.

Los cuerpos de intrusivos ígneos de la NAOM presentan pautas bien diferenciadas. El granitoide de Tálga presenta una respuesta zonada, con valores altos (11-18 mg/kg) en la zona central y valores medios (6-8 mg/kg). El de Almendral muestra pautas de distribución uniformes con contenidos medios a altos. El de Barcarrota tiene asimismo una distribución uniforme en contenidos medios (6-8 mg/kg). Los cuerpos intrusivos de la parte S (SAOM), La Bazana, Brovales, Valencia del Ventoso, Los Remedios y, sobre todo Fregenal, se manifiestan también uniformemente, pero con fondos medios a bajos (5-8 mg/kg). El área del campo filoniano de Oliva se manifiesta con fondos medios (6-8 mg/kg).

Se observa una zona alargada y no coincidente con los límites geológicos, siguiendo la traza del contacto entre Fm. Esquistos de Jerez y Fm. Fatuquedo, desde el pez tectónico de C.V.S. al O de Alconchel hacia el NO y hasta casi los recubrimientos modernos de la Cuenca del Guadiana.

El **estroncio (Sr)**, figuras 6.331 a y b, es un elemento que tiene una gran afinidad geoquímica con el Ca con el cual se sustituye fácilmente en los minerales de calcio, tanto en las rocas carbonatadas sedimentarias como en las rocas ígneas, en la cuales sus concentraciones mayores se dan en las rocas básicas. Sus pautas de distribución en la zona de estudio son coherentes con esta característica, por lo que su repartición espacial presenta grandes similitudes con la manifestada por el Ca (figuras 6.299 a y b). La distribución del Sr es muy consistente y está controlada por factores esencialmente litológicos. El Sr se asocia en forma muy coherente con las unidades litológicas más ricas en Ca. En lo que respecta a los cuerpos intrusivos de rocas ígneas, delimita netamente a los granitoides, entre ellos al de Tálga con fondos uniformes de tono medio (140-173 mg/kg), al de Almendral, con fondos más elevados y menos uniformes (173 a más de 1000 mg/kg), al de Barcarrota, con fondos asimismo elevados y en el que marca la composición gabroidea del núcleo. Los granitoides de Brovales y de Valencia del ventoso están claramente caracterizados por el Sr que muestra en ellos unos fondos asimismo medios a elevados 173-360 mg/kg). En contrapartida los granitos de Los Remedios (granito albitico) y el de La Bazana, bien delimitados geoquímicamente, tienen fondos medios a bajos (58-74 mg/kg y 93-173 mg/kg, respectivamente), mientras que el intrusivo de Fregenal, de composición básica muestra contenidos altos (173 a 360 mg/kg).

Las unidades sedimentarias y volcano-sedimentarias se discriminan netamente por la distribución espacial del Sr. Dan lugar a una respuesta consistente y se discriminan netamente el C.V.S., con valores medios a elevados, la Fm. Carbonatada, con fondos similares, y el Carbonífero Superior (que incluye términos volcánicos básicos), también con fondos similares a las unidades anteriores. Tienen distribuciones más irregulares y con fondos más bajos, la Serie Negra, la Fm. Bodonal, y la Fm. Esquistos de Jerez, mientras que la Fm. Xistos Raiados, el Flysch de Terena, la Fm. Barrancos y la Fm. Fatuquedo se presentan con fondos más irregulares dentro de una banda de valores baja a muy baja.

El **tántalo (Ta)**, figuras 6.332 a y b, muestra una distribución condicionada por el hecho de que al menos el 55% de los contenidos son inferiores al límite inferior de detección, por lo que es difícil conocer realmente la repartición en función de la litología, salvo en el caso de que la afinidad se marque en contenidos medios a muy elevados. Teniendo en cuenta esta limitación, es sin embargo destacable la

coherencia de gran parte de las distribuciones espaciales del Ta, sobre todo en lo que se refiere al tramo alto de valores. El Ta es un elemento granitofilo y esta afinidad se refleja en la asociación que se manifiesta en las pautas de distribución con las rocas magmáticas, intrusivas o no. El Ta delimita claramente al granitoide del Almendral, que muestra fondos elevados (4 a 13,80 mg/kg) aunque de manera no uniforme, al granitoide de Táliga, aunque con contenidos sensiblemente más bajos y de forma heterogénea, al granitoide de Barcarrota, con fondos elevados. Los granitoides de la zona SO (SAOM) también se delimitan por sus fondos en Ta, aunque éstos son de orden medio a bajo (La Bazana) o muy bajo (Fregenal). El C.V.S, la Serie Negra, la Fm. Barrancos, los Esquistos de Jerez y la Fm. Fatuquedo y los materiales de la Cuenca del Guadiana, aunque con cierta falta de uniformidad, muestran contenidos medios a bajos en la casi totalidad de sus recintos. Se discriminan igualmente la Serie Detrítica Superior, la Fm. Xistos Raiados y el Carbonífero por sus muy bajos fondos.

Es necesario destacar la presencia de unas áreas, ya anteriormente mencionadas, no definidas por contactos geológicos con contenidos medios a altos, una en el contacto tectónico entre la Fm. Fatuquedo y los Esquistos de Jerez (pez de C.V.S, pinzada entre ellos) y otras en el área donde encaja el campo filoniano de Oliva y en la de Zahinos. En ambos casos puede tratarse de un fondo asociado a alteraciones hidrotermales o al metasomatismo y a la alteración hidrotermal inducida por un granito en profundidad (Zahinos).

El **teluro (Te)**, figuras 6.333 a y b, tiene, como otros elementos (Hg, Se,..) una distribución sumamente errática en términos generales, gobernada por procesos de ámbito muy local, debido al elevado número de muestras con valores inferiores al L.D.I. (50%). Este elemento químico, que tiene frecuentemente asociación geoquímica con el Ca, aparece en áreas dispersas varias de las cuales están relacionadas con rocas ígneas o materiales carbonatados. Sin embargo, en otros casos se manifiesta positivamente en otros contextos cuyo contenido en carbonatos puede ser local o accidental. Por otra parte las numerosas ocurrencias de pequeñas áreas de alta concentración de Te, vistas con otra perspectiva, se agrupan en un recinto cuya envolvente es cortante con respecto a la dirección regional. Este recinto tiene una elongación N70°-80°E, y otro subordinado N160°E, cuyo control podría ser tectónico por coincidir con una familia de discontinuidades tectónicas en esa dirección. Se puede pensar en un hipotético enriquecimiento en Te posterior y relacionado con sistemas hidrotermales profundos.

El **torio (Th)**, figuras 6.333 a y b, se manifiesta con pautas de distribución consistentes y contrastadas, expresando un control de repartición claramente litoestratigráfico. Las unidades que presentan unos fondos en Th más elevados son la Fm. Xistos Raiados y la Fm. Barrancos, y muestran pequeñas áreas locales con contenidos muy elevados (¿Silúrico?) con respecto a su media que es sencillamente alta (máximos de 22 a 98 mg/kg sobre un fondo medio de 20 mg/kg). Las unidades intrusivas ígneas se manifiestan con diferentes contenidos pero siempre contrastadas con las unidades encajantes. El granito de Táliga muestra una estructura de distribución zonada con contenidos muy elevados en el núcleo de la intrusión, que contrastan con valores medios a bajos en la periferia. El de Almendral se expresa con fondos medios (11 a 15 mg/kg) y de forma bastante uniforme. El de Barcarrota tiene fondos bajos en el núcleo de naturaleza gabroidea (2-7 mg/kg) y medios (7-11 mg/kg) en la corona más ácida. El de Los Remedios tiene una respuesta en la banda de valores medios, dispensando una imagen similar a la de La Bazana.

Los granitoides variscos se delimitan claramente con fondos medios a bajos, como el de La Bazana (11-22 mg/kg). El de Valencia del Ventoso y el de Brovales tienen áreas en su zona central con valores muy elevados (superiores a 22 mg/kg). El intrusivo básico de Fregenal se delimita por sus muy bajos valores en Th (2-7 mg/kg).

Se caracterizan también por fondos medios la Fm. Fatuquedo y el Flysch de Terena, la Fm. Carbonatada, y, por sus fondos muy bajos, la Fm. Esquistos de Jerez, la Serie Detrítica Superior, el C.V.S., la Serie Negra, y la Fm. Bodonal y los materiales del Carbonífero.

Es pertinente hacer observar la respuesta en valores altos de TH que puede verse sobre el presunto granito subaflorante situado entre Zahinos y Villanueva del Freno (Fm. Fatuquedo).

El **titanio (Ti)**, figuras 6.335 a y b, tiene una distribución totalmente inconsistente, que se traduce en una repartición errática de pequeñas áreas con valores elevados en Ti, alternando sin ninguna regularidad de tipo geológico, con áreas de pequeña superficie con valores intermedios o bajos. No puede establecerse ninguna regularidad o control geológico. Dicha distribución puede ser debida, entre otras causas, a la deficiente calidad analítica de su distribución. Únicamente parecen observarse algunas y escasas relaciones con estructuras geológicas, como una asociación de los contenidos altos con la presencia de materiales del Silúrico (área de Valencia del Mombuey), o unas anomalías amplias sobre el granito subaflorante de Oliva y sobre el situado al O de Zahinos.

El **uranio (U)**, figuras 6.336 a y b, tiene una distribución muy coherente con la estructura geológica, resultando bastante análoga a la del Th. Presenta fondos muy elevados (> 5 mg/kg) en los granitoides de Táliga, Almendral, en la corona ácida del Barcarrota, en el de Los Remedios y en los variscos de Brovales, Valencia del Ventoso. El intrusivo post-cinemático de La Bazana, netamente discriminado, muestra fondos algo inferiores (3 a 5 mg/kg) y los intrusivos básicos (Barcarrota y Fregenal) tienen respuestas muy débiles (0,20 a 2,7 mg/kg). Las unidades de la Fm. Xistos Raiados y la Fm. Barrancos tienen respuestas coherentes y en tonos medios a altos (3 a 5 mg/kg), en oposición a los fondos menores en la Fm. Fatuquedo y la Fm. Esquistos de Jerez. En conjunto, puede considerarse que el U tiene unas pautas de distribución similares a las del Th, aunque muestra una diferencia, a escala local, importante, cual es la presencia de una anomalía afectando a un área de cierta entidad, con altas concentraciones de U en el entorno (al O) de la mineralización de U de La Cabra Baja (valores netamente superiores a 5 mg/kg). Este área, situada en la Fm. Fatuquedo, corresponde a la ya varias veces mencionada por la probable existencia de un intrusivo granítico subaflorante, al O de Zahinos.

El **vanadio (V)**, figuras 6.337 a y b, tiene una distribución que tiene ciertas analogías con la del Sc, la del Ni o la del Co. Aún teniendo pautas de repartición similares a las de estos elementos se diferencia quizás por tener unos contenidos relativos algo inferiores en los cuerpos intrusivos ígneos (aún cuando éstos son claramente identificables en el caso del V. Es interesante señalar una tenue anomalía local en V en la zona al O de la Cabra Baja y en el campo filoniano de Oliva (granitos subaflorantes de Oliva, Zahinos y O de Zahinos).

Las áreas irregulares con valores elevados situadas al SE de la zona (en áreas próximas a Fregenal, Brovales, Los Remdios), que afectan a materiales intrusivos pero, sobre todo a C.V.S., a la Fm. Bodonal, Serie Negra y Fm. Carbonatada corresponden muy probablemente a anomalías o dispersiones relacionadas con las numerosas mineralizaciones de magnetita presentes en esa área.

El **wolframio (W)**, figura 6-248 a y b, con la casi totalidad de sus efectivos (82%) por debajo del L.I.D., sólo se manifiesta en valores elevados dispersos y escasos, que no muestran, salvo en zonas muy concretas, relación con la estructura geológica. Las áreas con valores netamente superiores a 1 mg/kg forman amplias agrupaciones correspondientes a dispersiones anómalas o a zonas, igualmente amplias, de alteración hidrotermal, asociadas a probables cuerpos intrusivos variscos. Las áreas anómalas más significativas se localizan en el campo filoniano de W-Bi de Oliva de La Frontera al cual trasciende (posible alteración hidrotermal o respuesta del halo primario hidrotermal del granito subaflorante de Zahinos y del situado al O de Zahinos, dentro de materiales de la Fm. Fatuquedo), en la Fm. Xistos Raiados y, finalmente, en el afloramiento del granito de La Bazana y en sus rocas encajantes hacia el N.

El **itrio (Y)**, figuras 6.339 a y b, se manifiesta con unas pautas de distribución similares a las de las R.E.E. pesadas, más concretamente a la del Lu, y, en menor medida a la de U. Su distribución es algo más errática que las de estos elementos y muestra una afinidad neta por las rocas graníticas, aunque el granito de la Bazana dispense un releve negativo. También identifica al C.V.S con fondos elevados. En sus pautas de distribución se discrimina netamente un rasgo ya visto en otros elementos, cual es una amplia zona alargada NNO-SSE en el contacto Esquistos de Jerez-Fm. Fatuquedo y C-V-S (zona del pez tectónico de C.V.S.) y que trasciende de los límites geológicos. Puede sospecharse una posible alteración controlada por la estructura tectónica de dicho contacto o la existencia de rocas ígneas no aflorantes en esa estructura, desde los materiales terciarios y cuaternarios al NO hasta el afloramiento de C.V.S. al SE.

El **cinc (Zn)**, figuras 6.340 a y b, es un ejemplo de elemento con comportamiento dual, litológico y de mineralización, no siempre fácil de interpretar. Debido al elevado número de mineralizaciones que contienen Zn existentes en la zona, la distribución es poco consistente y a veces errática por la superposición de anomalías de mineralización a las respuestas puramente litológicas. Tiene cierta analogías con la distribución del Cu, aunque también con marcadas desviaciones de detalle con respecto a ella. Se delimitan netamente el Flysch de Terena (fondos geoquímicos del orden de 80 mg/kg) de la Fm. Xistos Raiados (fondos < 37 mg/kg). Asimismo, se identifica correctamente la Fm. Barrancos (50-60 mg/kg) con respecto a las anteriores y con las Fm. Fatuquedo y la Fm. Esquistos de Jerez (63 a 95 mg/kg). La Fm. Esquistos de Jerez, a pesar de su fácil discriminación muestra una cierta heterogeneidad interna. Las rocas intrusivas también se manifiestan netamente aún a pesar de mostrar algunas de ellas una fuerte heterogeneidad interna (Táliga, Almendral, Barcarrota, Fregenal). Los intrusivos de Los Remedios, Valencia del ventoso, Brovales presentan fondos relativamente bajos, pese a lo cual el de Brovales contiene algunos valores locales muy elevados que pueden corresponder a anomalías puntuales de mineralización. El granito de la Bazana tiene una respuesta neta y uniforme (40-60 mg/kg).

Dos rasgos significativos son, por una parte, la respuesta negativa (fondos muy bajos, < 30 mg/kg) del supuesto granito subaflorante al O de Zahinos y, por otra, la respuesta, similar a la de otros elementos químicos sobre el contacto de Fm. Barrancos y Esquistos de Jerez en el recorrido desde el pez tectónico de C.V.S., al SE, hasta los terciarios y cuaternarios de la Cuenca del Guadiana al NO.

El **circonio (Zr)**, figuras 6-252 a y b, tiene pautas de distribución poco definitorias por lo erráticas e incoherentes en la mayor parte de la zona. Como elemento y litófilo y granitófilo que es, tiene tendencia a discriminar a las rocas íneas y a mostrar contenidos altos o relativamente altos en ellas. En nuestra zona se manifiesta netamente sólo en el granitoide de Almendral. En otros cuerpos intrusivos, como los de Táliga, Barcarrota, Valencia del Ventoso o Los Remedios, presenta, en áreas restringidas y con distribución interna sumamente irregular, contenidos elevados que alternan con otros medios e incluso bajos. El intrusivo de La Bazana muestra unas pautas diferentes, con valores medios abjos y con cierta consistencia. Las unidades que se discriminan mejor son aquellas que lo hacen negativamente por sus fondos bajos o muy bajos (Terciario y Cuternario, Flysch de Terena, Serie Detrítica Superior).

El Zr discrimina, al igual que otros elementos anteriores, a un tramo dela zona de contacto entre la Fm. Esquistos de Jerez y de la Fm. Fatuquedo, desde el área de Alconchel, hacia el NO, hasta el recubrimiento de Terciario. No muestra una respuesta sobre los granitos supuestamente subaflorantes. Únicamente sobre el situado al O de Zahinos parece mostrar una respuesta con valores medios elevados, aunque en forma heterogénea.

Puede decirse, como **conclusión general**, que aunque varios elementos presenten algunas pautas difusas y poco claras, una mayoría las tienen muy definidas, y sus distribuciones permiten establecer relaciones netas con las unidades litoestratigráficas más significativas y los fenómenos de mineralización más importantes. De esta forma, se puede atribuir a cada unidad litológica una gama de elementos cuyos contenidos en ella, altos, bajos o medios, la caracterizan y la diferencian de otras.

La comparación entre los rasgos de distribución espacial observados en los mapas anteriormente analizados y los perfiles geoquímicos deducidos del estudio litogeoquímico (boxplots por unidades litoestratigráficas) muestra una gran coherencia entre ambas para la gran mayoría de los elementos. Las pequeñas diferencias de matiz que pueden encontrarse están relacionadas, probablemente, con el escaso número de muestras de roca analizadas o, en el caso de algún elemento, con comportamientos específicos en el medio supergénico.

En cualquier caso, puede concluirse en una enorme coherencia entre la geoquímica de rocas y la de sedimentos y ello se ratifica con la gran fidelidad que guardan las distribuciones geoquímicas en sedimentos con respecto a la estructura geológica, es decir con las unidades litoestratigráficas e incluso con rasgos de tipo estructural. Únicamente se desvían ligeramente de estas tendencias los elementos cuya distribución está gobernada en parte por procesos de mineralización o de alteración hidrotermal, o aquellos cuyo comportamiento en el medio superficial está muy influido por procesos supergénicos (oxidación-reducción, coprecipitación, etc.) como Fe, Mn, Co, Ni, B.

Esta fidelidad y semejanza entre las imágenes geoquímicas primarias en rocas y la de sedimentos se explica por la importancia subordinada de los procesos de meteorización y dispersión química ante los de dispersión mecánica, lo cual es lógico en un medio morfoclimático como el imperante en la zona de trabajo. Dicho con otras palabras, las distribuciones geoquímicas en sedimentos (y suelos) son un reflejo muy fiel de aquellas existentes en las rocas. Los filtros y diferenciaciones introducidos por el medio supergénico son, en sentido relativo, de pequeña importancia para gran parte de los elementos químicos.

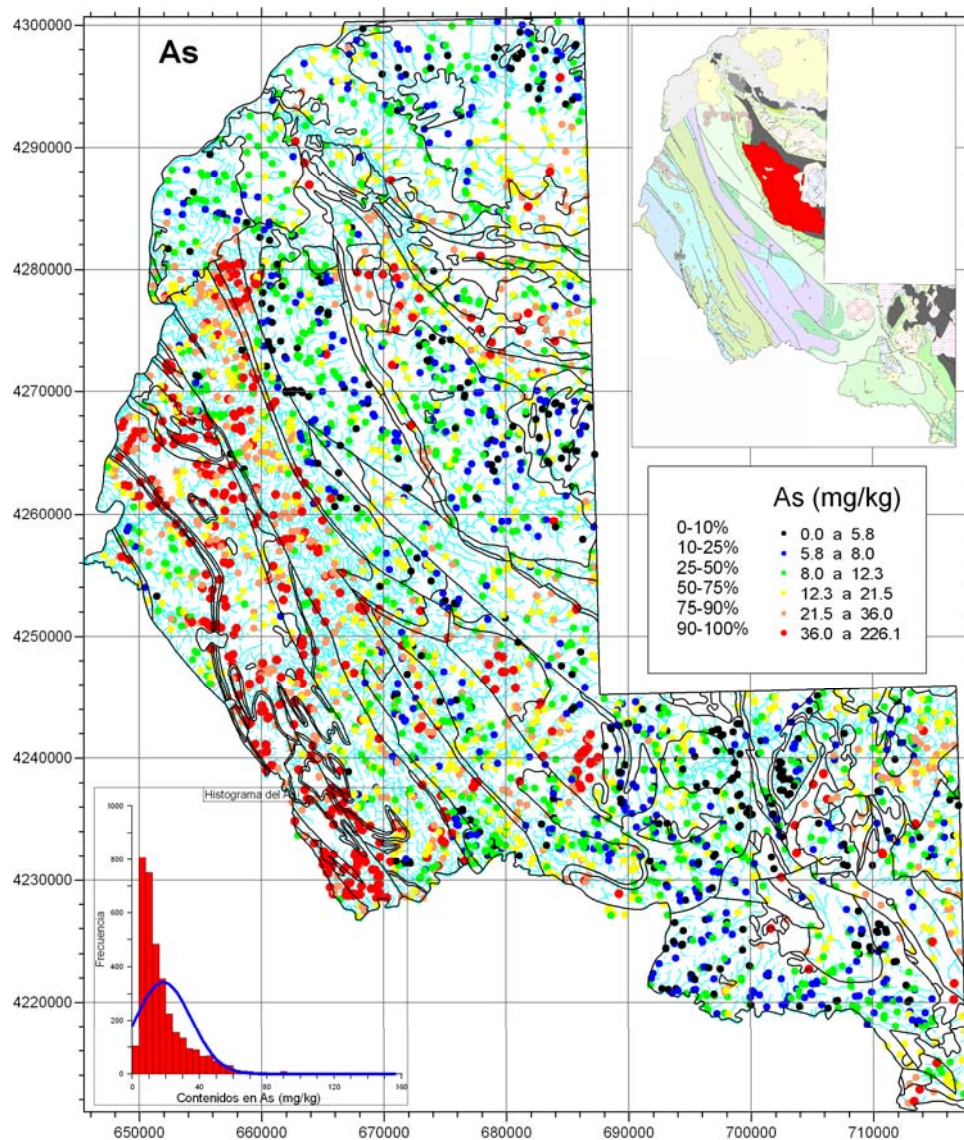


Figura 6.292 a. Representación, por círculos, de la distribución de los contenidos en As de las muestras de sedimentos y suelos

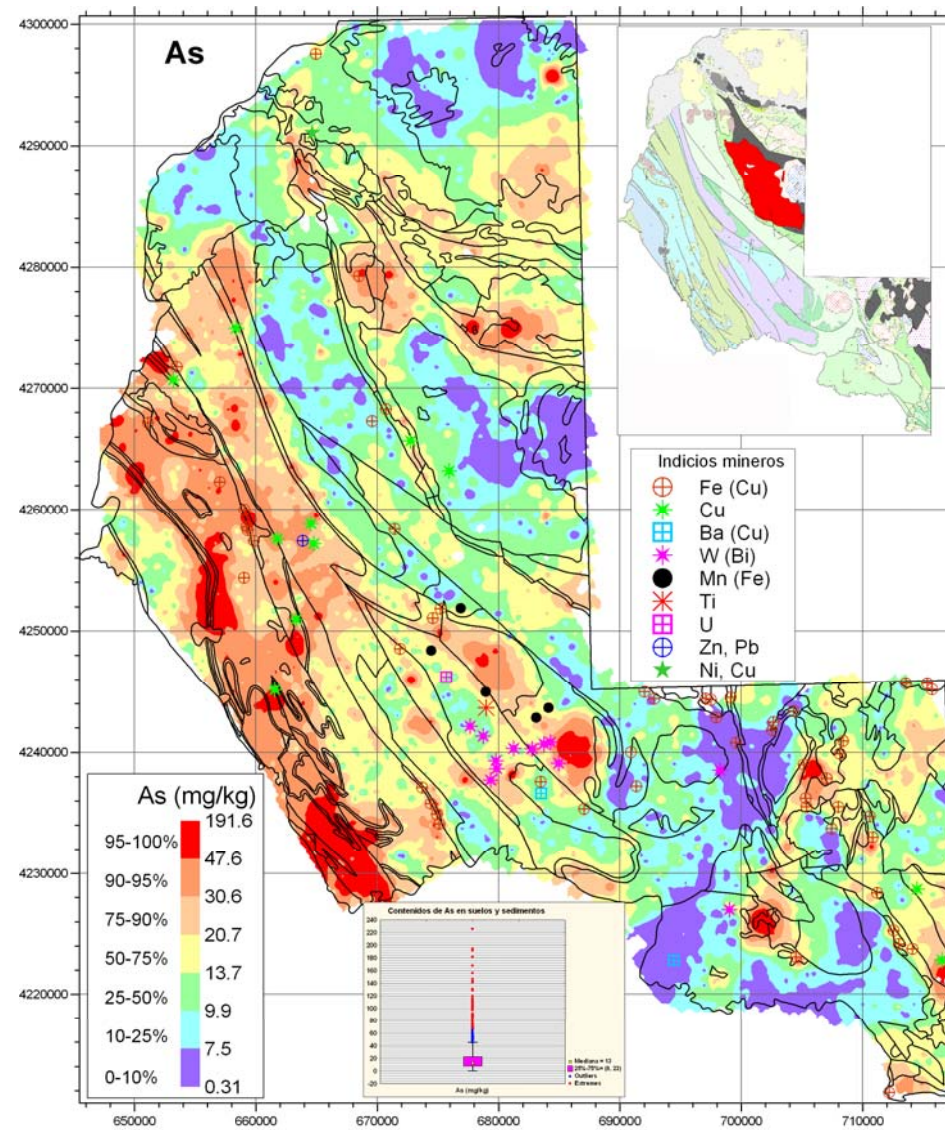


Figura 6.292 b. Mapa de contornos con la distribución espacial de los contenidos en As de sedimentos y de suelos

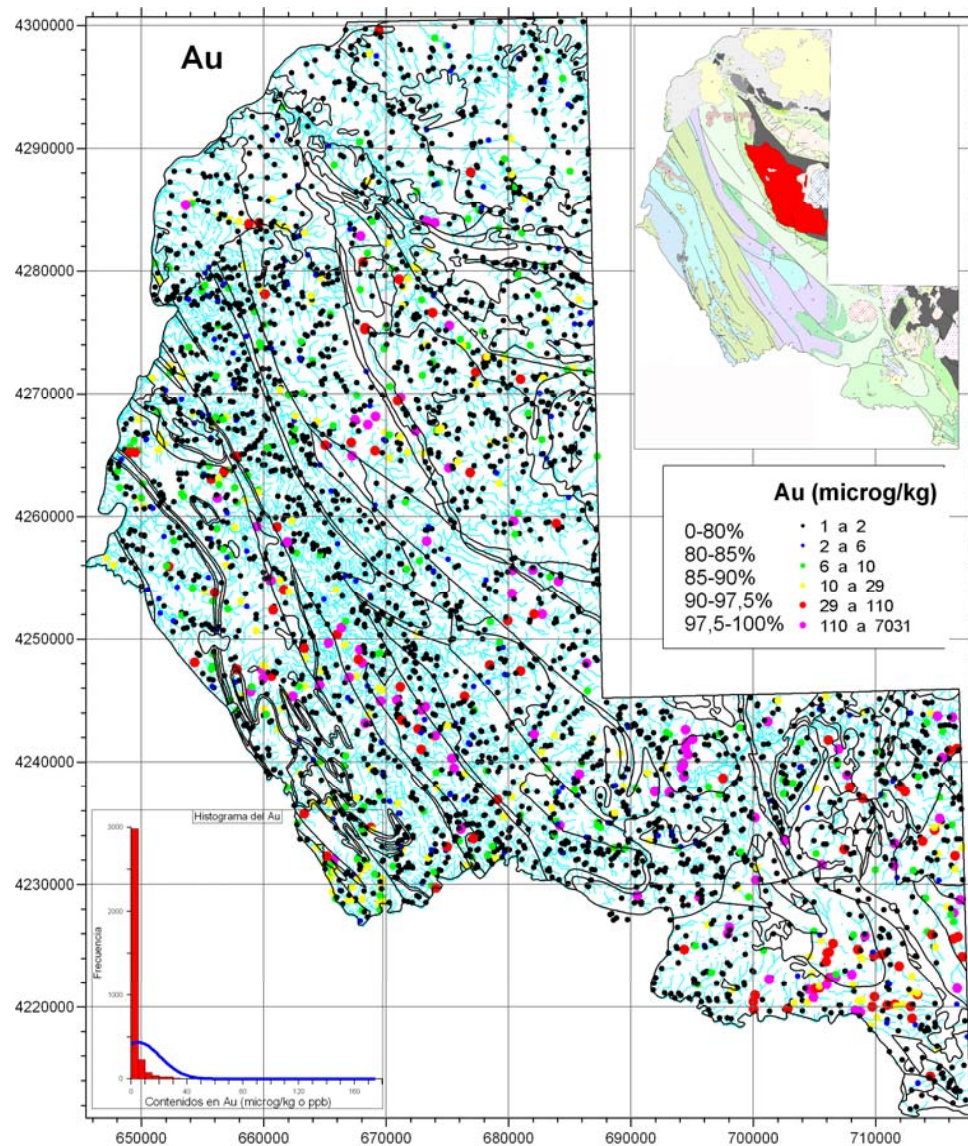


Figura 6.293 a. Mapa de círculos representando la distribución de Au en sedimentos y suelos

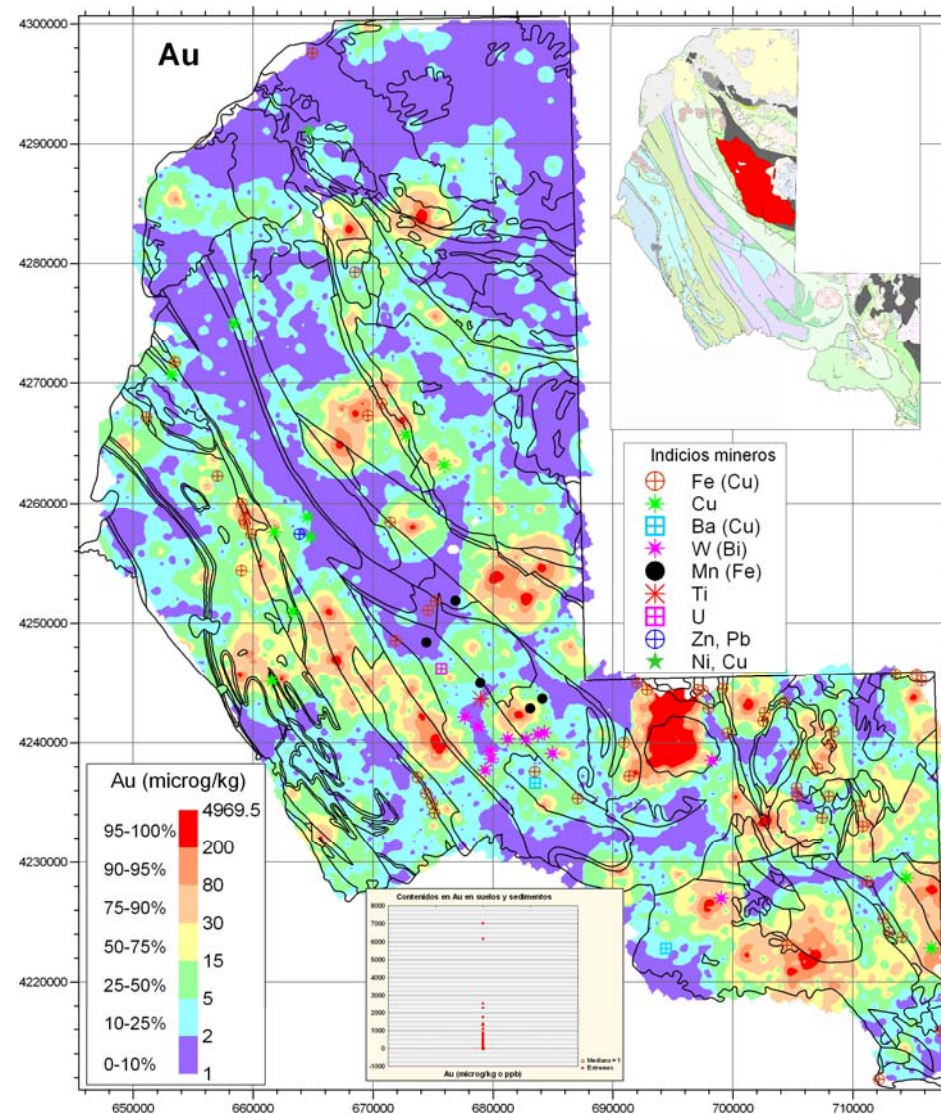
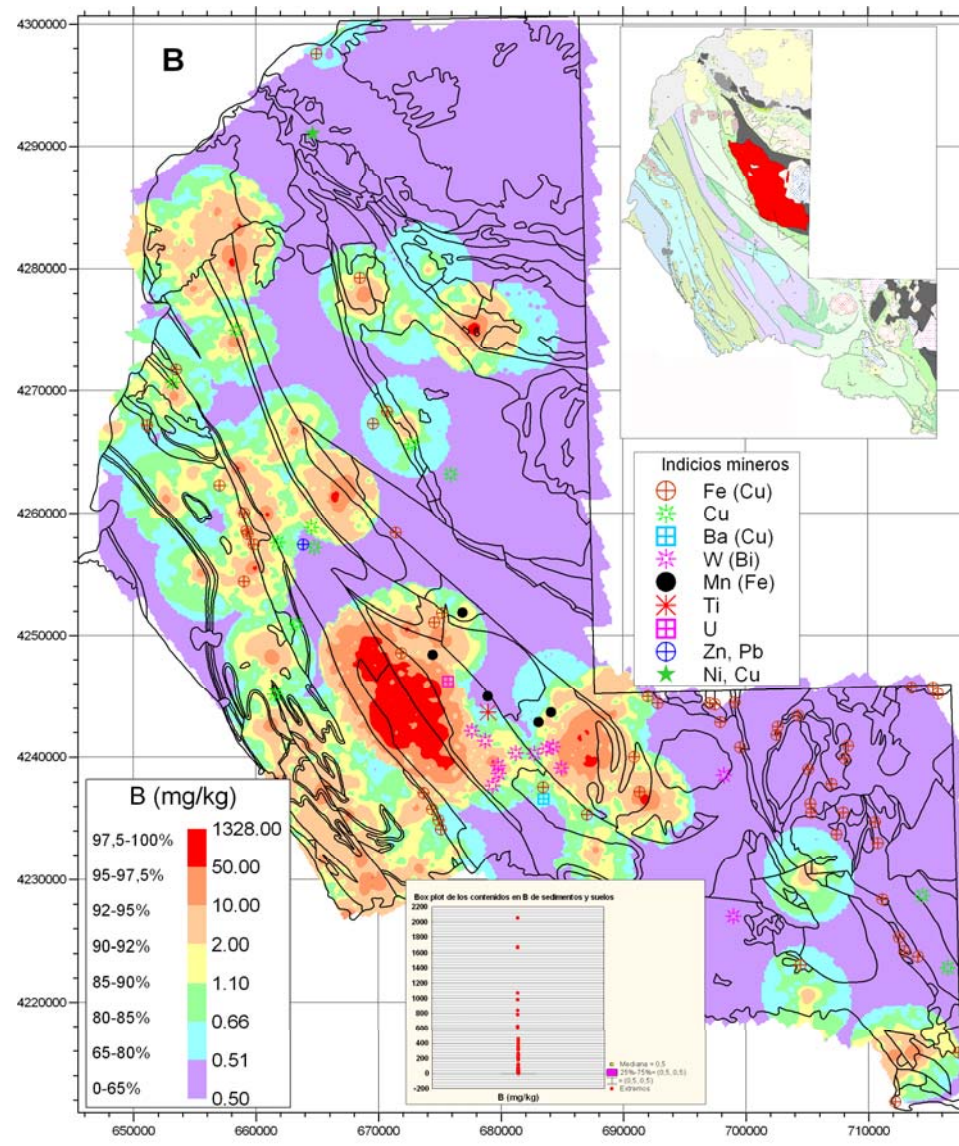
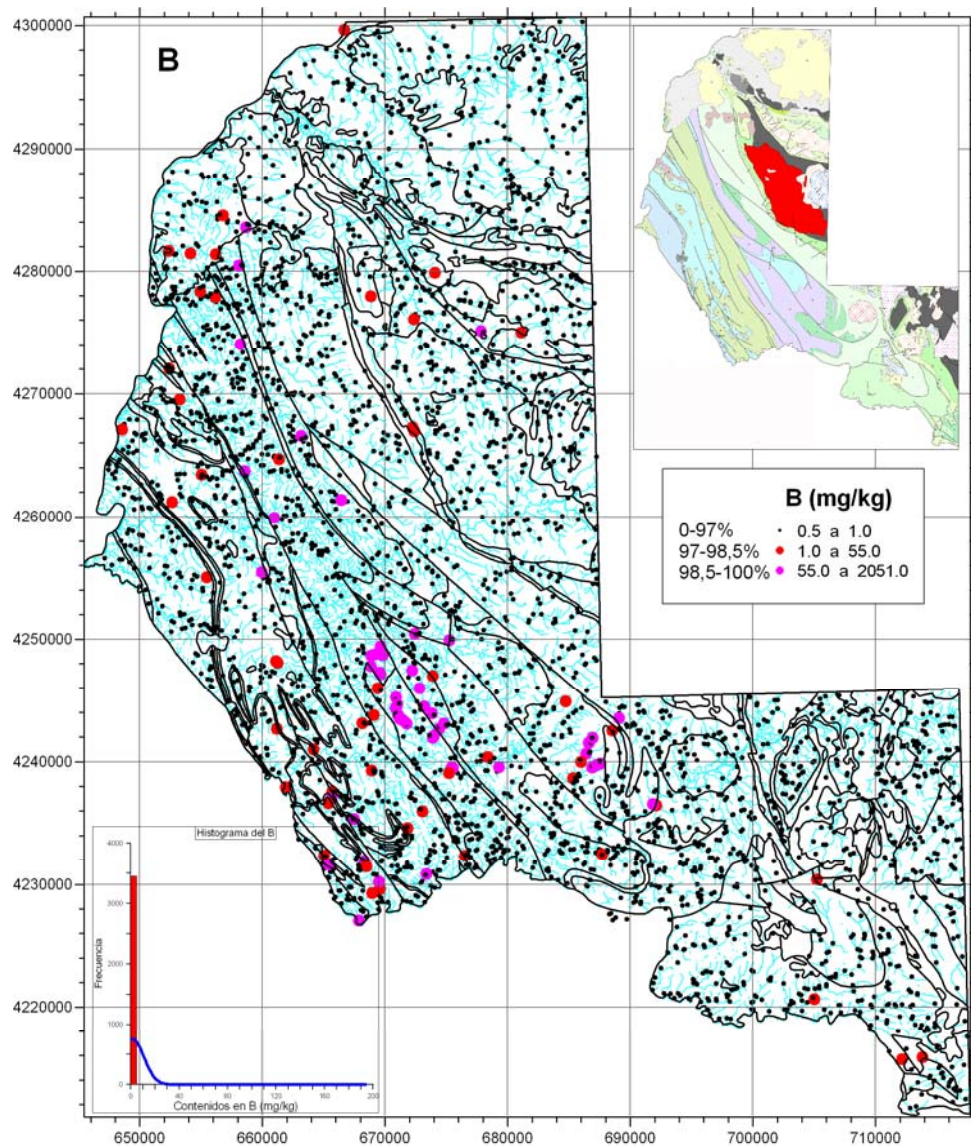


Figura 6.293 b. Mapa de contornos con la distribución espacial de los contenidos en Au de sedimentos y suelos



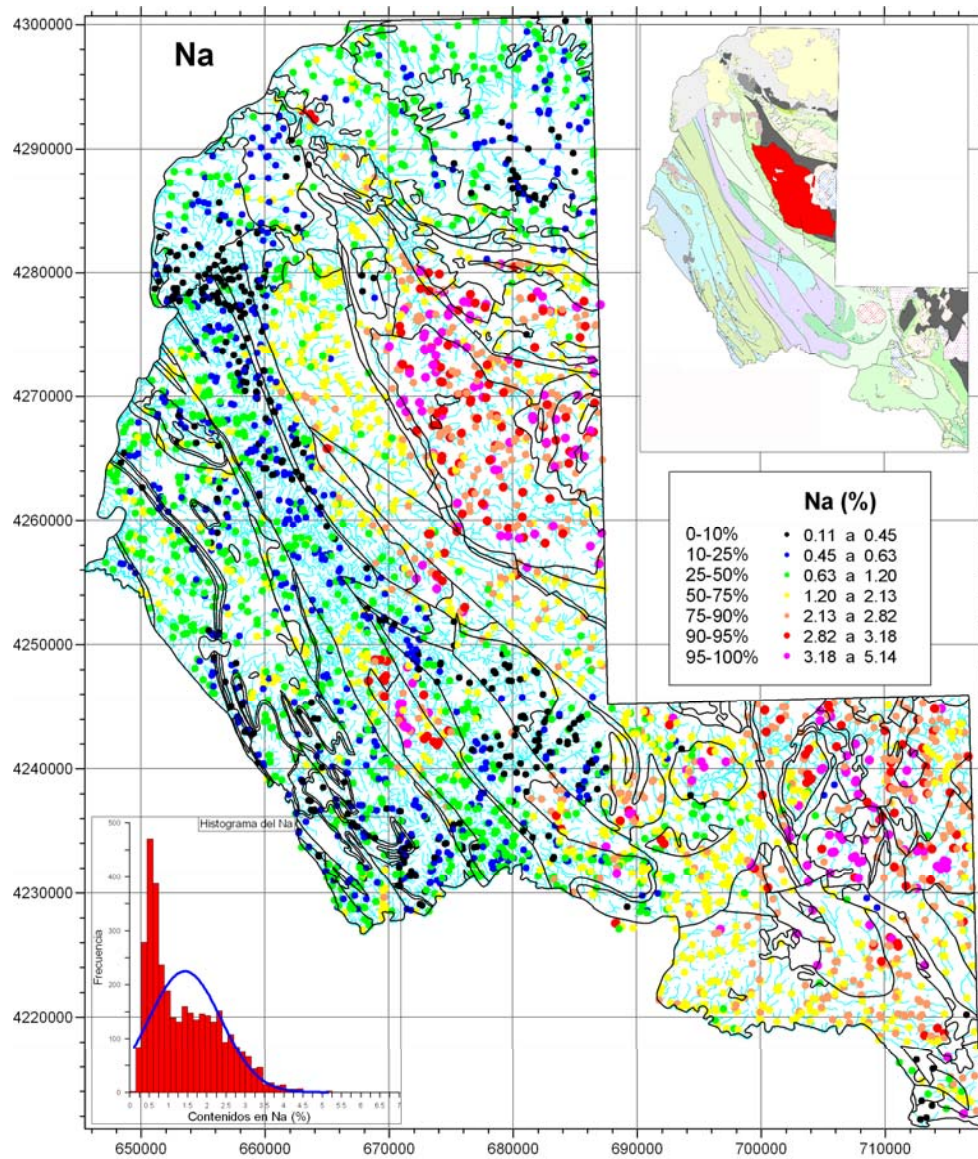


Figura 6.321 a. Mapa de círculos con la distribución espacial de los contenidos en Na de las muestras de sedimentos y de suelos

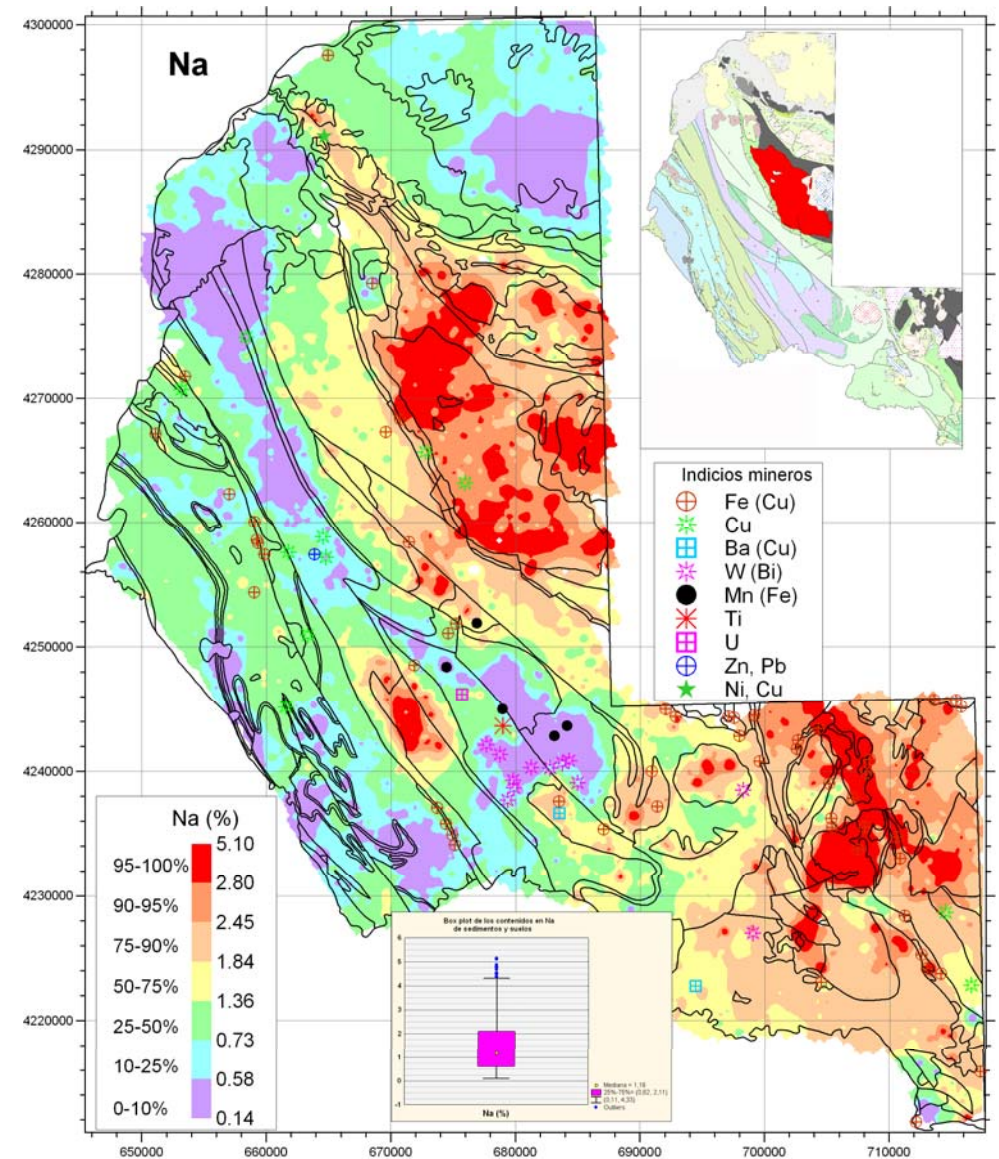


Figura 6.321 b. Mapa de contornos con la distribución espacial de los contenidos en Na de las muestras de sedimentos y de suelos

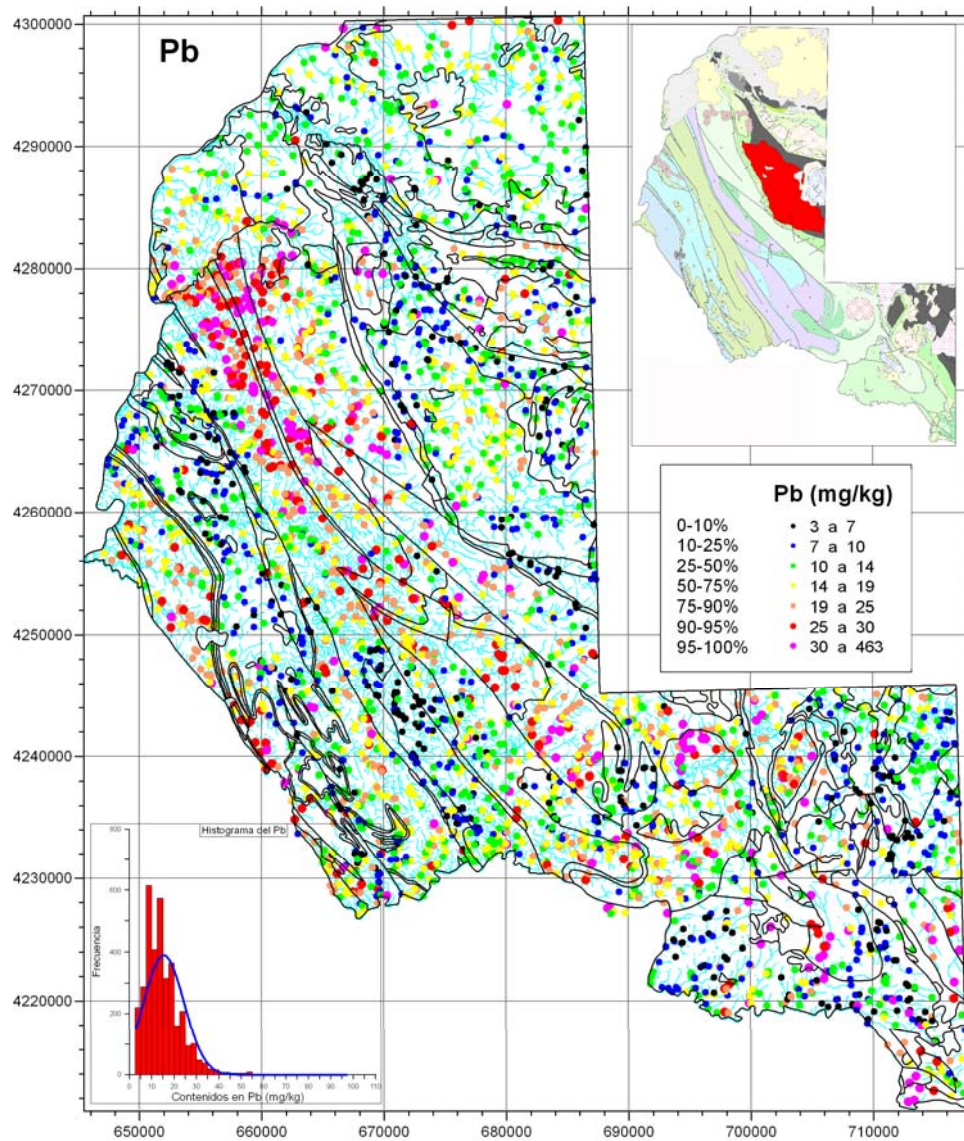


Figura 6.323 a. Mapa de círculos con la distribución espacial de los contenidos en Pb de las muestras de sedimentos y de suelos

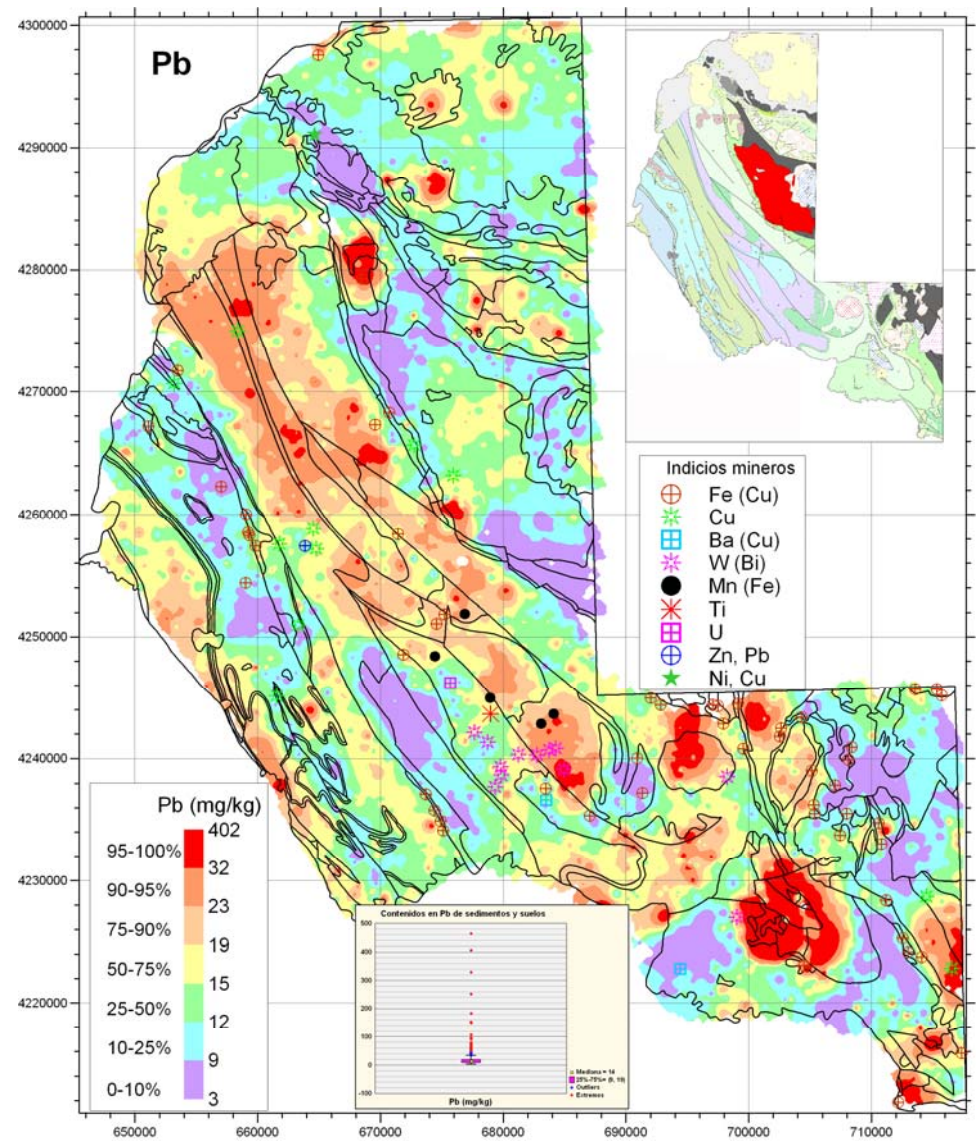


Figura 6.323 b. Mapa de contornos con la distribución espacial de los contenidos en Pb de las muestras de sedimentos y de suelos

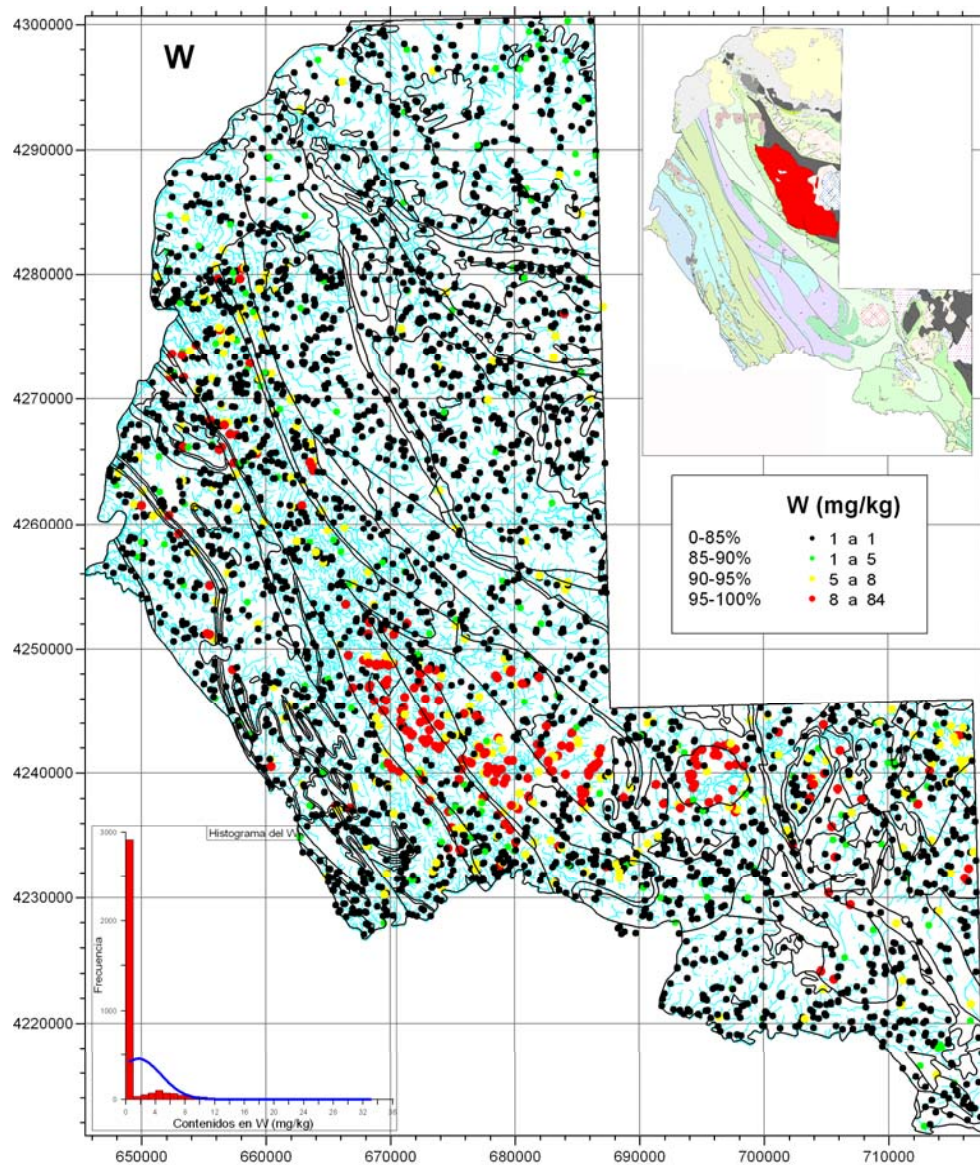


Figura 6.338 a. Mapa de cdículos con la distribución espacial de los contenidos en W de las muestras de sedimentos y de suelos

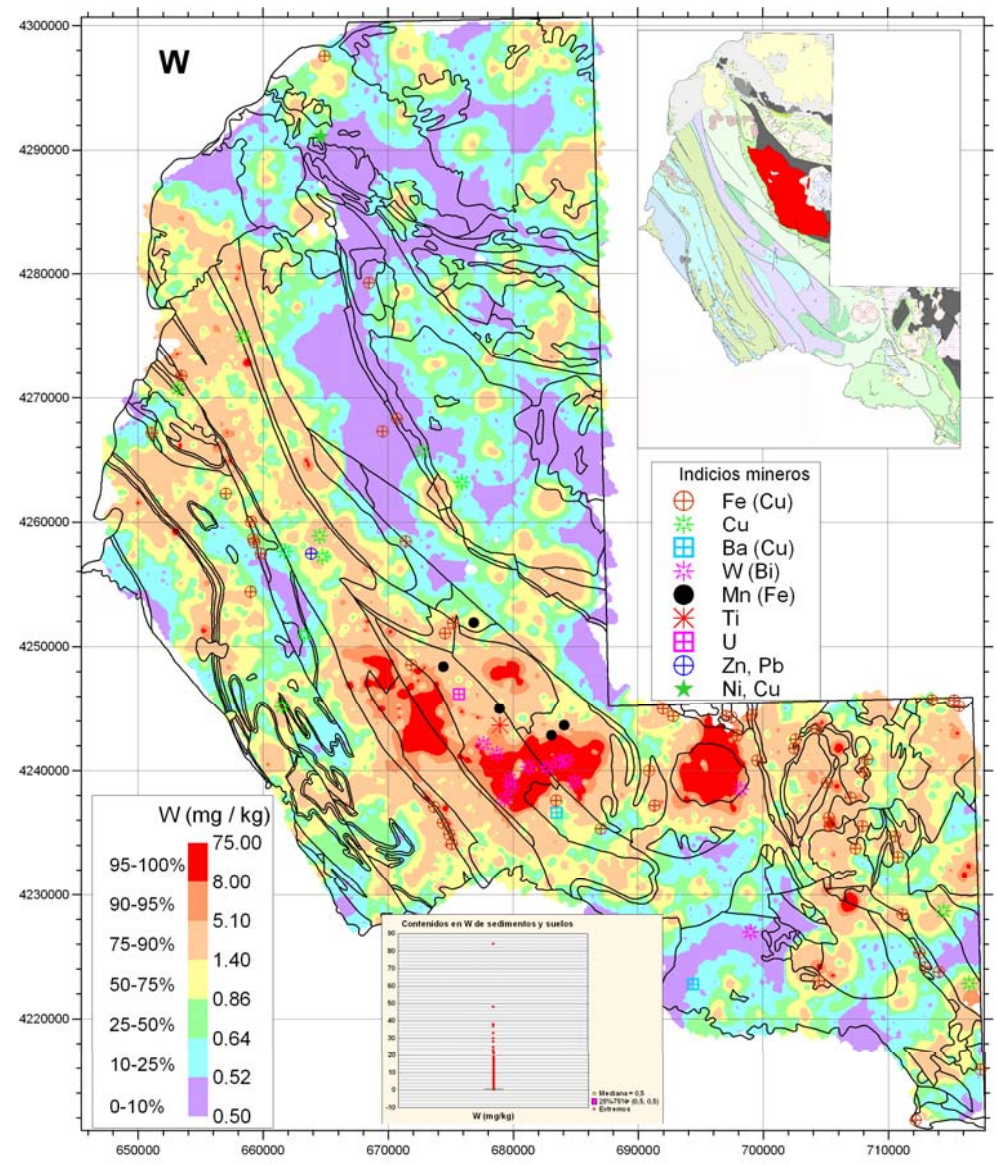


Figura 6.338 b. Mapa de contornos con la distribución espacial de los contenidos en W de las muestras de sedimentos y de suelos

6.5.1.2.2.- Mapas de distribución espacial con escala no ecualizada

La representación de las distribuciones se ha hecho dando igual peso a las sucesivas franjas de contenidos de cada elemento, por valores de percentiles (ecualización del histograma), para cubrir el objetivo de conocer realmente su distribución. La representación a partir de escalas de valores diferentes, como escala de distribución normal, escala loglineal o escala lineal, dependiendo de los casos, hacer destacar mejor los valores más extremos y su ubicación, resaltando los contrastes. En función de sus distribuciones, se han realizado para algunos elementos, mapas de distribución con escalas log-lineales o de distribución normal, en lugar de las de ecualización del histograma anteriores. A continuación se incluyen, a efectos de comparación, los mapas, con los diversos tipos de escalas, de los elementos con mayor dispersión (Figuras 6.342 a 6.360).

Puede verse en varias de estas figuras como, al aplicarse otro tipo de escala, distribuciones con amplias zonas cubiertas por valores elevados pasan a distribuciones en las que se pone mejor de manifiesto cuales son las zonas realmente anómalas. Ello se hace patente, sobre todo, en el caso de elementos con poblaciones muy asimétricas, con largas dispersiones de valores atípicos, en particular en los casos del As, del Au, del B, del Bi, del Ba, del Cd, del Cu, del Hg, del Mo, del Pb, del Ta, del W y del Zn. Es decir, de aquellos elementos químicos cuyas pautas de distribución están en una gran parte controladas por los procesos de mineralización. En el caso de elementos cuya distribución depende fundamentalmente de la estructura geológica (K, Na, Lu, U, Be, etc.) estas representaciones ofrecen imágenes mucho más contrastadas que resaltan aquellas unidades con las cuales el elemento en cuestión tiene realmente una gran afinidad.

En el caso de algunos elementos, la disposición espacial de las áreas con contenidos más elevados, que se manifiestan en los mapas de distribución realizados con escala de distribución normal o log-lineal, parece indicar un cierto control lineamentario de las posibles anomalías, al estar alineadas según estructuras direccionales coincidentes con discontinuidades geoquímicas según direcciones NNO-SSE o NE-SO.

En otros casos la eliminación de los valores elevados ligados a causas esencialmente litoestratigráficas pone en evidencia los valores extremos ligados a anomalías ligadas a mineralizaciones de forma más nítida, eliminando el “ruido” geológico. También puede observarse que con la utilización de estas escalas y la eliminación del “ruido geológico” se pone mejor de manifiesto y se resalta la señal geoquímica de rasgos muy interesantes e importantes como son la posible existencia de cuerpos intrusivos subaflorantes. Éstos, ya sean varíscicos post-cinemáticos o tardi-cinemáticos o, incluso, relacionados con la extensión cambro-ordovícica, se ponen de manifiesto por relieves positivos o negativos de varios elementos químicos, con respuestas muy similares a las de cuerpos intrusivos aflorantes.

En este sentido son ilustrativos los ejemplos de las pautas de distribución, con escalas de distribución normal más nítidas que las obtenidas con la escala de ecualización del histograma, de elementos como Na, Y, U, Lu, o K, que ponen de manifiesto, entre Zahinos y Villanueva del Fresno una respuesta muy similar a la del granito varíscico de La Bazana y en probable relación con el campo filoniano con mineralizaciones de W, situado al E y SE de ellas. La distribución del W muestra, asimismo, una prolongación tenue de la anomalía principal hacia el ONO, es decir hacia el supuesto cuerpo granítico (Figuras 6.344, B; 6.351, K; 6.350, Fe; 6.343 Cu; 6.358, W; 6.359, Y; 6.360, Zn). Gracias a estas figuras se confirma también una posible respuesta extraña en el contacto entre Fm. Esquistos de Jerez y Fm. Fatuquedo, desde la zona del pez tectónico de C.V.S. (Alconchel) hacia el NO (figuras 6.353, Lu; 6.354, Pb; 6.359, Y; 6.360, Zn). Existe una intensa respuesta con valores extremos en Fe, Lu, Y, entre otros elementos, muy similar a la de intrusivos cambro-ordovícicos, lo que hace suponer la existencia de rocas similares subaflorantes o la presencia de materiales derivados de ellos y poco modificados en las correspondientes unidades sedimentarias.

Otro rasgo singular, ya intuido en algunos mapas de distribución en el párrafo anterior, que se hace más patente en estos mapas es el control de la distribución de algunos elementos por fracturas o estructuras de discontinuidad con orientaciones N50°E a N70°E (figura 6.350, Fe).

con valores extremos en Fe, Lu, Y entre otros elementos muy similar a la de intrusivos cambro-ordovícicos, lo que hace suponer la existencia de rocas similares subaflorantes o la presencia de materiales derivados de ellas y poco modificados en las correspondientes unidades sedimentarias.

Finalmente, puede apreciarse la repetición de varias áreas de dimensiones locales con valores extremos depurados por el uso de escalas diferentes de la de ecualización, que indica la más que probable existencia de anomalías muy consistentes ligadas a mineralizaciones conocidas o por verificar.

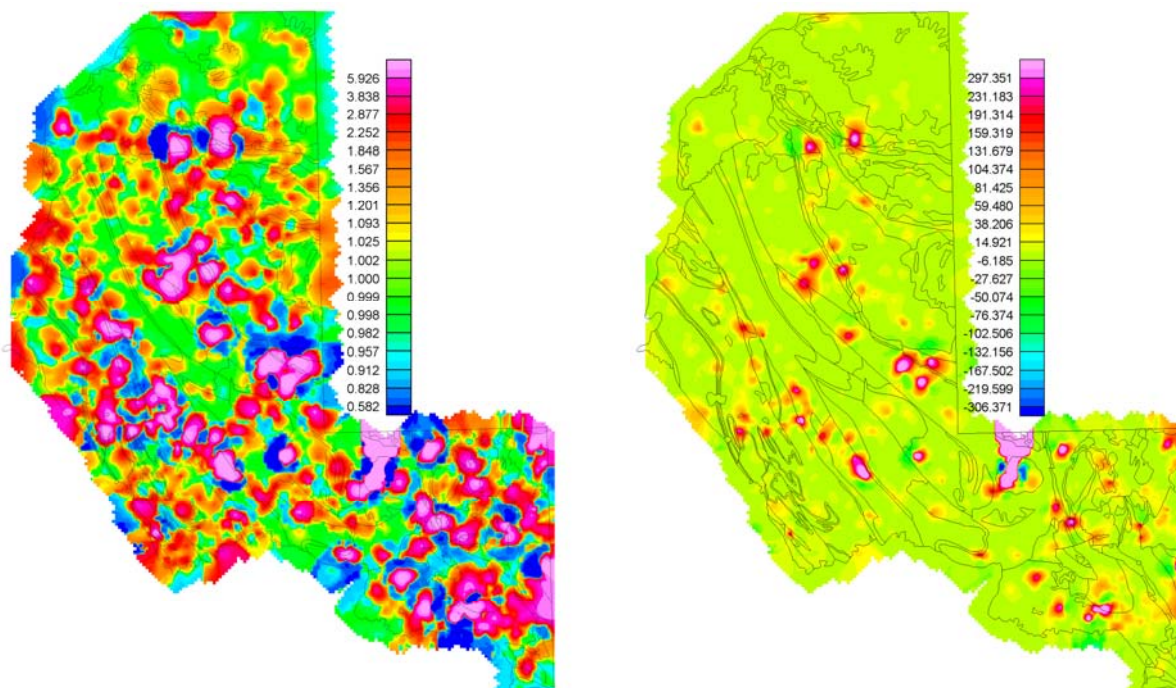


Figura 6.343. Mapas de distribución de los contenidos en Au en sedimentos y suelos con escala de ecualización del histograma (izqda) y con escala de distribución normal (derecha)

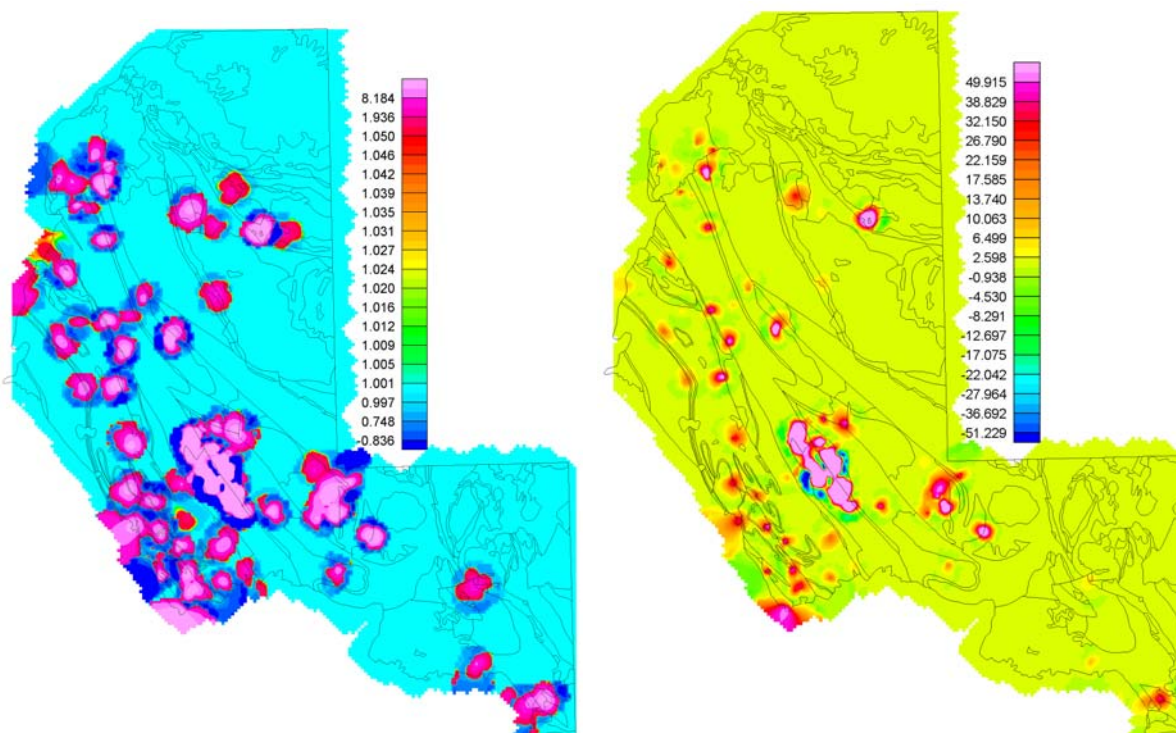


Figura 6.344. Mapas de distribución de los contenidos en B en sedimentos y suelos con escala de ecualización del histograma (izqda.) y con escala de distribución normal (derecha)

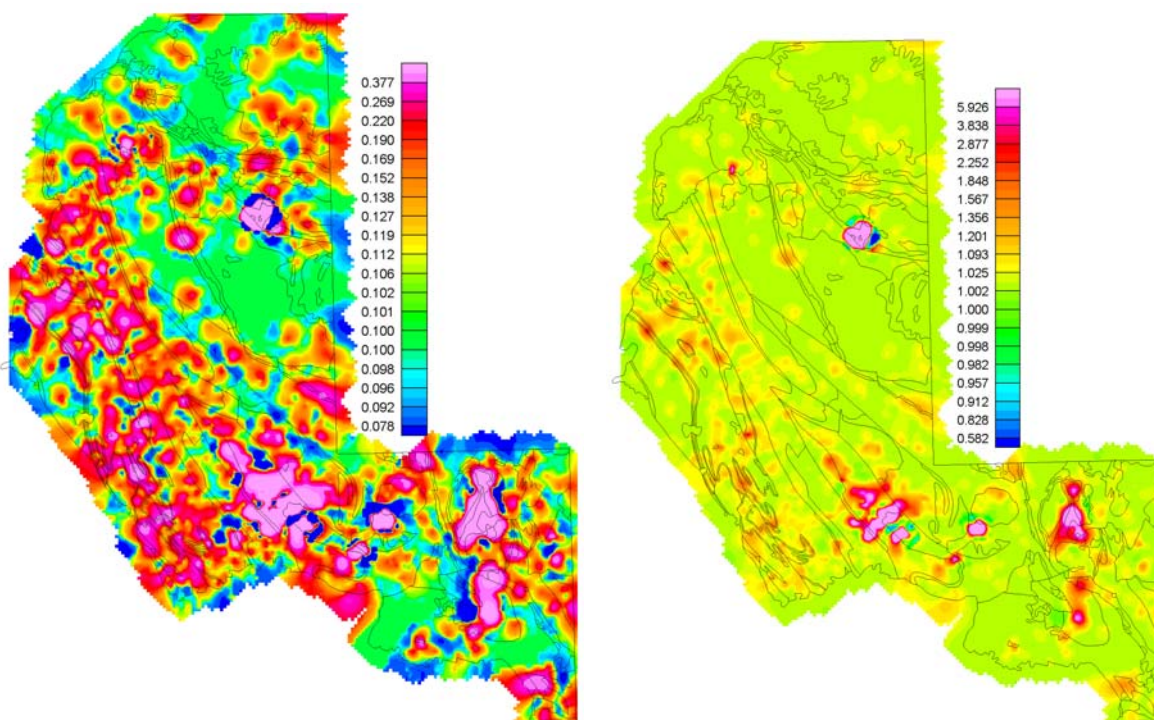


Figura 6.346. Mapas de distribución de los contenidos en Bi en sedimentos y suelos con escala de ecualización del histograma (izqda.) y con escala de distribución normal (derecha)

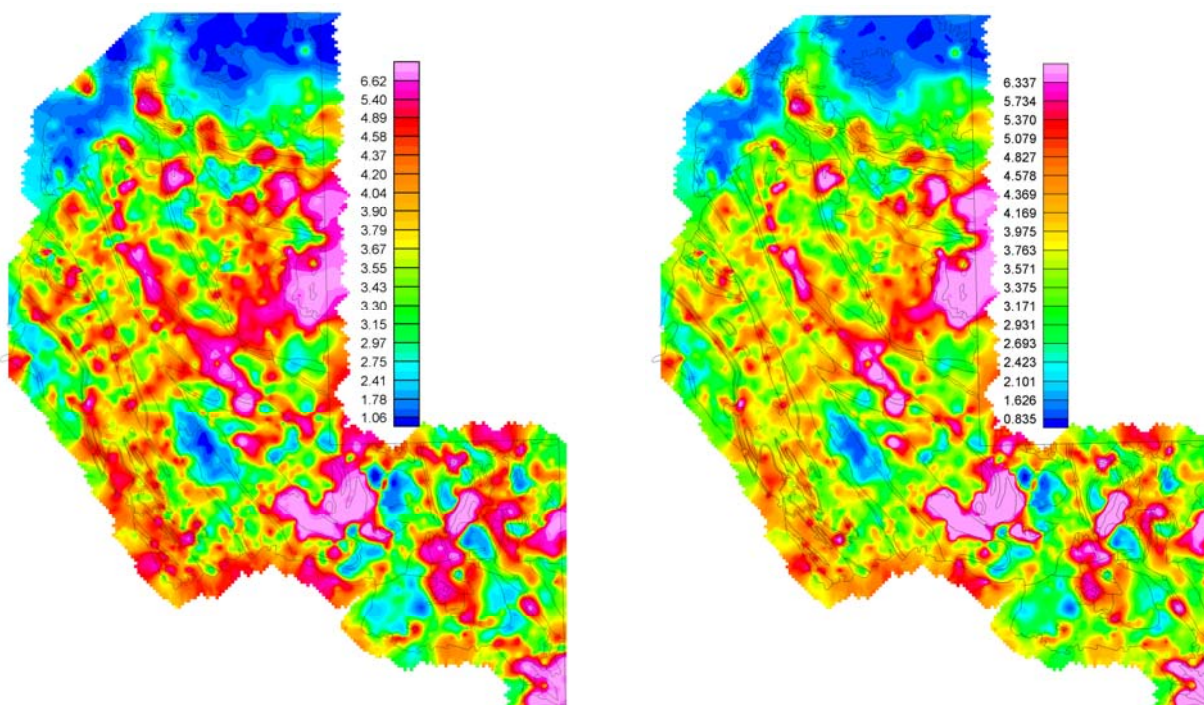


Figura 6.350. Mapas de distribución de los contenidos en Fe en sedimentos y suelos con escala de ecualización del histograma (izqda.) y con escala de distribución normal (derecha)

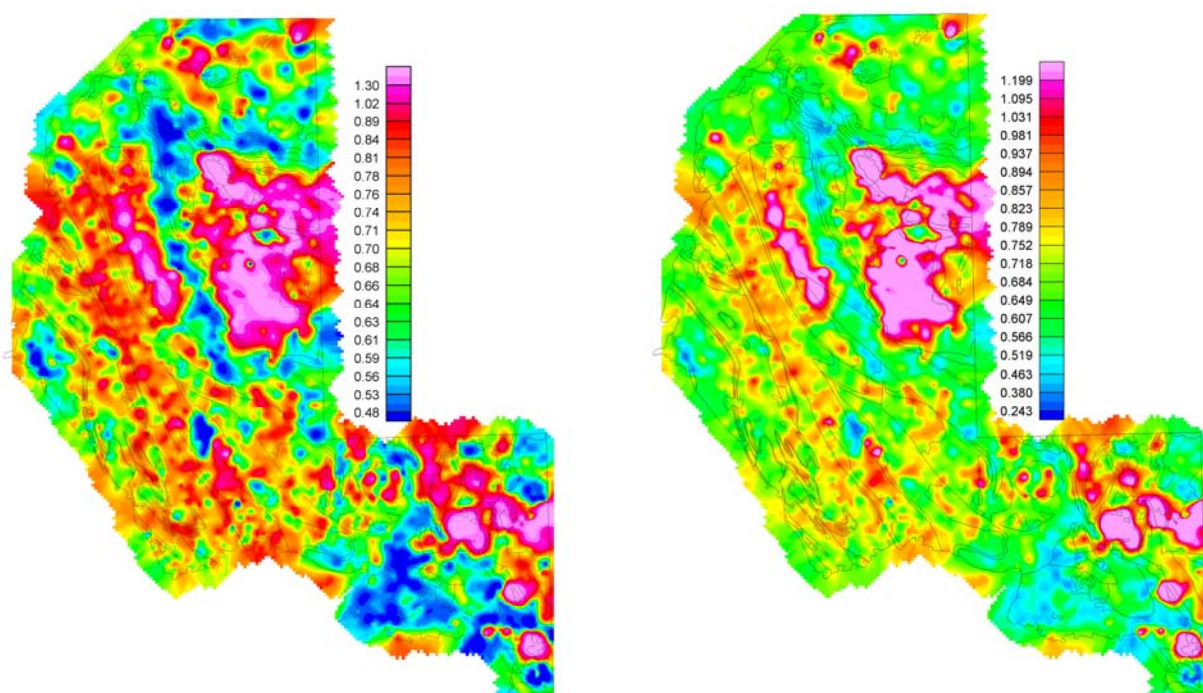


Figura 6.352. Mapas de distribución de los contenidos en Lu en sedimentos y suelos con escala de ecualización del histograma (izqda.) y con escala de distribución normal (derecha)

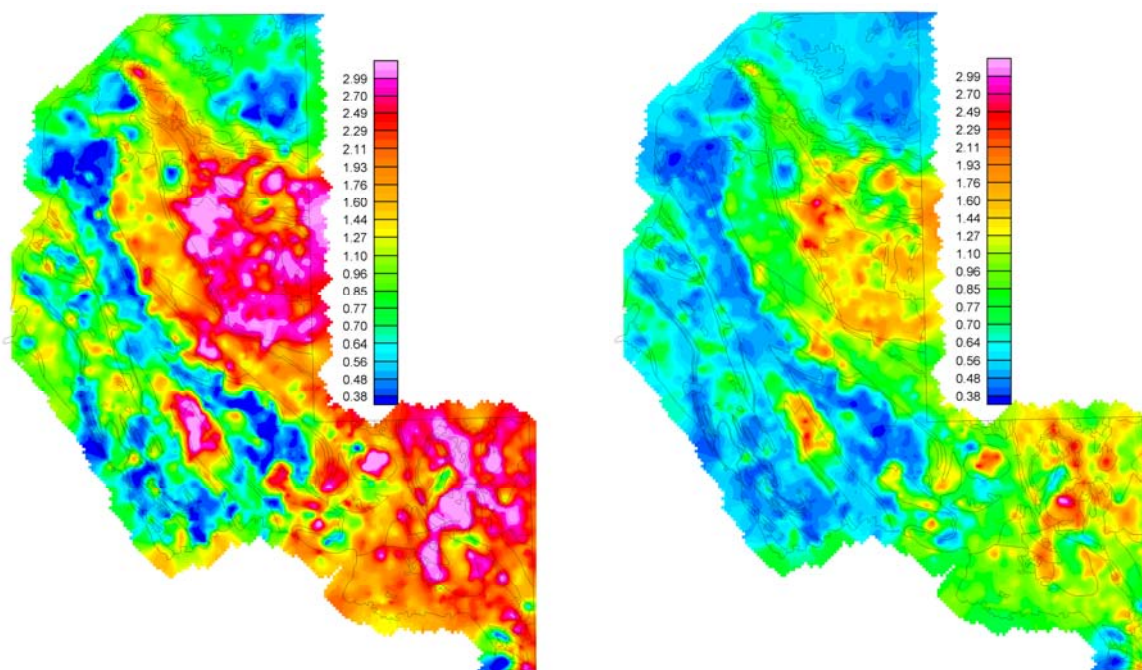


Figura 6.353. Mapas de distribución de los contenidos en Na en sedimentos y suelos con escala de ecualización del histograma (izqda.) y con escala de distribución log-lineal (derecha)

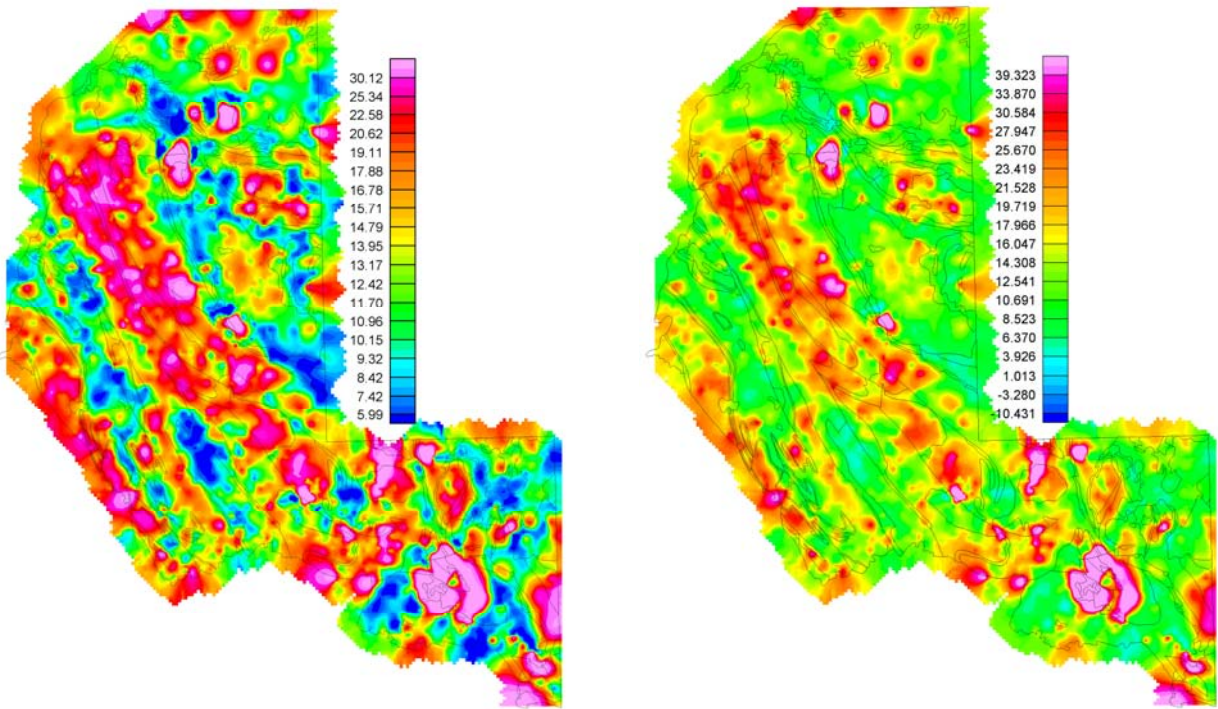


Figura 6.354. Mapas de distribución de los contenidos en Pb en sedimentos y suelos con escala de ecualización del histograma (izqda.) y con escala de distribución normal (derecha)

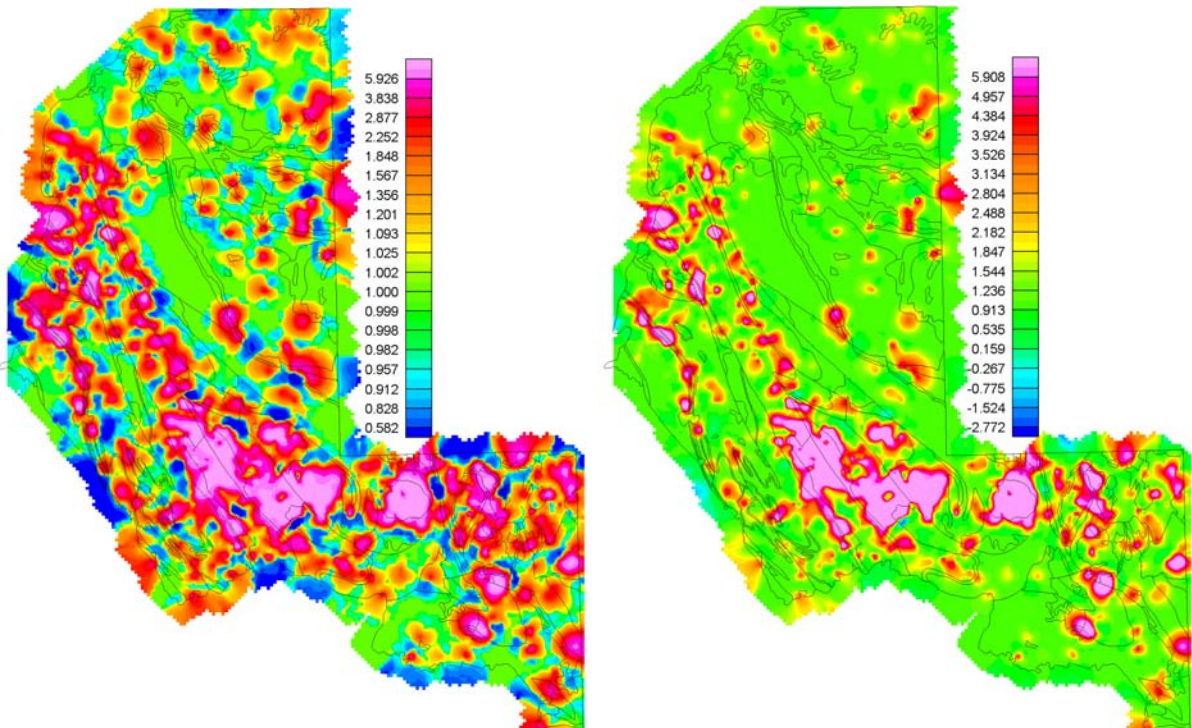


Figura 6.358. Mapas de distribución de los contenidos en W en sedimentos y suelos con escala de ecualización del histograma (izqda.) y con escala de distribución normal (derecha)

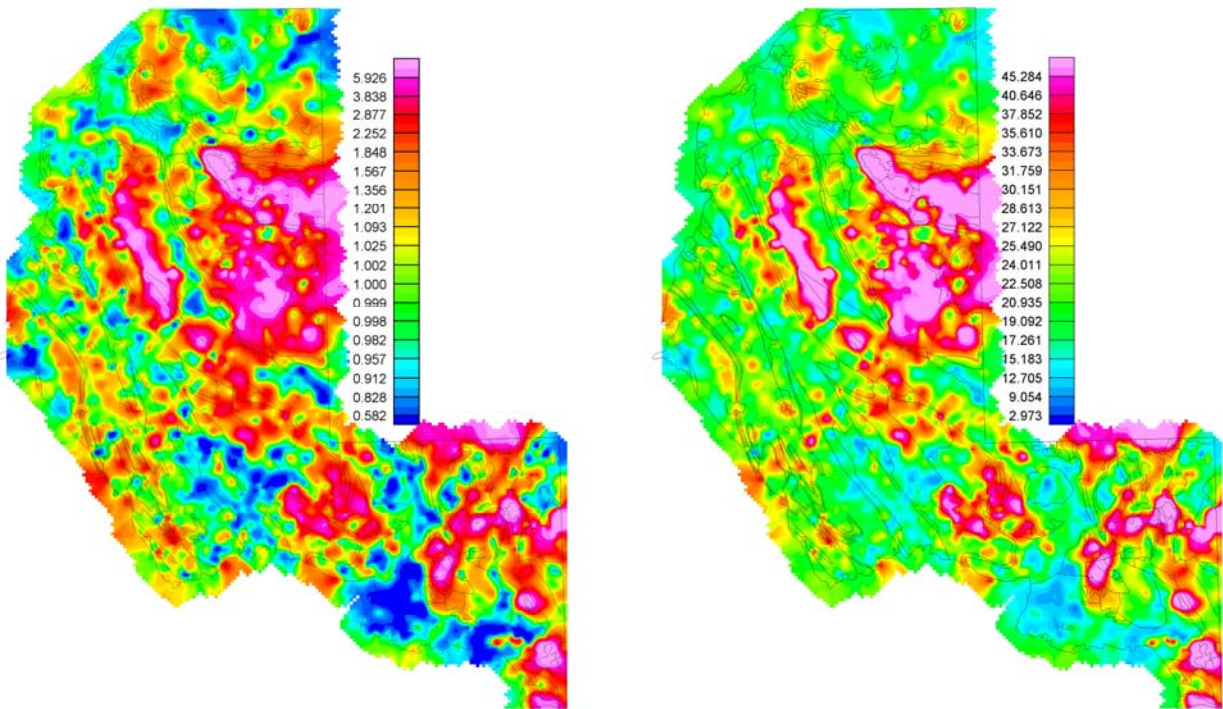


Figura 6.359. Mapas de distribución de los contenidos en Y en sedimentos y suelos con escala de ecualización del histograma (izqda.) y con escala de distribución normal (derecha)

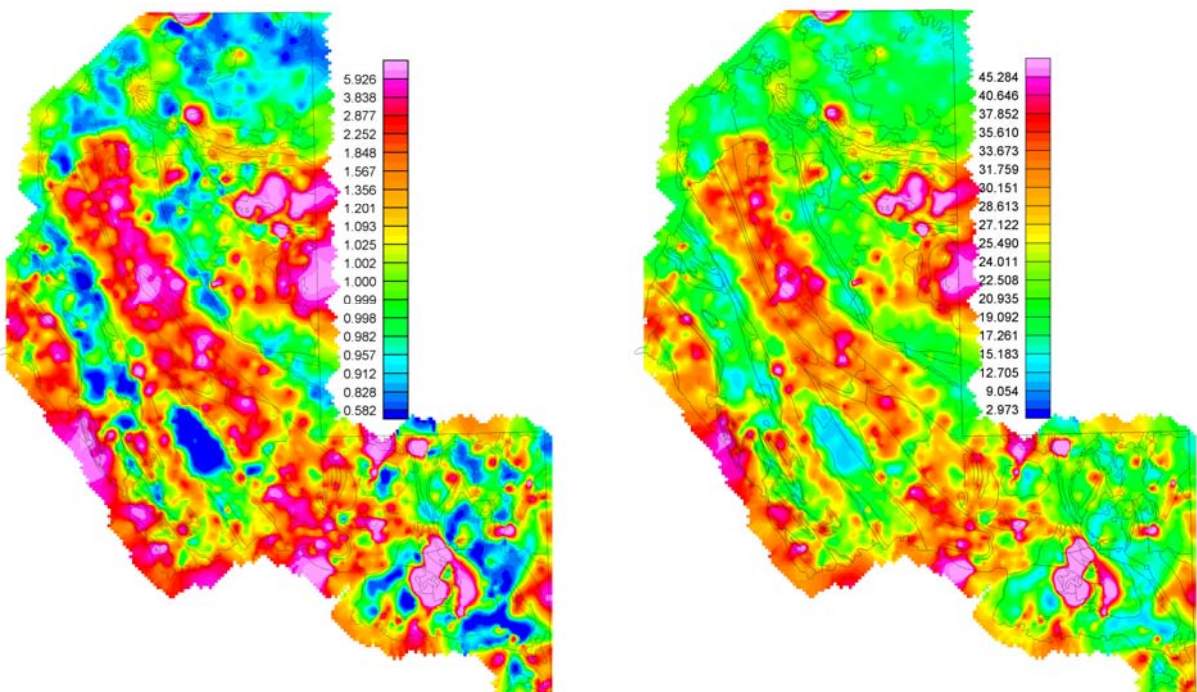


Figura 6.360. Mapas de distribución de los contenidos en Zn en sedimentos y suelos con escala de ecualización del histograma (izqda.) y con escala de distribución normal (derecha)

6.5.2.- ESTUDIO Y ANÁLISIS BIVARIANTE

6.5.2.1. Coefficientes de correlación

Para conocer las relaciones o dependencias entre elementos, tomados de dos en dos, se ha elaborado la **tabla de coeficientes de correlación** (coeficientes de correlación de Pearson) que se reproduce en la tabla 6.5. Se han remarcado en verde pálido las correlaciones positivas débiles ($0,25 < r < 0,5$), en verde fuerte las positivas fuertes ($r > 0,5$), en rosa las negativas débiles ($-0,5 < r < -0,25$) y, en naranja, las negativas fuertes ($r < -0,5$). Los rasgos más significativos observados en ellas se expresan a continuación.

- Los elementos ligeros del grupo de las Tierras Raras (Ce, La, Eu, Nd, Sm y, en menor medida, Tb) están muy correlacionados entre ellos (coeficientes del orden de 0,8 a 0,9 y, están asimismo muy asociados a elementos como Th, mientras que muestran correlaciones débiles (0,3-0,4) con otros elementos litológicos como Be, K, Rb, Al, Na, U, Li, V. Tienen correlaciones bajas, pero positivas con las tierras raras pesadas, Lu e Yb (0,2 a 0,3), ocupando el Tb un lugar intermedio (0,3-0,4).

La Tierras Raras pesadas muestran una fuerte correlación entre ellas (Lu-Yb, 0,95) y algo menor con el elemento de transición Tb (del orden de 0,5). Este grupo muestra, asimismo, una correlación significativa con elementos como Y (0,62 con Lu y 0,64 con Yb), Hf (0,64 con Lu y 0,59 con Yb), U (0,4-0,5). Presentan asimismo correlaciones débiles (0,3-0,4) con elementos como Be, Na, Se y Ta. Todos estos elementos suelen ser elementos ligados a en alguna forma a las rocas ígneas presentes en la zona, siendo los diferentes grados de correlación indicativos de una especialización entre los diversos tipos de rocas ígneas.

- El Al muestra correlación positiva, desde valores altos a débiles, con un amplio grupo de elementos de carácter litológico pero sólo lo hace con coeficiente $>0,5$ en el caso de K y Rb, y otros relacionados con rocas básicas como Ni y Sc. Con coeficientes menores, muestra correlación con Fe, Sm, Se, Mg, Li, La, Cs, Cr, Co, Cu, Ce, Be y As.
- El Au, la Ag, el Sn y el Hg son prácticamente independientes, presentando correlaciones casi nulas con los demás elementos. El Au muestra únicamente correlación con Ag, eso sí, muy apreciable (0,89), mientras que Ag tiene también afinidad más débil con S (0,29) y con Sn (0,43). Este tiene alguna correlación aunque débil, además de con el Au, con el Zr y con el V (del orden de 0,4 en ambos casos).

Otro elemento absolutamente independiente, con correlación cercana a 0 con los restantes elementos, es el B, aún cuando muestra unos bajísimos coeficientes (comprendidos entre 0,15 y 0,20), y sin embargo coherentes, con Ce, La, U y W.

- El Bi, elemento de interés prospectivo en la zona, manifiesta, como los anteriores, una escasa integración y correlación con las demás variables. Con los escasos elementos con los cuales lo hace son el Cd (0,48), el Te (0,49) y, con menor grado de asociación, con el W (0,21). Con otros elementos con los cuales mostraba correlación en la zona contigua al E de la actual (CEGOM-Fase 1), Mo, Sb, Sn, tiene coeficientes cercanos a 0.
- El Ba no presenta correlación alguna con los restantes elementos analizados salvo, como lo hacía en el estudio anterior, con el K (0,21) y, en grado aún menor, con el Rb, lo que indica una pequeña dependencia ligada a fenómenos de sustitución del K en los feldespatos.
- Son significativos y coherentes los fuertes coeficientes de correlación entre elementos del grupo, a menudo denominado de ferromagnesianos, Ni, Cr, Co, Fe, Mg, Sc, V, entre los cuales son del orden de 0,5 a 0,7. La asociación más fuerte existe entre Co, Cr, Fe, Ni, Sc, con coeficientes cercanos a 0,7, mientras que Mg y V muestran menor apego por el grupo anterior (0,4-0,5). Otros elementos químicos algo más débilmente correlacionados con el grupo ferromagnesiano (aunque no con todos los elementos por igual) son Cu, Zn, Mn, Al, Eu, Ce, La, Sm, Se, Ca, Sr, U, Ti, P.

	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Br	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Eu	Fe	Hf	Hg	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na	Nd	Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	Sc	Se	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Te	Th	Ti	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr		
Ag	1.00	-0.02	0.01	0.89	0.00	0.02	0.05	0.01	-0.01	0.08	-0.01	-0.02	0.02	0.00	-0.01	0.18	-0.02	0.04	0.02	0.01	0.00	-0.02	-0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.04	-0.02	-0.02	0.09	0.14	0.00	0.29	0.05	-0.01	0.05	-0.02	0.43	0.07	0.01	0.02	0.01	0.01	0.11	0.01	0.13	0.10	0.05					
Al	-0.02	1.00	0.29	-0.01	0.06	0.13	0.46	0.05	0.18	0.01	-0.05	0.33	0.42	0.37	0.33	0.28	0.37	0.33	0.28	0.30	-0.18	-0.01	0.56	0.34	0.43	0.12	0.30	0.17	0.01	0.12	0.28	0.54	0.25	0.06	0.57	-0.01	0.13	0.54	0.29	0.34	0.05	0.19	0.01	0.10	-0.01	0.31	-0.06	0.23	0.28	0.11	0.26	0.14	0.18	0.11
As	0.01	0.29	1.00	0.00	0.03	0.09	0.19	0.13	0.14	-0.15	0.00	0.37	0.34	0.24	0.27	0.52	0.36	0.09	-0.20	-0.01	0.28	0.36	0.37	-0.03	-0.10	0.20	0.13	-0.29	0.33	0.44	0.10	0.10	0.33	0.06	0.50	0.20	0.30	0.34	0.14	-0.06	-0.10	0.05	0.07	0.23	0.08	0.17	0.39	0.13	-0.06	-0.01	0.10	0.09		
Au	0.89	-0.01	0.00	1.00	0.03	0.04	0.02	0.00	-0.03	0.06	-0.01	0.00	0.01	0.01	-0.02	0.17	-0.02	0.03	-0.01	0.01	-0.02	0.01	-0.04	-0.01	0.02	0.00	0.00	0.05	-0.01	-0.01	0.09	0.11	0.00	0.24	0.04	-0.01	0.03	0.00	0.35	0.05	-0.03	0.01	0.00	-0.01	0.03	-0.02	0.01	0.11	-0.02	-0.01	0.07	-0.01		
B	0.00	0.06	0.03	0.03	1.00	-0.02	0.08	0.03	-0.07	-0.04	0.04	0.17	-0.01	0.01	-0.03	-0.02	0.03	-0.07	-0.05	-0.01	-0.02	0.22	0.01	0.01	-0.01	-0.05	0.17	0.11	0.10	0.06	-0.01	-0.04	-0.02	0.00	-0.04	0.00	0.08	0.12	0.08	-0.01	-0.03	0.04	0.08	0.09	0.06	0.18	0.13	0.14	-0.03	0.00	-0.06	0.06		
Ba	0.02	0.13	0.09	0.04	-0.02	1.00	0.08	0.01	0.07	-0.02	-0.03	0.05	0.09	0.07	0.13	0.16	0.07	0.08	-0.01	0.00	0.23	0.04	0.13	0.04	0.01	0.09	0.02	-0.09	0.04	0.09	0.05	0.08	0.18	0.01	0.12	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.04	0.00	0.10	0.04	0.04	0.08	0.02	0.01	0.03	0.08	0.07		
Be	0.05	0.46	0.19	0.02	0.08	0.08	1.00	0.02	0.08	-0.12	-0.02	0.30	0.08	0.02	0.29	0.11	0.23	0.05	-0.03	-0.02	0.42	0.30	0.31	0.26	-0.05	0.05	0.06	0.02	0.25	0.17	0.10	0.09	0.41	0.01	0.09	0.13	0.23	0.31	0.20	0.02	0.20	0.17	0.02	0.33	-0.01	0.31	0.15	0.15	0.25	0.27	0.09	0.22		
Bi	0.01	0.05	0.13	0.00	0.03	0.01	0.02	1.00	0.00	0.08	0.48	0.02	0.05	0.03	0.05	0.08	0.06	0.08	-0.03	0.02	0.02	0.02	0.08	0.00	0.02	0.06	0.01	-0.02	0.01	0.06	0.04	0.03	0.03	0.01	0.05	0.05	0.11	0.02	0.10	0.07	0.03	0.02	0.49	0.00	0.00	-0.01	0.02	0.21	0.02	-0.01	0.11	0.01		
Br	-0.01	0.18	0.14	-0.03	-0.07	0.07	0.08	0.00	1.00	0.25	-0.07	-0.07	0.21	0.20	0.15	0.12	0.00	0.09	-0.08	0.05	0.12	-0.09	0.14	0.05	0.20	0.12	0.02	-0.02	-0.06	0.17	0.05	0.03	0.10	0.01	0.15	0.21	0.11	-0.05	0.09	0.11	-0.02	0.01	0.00	-0.02	0.06	0.06	0.13	-0.06	0.11	0.07	0.06	0.13		
Ca	0.08	0.01	-0.15	0.06	-0.04	-0.02	-0.12	0.08	0.25	1.00	-0.10	-0.24	0.23	0.17	-0.27	-0.04	-0.04	0.33	0.17	0.07	-0.24	-0.23	-0.31	0.12	0.58	0.08	-0.05	0.37	-0.18	0.01	0.30	-0.05	-0.35	0.08	-0.08	0.30	0.08	-0.12	0.02	0.55	0.14	0.02	0.05	-0.17	0.09	-0.09	0.01	-0.04	0.32	0.10	0.09	0.06		
Cd	-0.01	-0.05	0.00	-0.01	0.04	-0.03	-0.02	0.48	-0.07	-0.10	1.00	0.00	-0.16	-0.05	-0.01	-0.04	-0.08	-0.17	-0.02	0.00	-0.01	0.01	-0.01	-0.05	-0.11	-0.11	-0.06	-0.04	-0.02	-0.09	-0.16	0.12	0.04	-0.04	-0.03	-0.12	-0.12	-0.04	0.03	-0.06	-0.10	-0.04	0.30	0.02	-0.10	-0.02	-0.13	-0.01	-0.09	-0.05	0.09	-0.10		
Ce	-0.02	0.33	0.37	0.00	0.17	0.05	0.30	0.02	-0.07	-0.24	0.00	1.00	0.17	0.11	0.16	0.24	0.83	0.02	-0.03	-0.04	0.32	0.98	0.31	0.23	-0.21	0.04	0.13	-0.17	0.91	0.29	0.10	-0.05	0.34	0.07	0.22	0.14	0.34	0.95	0.16	-0.13	0.03	0.31	0.01	0.66	0.09	0.29	0.30	0.12	0.07	0.23	-0.04	0.19		
Co	0.02	0.42	0.34	0.01	-0.01	0.09	0.08	0.05	0.21	0.23	-0.16	0.17	1.00	0.58	0.18	0.37	0.37	0.67	-0.17	0.00	0.12	1.00	0.26	0.02	0.51	0.38	0.04	0.08	0.17	0.68	0.36	0.05	0.11	0.02	0.22	0.78	0.29	0.22	0.07	0.22	0.02	0.04	0.02	0.09	0.21	0.07	0.49	0.02	0.21	0.05	0.26	0.12		
Cr	0.00	0.37	0.24	0.01	0.01	0.07	0.02	0.03	0.20	0.17	-0.05	0.11	0.58	1.00	0.19	0.29	0.15	0.35	-0.11	-0.02	0.13	0.11	0.18	0.07	0.46	0.15	0.05	0.06	0.08	0.71	0.17	0.03	0.15	0.00	0.16	0.65	0.17	0.12	0.06	0.12	-0.16	0.03	0.02	0.17	0.14	0.15	0.45	0.06	0.09	0.10	0.09	0.07		
Cs	-0.01	0.33	0.27	-0.02	-0.03	0.13	0.29	0.05	0.15	-0.27	-0.01	0.16	0.18	0.19	1.00	0.14	0.16	0.09	-0.30	-0.04	0.51	0.15	0.69	-0.09	-0.14	0.10	0.04	-0.51	0.12	0.37	-0.01	0.19	0.62	-0.03	0.17	0.23	0.07	0.10	0.18	-0.06	-0.03	0.02	0.23	0.02	0.09	0.18	0.21	-0.12	-0.07	0.19	0.03			
Cu	0.18	0.28	0.52	0.17	-0.02	0.16	0.11	0.08	0.12	-0.04	-0.04	0.24	0.37	0.29	0.14	1.00	0.27	0.16	-0.23	0.01	0.23	0.23	0.20	-0.10	0.09	0.22	0.17	-0.16	0.22	0.51	0.28	0.12	0.22	0.11	0.37	0.27	0.25	0.23	0.20	0.00	-0.14	-0.01	0.00	0.10	0.12	0.05	0.46	0.09	-0.05	-0.09	0.21	0.05		
Eu	-0.02	0.37	0.36	-0.02	0.03	0.07	0.23	0.06	0.00	-0.04	-0.08	0.83	0.37	0.15	0.16	0.27	1.00	0.37	-0.02	-0.02	0.28	0.80	0.29	0.19	0.03	0.19	0.11	-0.09	0.82	0.32	0.32	-0.04	0.26	0.07	0.25	0.37	0.39	0.88	0.13	0.05	0.18	0.30	0.00	0.47	0.15	0.17	0.35	0.04	0.21	0.20	0.11	0.20		
Fe	0.04	0.30	0.09	0.03	-0.07	0.08	0.05	0.08	0.09	0.33	-0.17	0.02	0.57	0.35	0.09	0.16	0.37	1.00	0.02	0.01	0.03	0.00	0.10	0.11	0.46	0.46	-0.01	0.24	0.07	0.36	0.47	0.05	-0.05	0.02	0.14	0.69	0.25	0.14	0.05	0.34	0.27	0.10	0.03	-0.04	0.21	-0.04	0.36	-0.04	0.37	0.13	0.33	0.16		
Hf	0.02	-0.18	-0.20	-0.01	-0.05	-0.01	-0.03	-0.03	-0.08	0.17	-0.02	-0.03	-0.17	-0.11	-0.30	-0.23	-0.02	0.02	1.00	0.02	-0.11	-0.05	-0.29	0.64	0.04	-0.04	-0.03	0.27	-0.01	-0.35	0.04	-0.04	-0.26	-0.02	-0.16	-0.12	0.04	0.06	-0.04	0.15	0.30	0.23	-0.04	0.39	0.02	0.36	-0.16	-0.08	0.37	0.59	-0.02	0.29		
Hg	0.01	-0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.00	-0.02	0.02	0.05	0.07	0.00	-0.04	0.00	-0.02	-0.04	0.01	-0.02	0.01	0.02	1.00	-0.02	-0.04	-0.04	0.01	0.03	0.03	0.00	0.04	-0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.03	0.02	0.01	0.07	0.05	-0.03	-0.02	-0.01	0.02	0.05	0.00	0.01	0.01				
K	0.00	0.56	0.28	-0.02	-0.02	0.23	0.42	0.02	0.12	-0.24	-0.01	0.32	0.12	0.13	0.51	0.23	0.28	0.03	-0.11	-0.02	1.00	0.31	0.50	0.13	-0.09	0.10	0.07	-0.32	0.26	0.31	0.09	0.13	0.79	-0.01	0.18	0.16	0.18	0.29	0.17	-0.06	0.01	0.09	0.01	0.38	0.04	0.21	0.19	0.09	0.05	0.15	0.16	0.19		
La	-0.02	0.34	0.36	0.01	0.22	0.04	0.30	0.02	-0.09	-0.23	0.01	0.98	0.14	0.11	0.15	0.23	0.80	0.00	-0.05	-0.04	0.31	1.00	0.28	0.19	-0.20	0.02	0.12	-0.15	0.89	0.28	0.09	-0.05	0.33	0.07	0.21	0.13	0.32	0.93	0.15	-0.13	0.01	0.28	0.00	0.64	0.08	0.28	0.29	0.14	0.05	0.20	-0.06	0.17		
Li	-0.02	0.43	0.37	-0.04	0.01	0.13	0.31	0.08	0.14	-0.31	-0.01	0.31	0.26	0.18	0.69	0.20	0.29	0.10	-0.29	-0.04	0.50	0.28	1.00	-0.07	-0.15	0.12	0.06	-0.53	0.28	0.46	0.02	0.21	0.62	-0.01	0.26	0.24	0.21	0.27	0.15	-0.15	-0.05	0.02	0.07	0.31	0.06	0.10	0.30	0.10	-0.07	-0.05	0.27	0.09		
Lu	0.03	0.12	-0.03	-0.01	0.01	0.04	0.26	0.00	0.05	0.12	-0.05	0.23	0.02	0.07	-0.09	-0.10	0.19	0.11	0.64	0.01	0.13	0.19	-0.07	1.00	0.08	0.05	0.05	0.29	0.21	-0.11	0.03	0.00	-0.02	-0.02	-0.06	0.14	0.29	0.35	0.13	0.14	0.36	0.49	-0.04	0.49	0.09	0.46	0.00	0.01	0.62	0.95	0.04	0.44		
Mg	0.02	0.30	-0.10	0.02	-0.01	0.01	-0.05	0.02	0.20	0.58	-0.11	-0.21	0.51	0.46	-0.14	0.09	-0.03	0.46	0.04	0.03	-0.09	-0.20	-0.15	0.08	1.00	0.16	-0.07	0.43	-0.17	0.38	0.33	-0.04	-0.20	0.00	-0.15	0.61	0.10	-0.11	-0.05	0.38	-0.02	-0.03	0.04	-0.10	0.08	-0.02	0.20	-0.07	0.33	0.06	0.17	0.07		
Mn	0.01	0.17	0.20	0.00	-0.05	0.09	0.05	0.06	0.12	0.08	-																																											

- El Ca presenta correlación clara con un grupo de elementos reducido. Tiene una correlación positiva fuerte con el Mg (0,58) y el Sr (0,55), así como otras más débiles ($\sim 0,3$) con Br, Fe, Sc, P, V, Y. Presenta un antagonismo moderado con elementos como Cs, Li, Be y Tierras Raras, generalmente asociadas a rocas ígneas.
- Es lógica y esperable, la correlación estrecha entre Rb y K (sustitución de K por Rb en feldespatos).
- Entre los elementos de mineralización hay que destacar las asociación, fuertemente cohesionada, aunque corta en efectivos, de Pb y Zn. Otra asociación de mineralización es la existente entre As y Cu (0,52) y de As con Sb (0,53)
- El S no tiene una correlación clara con otros elementos salvo con Ag, Au y Sn, con los que la correlación es débil (0,2-0,3).
- El Se no manifiesta asociación estrecha con ningún elemento, salvo con Co, Cu, Ni y algunas Tierras Raras, con los que establece coeficientes muy pequeños (0,20).
- El Te no está correlacionado con los restantes elementos, salvo con el Ca, con quien tiene un coeficiente de correlación muy bajo (0,20). Esta frágil correlación es, por otra parte lógica, al ser elementos generalmente asociados en sus distribuciones geoquímicas.
- El Na tiene, asimismo escasa correlación, sobre todo positiva, con otros elementos. Están correlacionados positivamente, con coeficientes inferiores a 0,5, Ca, Mg, Sr, Y, Yb, mientras que los elementos con comportamiento antagónico, con los que muestra coeficientes de correlación negativos ($< 0,5$ con varios de ellos) son Cs, As, K, Rb, Li, Sb.
- El Ti, quizás como consecuencia de su dispersión analítica o de muestreo, aparece asociado a un grupo reducido de elementos con los que parece tener algo en común o manifestar alguna asociación en cuanto a su comportamiento. Éstos son el Sn, el V, el Zr y el Rb, siendo muy bajos los coeficientes con todos los demás.

6.5.2.2.- Diagramas de correlación binarios

Además del cuadro de coeficientes de correlación entre todos los elementos químicos que muestran alguna variabilidad, se han representado gráficamente, a través de gráficos de tipo scatter, las correlaciones de elementos tomados de dos en dos, pudiéndose observar en dichos gráficos la mayor o menor dispersión de la nube de puntos en relación con la recta de regresión (mayor o menor correlación) y la pendiente de la recta de regresión a la cual se ajustan, indicadora de la correlación positiva o negativa. En las figuras 6.361 a 6.374 se representan dichos **diagramas binarios de correlación** de los pares de elementos considerados como más significativos. En ellos se representan, sucesivamente y para los mismos pares de elementos, ajustes por regresión lineal y los ajustes por regresión a una función polinomial cuadrática. En esas figuras se comprueba la correlación existente entre dichos pares de elementos y se estima su mayor o menor afinidad.

Dadas la polimodalidad generalizada de las distribuciones de los contenidos químicos y la complejidad de la estructura geológica, es de esperar que la correlación entre un elemento y otro varíe según los tramos de contenidos o, dicho de otra forma, en las diferentes sub-poblaciones con diferente significado geológico o metalogénico. El definir las funciones óptimas de ajuste a estas funciones de distribución, polimodales en general, es un problema complejo. En los diagramas en los que el ajuste se ha realizado a partir de una función polinomial cuadrática puede verse cómo el grado de correlación varía según los tramos de valores de ambas variables, difiriendo sustancialmente, según los pares de elementos, para los valores elevados (anomalías) o para los valores medios y bajos (correlación geológica o litológica).

Figura 6.361. Diagramas binarios (scatter) de correlación de contenidos en elementos mayores. Ajuste por regresión lineal

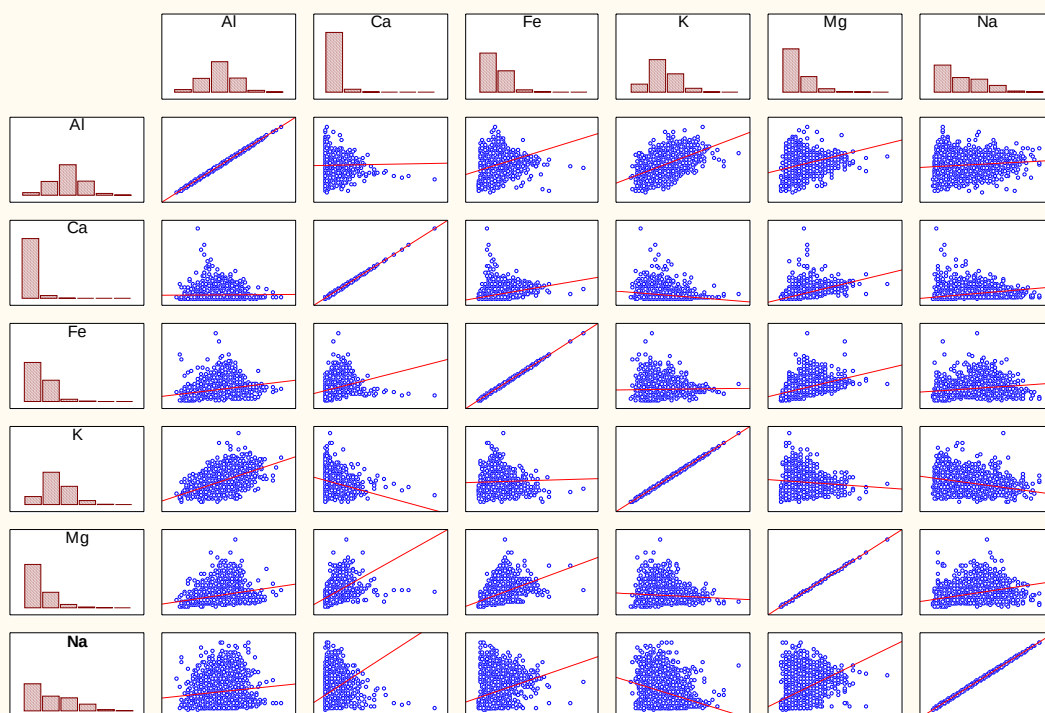


Figura 6.362. Diagramas de correlación binarios entre contenidos en elementos mayores. Ajuste por función polinomial.

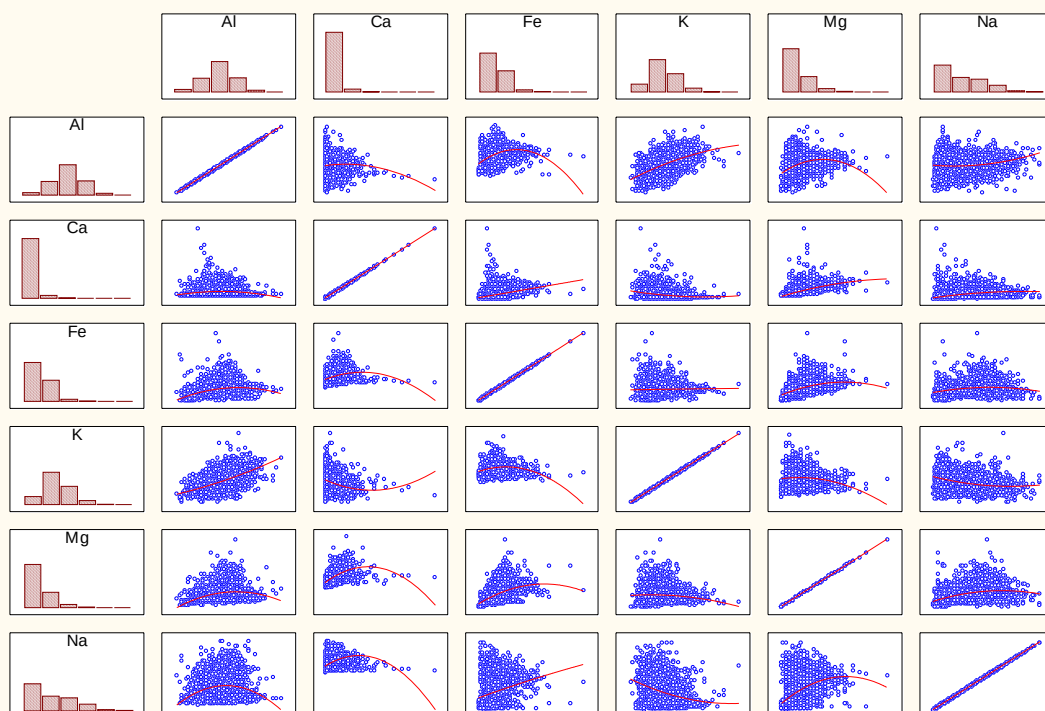


Figura 6.363. Diagramas de correlación binaria de pares entre Ce-Hf-K-Lu-Na. Ajuste por regresión lineal.

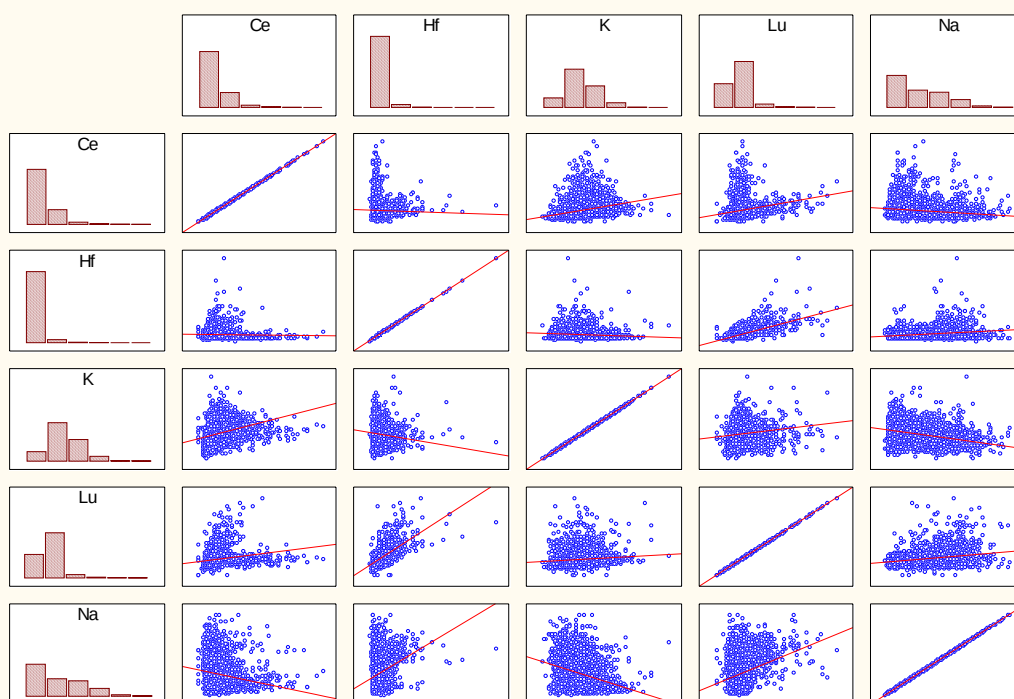


Figura 6.364. Diagramas de correlación binarios entre los contenidos de Ce-Hf-K-La-Lu-Na. Ajuste de función polinomial

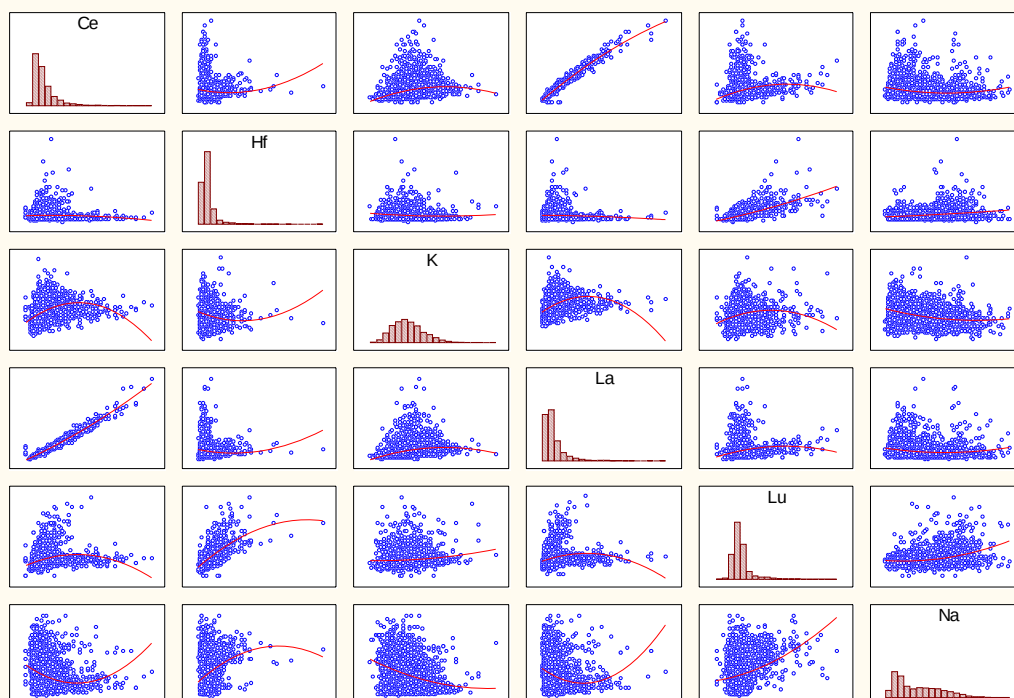


Figura 6.373. Diagramas de correlación binarios entre contenidos en As-Cu-Pb-Sb-Zn. Ajuste por función lineal.

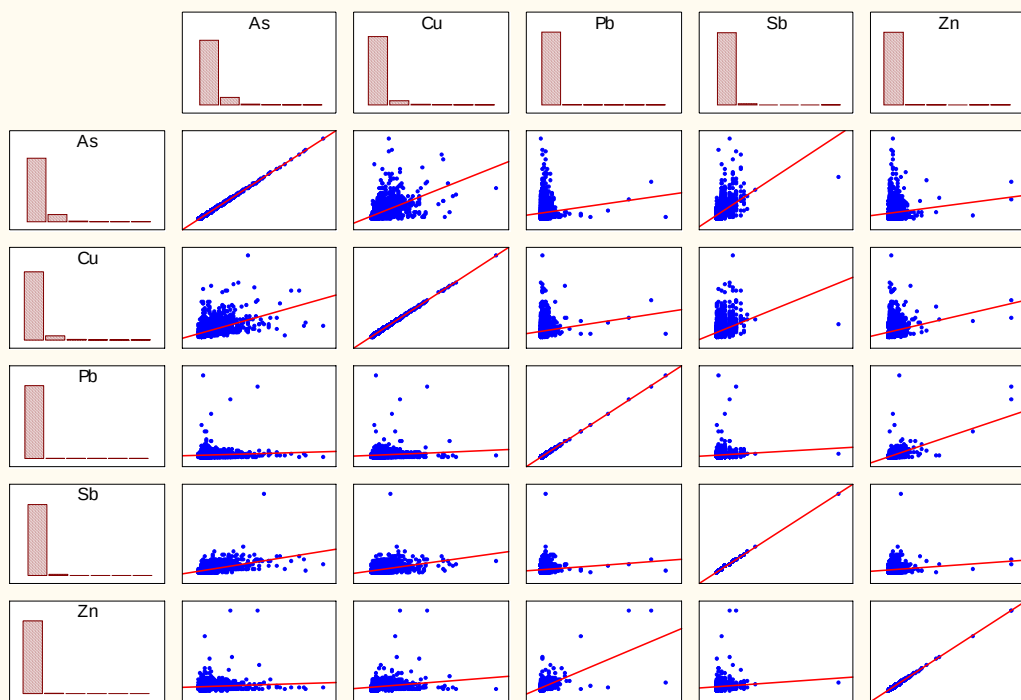
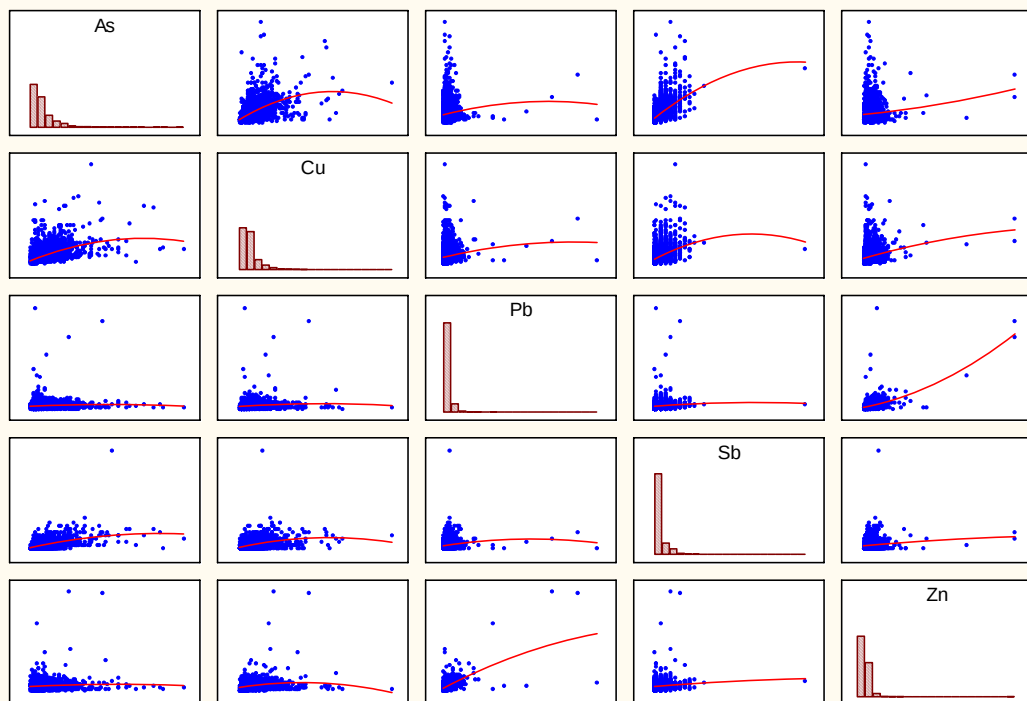


Figura 6.374. Diagramas de correlación binarios entre contenidos en As-Cu-Pb-Sb-Zn. Ajuste por función polinomial.



En las figuras 6.375 a 6.382, se pueden ver en forma más detallada diagramas binarios de correlación de algunos pares de elementos singulares. En estas figuras se pretende, únicamente, poner de manifiesto la complejidad del problema de las correlaciones, concluyendo que obviamente los ajustes por funciones lineales son una simplificación, válida, excepcionalmente, para algunos pares de elementos (por ejemplo, Lu-Yb, figura 6.382.). En las figuras 6.375 a 6.377 puede verse como para los elementos Na y B, las dispersiones a partir de las curvas de las funciones ajustadas son menores en el tramo de valores elevados de B, lo que indica una asociación genéticamente diferente que para el resto de los valores, probablemente relacionada con la posible intrusión granítica subaflorante entre Zahinos y Villanueva del Fresno, ya mencionada anteriormente. Otro tanto podría decirse, a partir de las figuras 6.378 a y 6.378 b, para el par Na-U, en cuanto a los valores elevados de U (por encima de 8-10 mg/kg). En las figuras 6.379 a y 6.379 b, que representan a diagramas binarios de correlación entre Na y Fe, en los cuales puede apreciarse una menor dispersión con respecto a las curvas de las funciones de ajuste en el tramo de valores elevados de Fe, traduciendo posiblemente la frecuente asociación, dentro de las mineralizaciones de Fe, de tipos variados, con rocas ígneas albiticas o con alteraciones hidrotermales de albitización. En las figuras 6.380 y 6.381, se analizan las relaciones entre Zn y Pb, y W y Bi respectivamente. Estos pares de elementos aparecen estrechamente asociados en mineralizaciones de Zn-Pb y de W-Bi, éstas últimas frecuentes en el área del campo filoniano de Oliva de La Frontera. Sin embargo, son evidentes, y sobre todo en el caso de Zn y Pb, sus muy distintas asociaciones al nivel de las unidades litológicas. El Zn muestra afinidad por elementos de la asociación ferromagnesiana (Sc, V, Mg, Fe, Cr, Ni) en rocas ígneas básicas y en algunas unidades sedimentarias que incorporan materiales detríticos de éstas, mientras que el Pb está más asociado con rocas intrusivas ácidas y rocas sedimentarias derivadas. El diferente grado de correlación se manifiesta en la figura 6.380, en la que se observa la mayor correlación o menor dispersión para los valores elevados de Zn y para algunos de Pb. Rasgos parecidos se observan en la relación entre W y Bi.

Las figuras 6.382 a y 6.382 b, en las que se representan las relaciones entre Yb-Lu y Yb-Ce, respectivamente, indican el muy diferente comportamiento y distribución de estos elementos del grupo de las Tierras Raras. Así como Lu e Y, muestran una gran y permanente asociación geoquímica (T.R. pesadas), dando lugar a un ajuste muy neto a una función casi lineal. Ce e Yb (uno, T.R. ligera y el otro, T.R. pesada) muestran distribuciones, a escala geológica, algo diferentes aunque coincidentes en algunas unidades. Ello se refleja, en el diagrama de correlación binaria, en una mayor o menor dispersión en los diferentes tramos de contenidos.

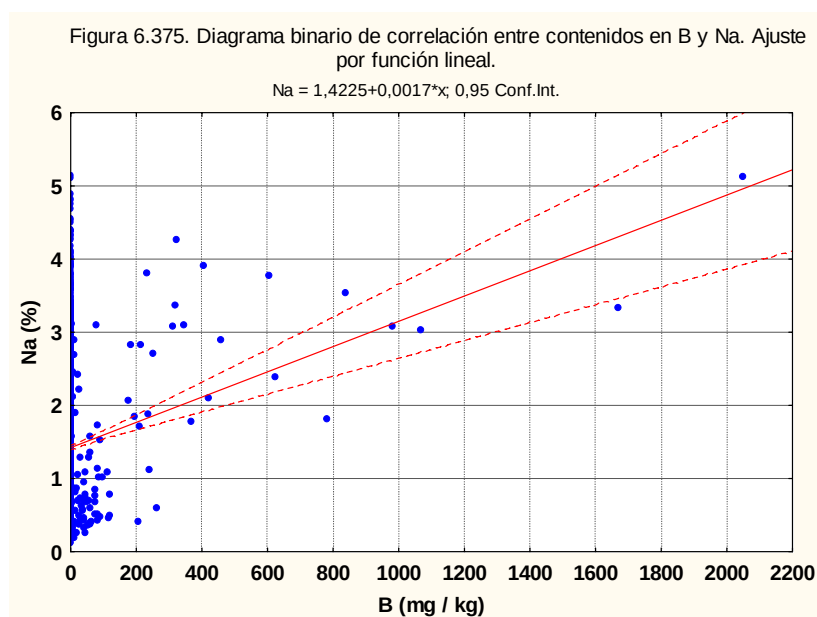


Figura 6.376. Diagramas binarios de correlación entre los contenidos en B y Na. Ajuste por función polinómica

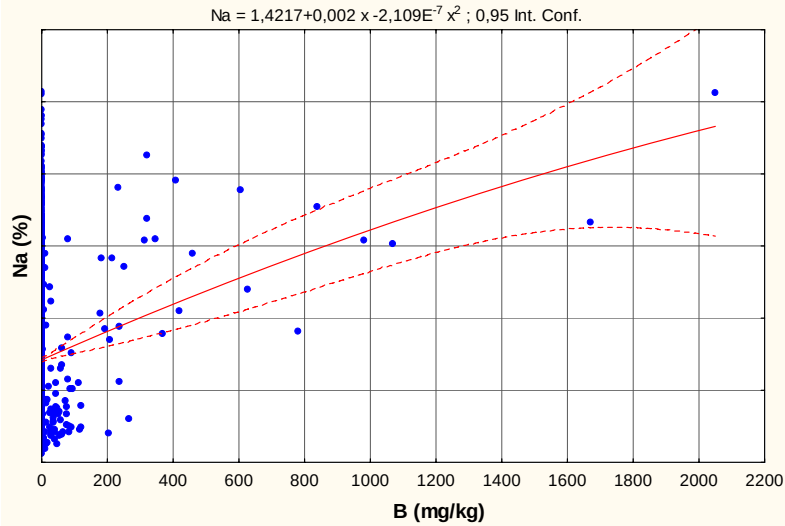


Figura 6.377. Diagrama binario de correlación entre contenidos en B y Na. Ajuste for regresión por mínimos cuadrados ponderada según distancias.

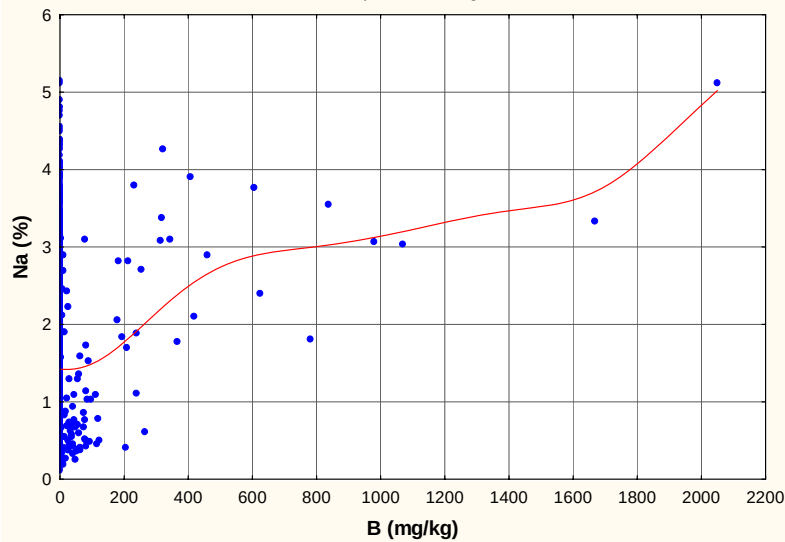


Figura 6.378 a. Diagrama binario de correlación entre contenidos en Na y en U

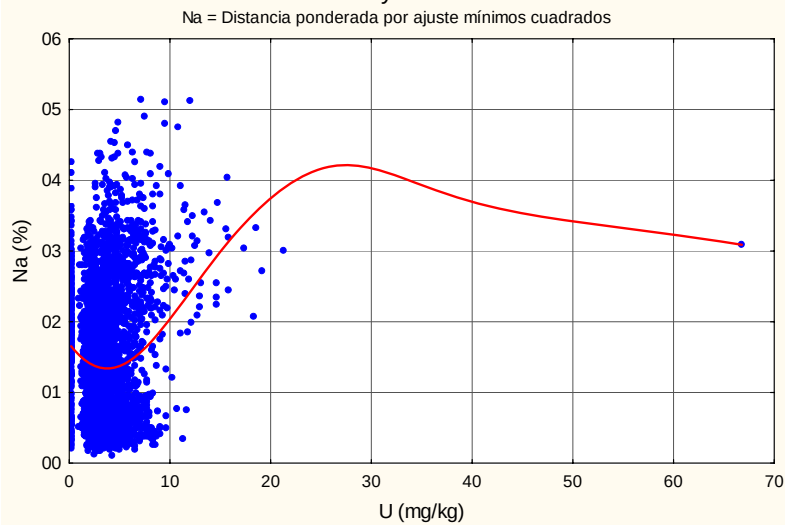


Figura 6.378 b. Diagrama binario de correlación entre contenidos en Na y U.

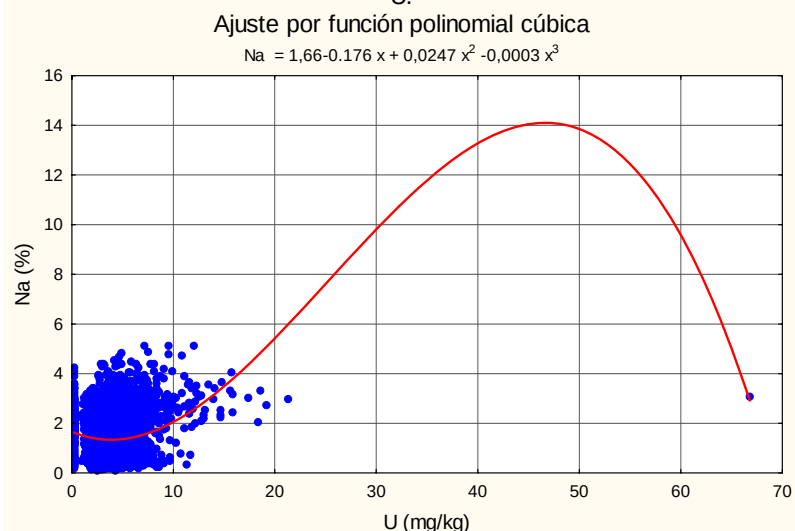


Figura 6.379 a. Diagrama binario de correlación entre contenidos en Na y Fe

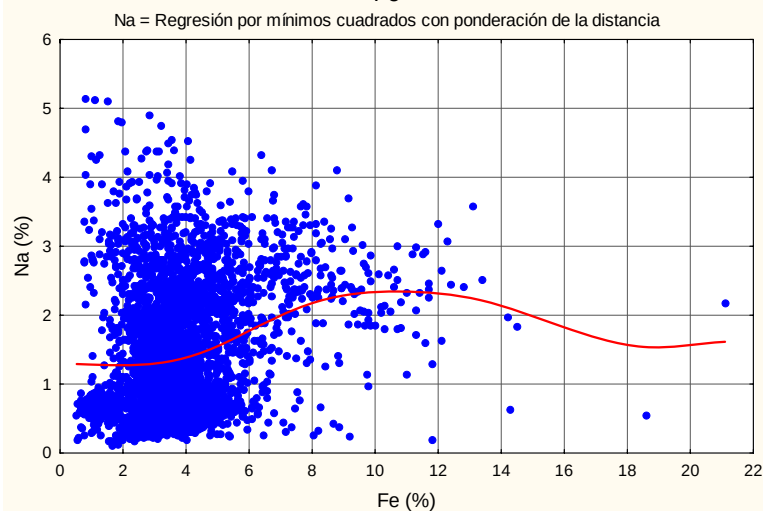


Figura 6.379 b. Diagrama binario de correlación entre contenidos en Na y Fe. Ajuste por función polinomial cúbica

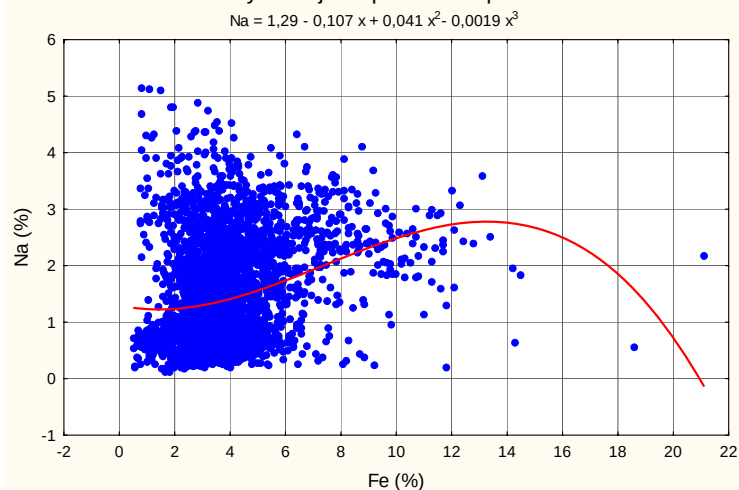


Figura 6.380. Diagrama binario de correlación entre contenidos en Zn y Pb.

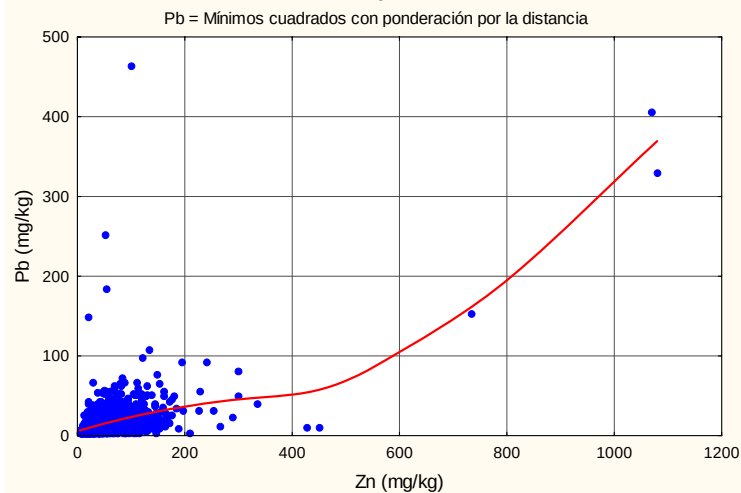


Figura 6.381. Diagrama binario de correlación entre contenidos en W y Bi.

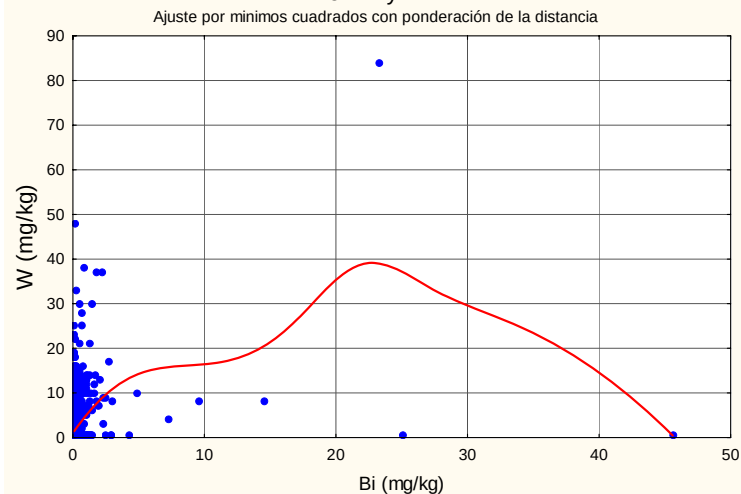
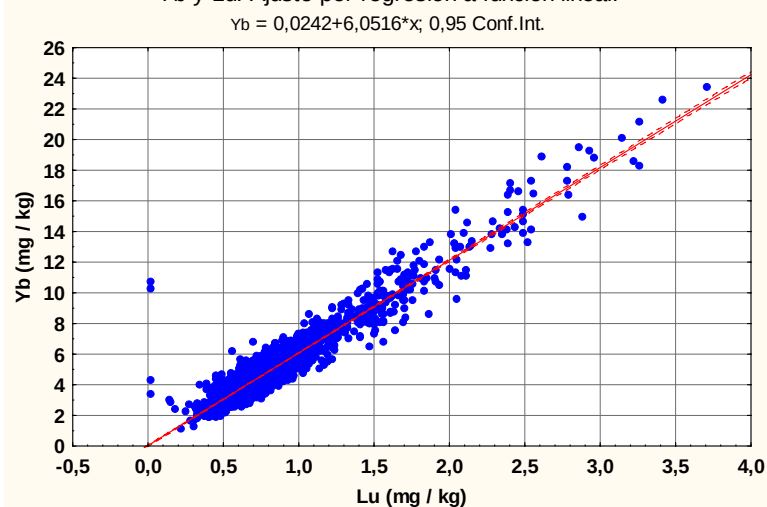
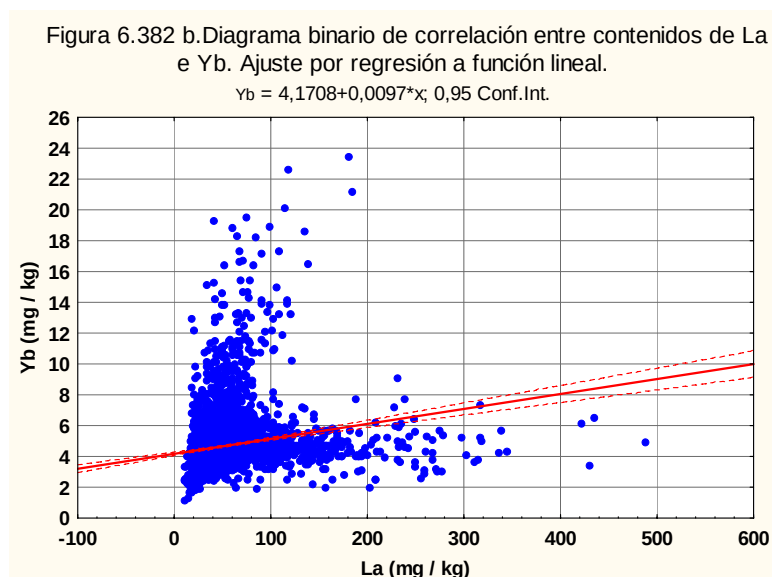


Figura 6.382 a. Diagrama binario de correlación entre contenidos en Yb y Lu. Ajuste por regresión a función lineal.





6.5.3.- ESTUDIO Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE

Tras el estudio de las variables geoquímicas una a una (estudio univariante), luego tomadas de dos en dos (análisis bivalente), se pasa a estudiar las variables en su conjunto para esclarecer las relaciones que subyacen entre ellas, conocer la estructura interna de las distribuciones y definir y analizar las asociaciones geoquímicas que explican mejor el espacio geoquímico.

6.5.3.1.- Análisis factorial.

El objeto de las técnicas de análisis multivariante es reducir la dimensionalidad del gran volumen de información introducido por 54 variables geoquímicas en 3.547 muestras (matriz de 3.457 x 54) a un número más reducido de variables que sintetizan el comportamiento de los elementos y permitan comprender la estructura geoquímica y las relaciones internas que existen entre elementos químicos. La técnica de análisis multivariante que se ha utilizado es la del **análisis factorial con extracción de factores o componentes principales**, muy adecuada a las características de la información geoquímica multielemental.

Es conveniente precisar la existencia de dos vías de análisis multivariante, entre las cuales se suelen producir confusiones. El análisis de componentes principales (ACP) toma en cuenta la varianza máxima de todas las variables mientras que el análisis factorial se basa en obtener las máximas correlaciones entre variables. En el ACP todas las variables deben forzosamente ser tenidas en cuenta (tantos componentes como variables) mientras que en el AF se puede seleccionar un número de variables inferior al total (variables inter-correlacionadas) y el número puede determinarse y ser mucho menor que el número de variables (y no explicar la totalidad de la variabilidad). Por ello el AF es más adecuado para conocer la estructura interna del espacio geoquímico. El conjunto de datos con el que se realiza el A.F. debe de cumplir unas condiciones mínimas para que este sea resolutorio y fiable.

Los datos analíticos recogidos en una campaña geoquímica multielemental incluyen elementos (mayores, menores y traza) con muy distintos rangos o recorridos de variación de los contenidos e, incluso éstos ser medidos con diferentes tipos de unidades. Ello puede representar un problema por cuanto los elementos con mayor varianza pueden tener una mayor presencia e influencia en los resultados.

Al ser la varianza una magnitud absoluta y adimensional, no deberían ser incluidos simultáneamente en un mismo análisis multivariante elementos con expresiones tan dispares y ello implica la necesidad de estandarizar los datos a una media y varianza comparables. Sin embargo la estandarización no es totalmente efectiva y tiene poco sentido si las distribuciones de datos son muy asimétricas (como es el caso en varias de las variables de este estudio). En estos casos, no es suficientemente la estandarización y es frecuentemente necesario proceder a otra transformación suplementaria de los datos, encaminada a lograr una mayor simetría de las distribuciones (en general, transformación logarítmica). En definitiva, el tratamiento de varias variables, con rangos de variación muy diferentes y distintas asimetrías, supone la necesidad de proceder, previamente al proceso de análisis multivariante, a transformaciones de las distribuciones tendentes a disminuir la asimetría y a estandarizar y centrar las distribuciones, es decir a aproximar las distribuciones a distribuciones normales. El análisis factorial es particularmente sensible a este requerimiento.

Es una característica del AF, la sensibilidad a la elección de los elementos que se consideran en el tratamiento y al número de factores que se extraen. La introducción o eliminación de un elemento o del cambio del número de factores supone, a veces, diferencias sensibles en la naturaleza de los factores. Por ello, este tratamiento supone, a menudo, la necesidad de varios ensayos y aproximaciones previas para valorar las variaciones introducidas en los resultados por las elecciones de partida, y suele ser, si se desea ser riguroso, bastante laborioso (Reimann et al., 2008).

Dentro de la diversidad de los procedimientos posibles en las técnicas del A.F. hay dos principales: AFP (análisis de factores principales) y ML (“maximum likelyhood”), habiéndose utilizado, en este caso, la variante AFP, de análisis de factores principales. Se ha hecho sobre un grupo de 42 variables que incluyen a todas aquellas que muestran variabilidad suficiente y un grado apreciable de correlación con las restantes variables. El tratamiento no se ha efectuado sobre los valores naturales, sino sobre los valores del Log_{10} de las concentraciones (**transformación logarítmica**), a los cuales se ha sometido posteriormente a un proceso de **normalización** (valor absoluto de la diferencia entre el valor de cada elemento y media aritmética dividida por la desviación típica), con el objetivo de que las distribuciones se asemejen lo más posible a distribuciones normales.

Se han extraído **6 factores**, tras un proceso de rotación del espacio factorial por el método Varimax normalizado, que explican, en conjunto, el **65,96 % de la variabilidad geoquímica total**, haciéndolo, cada uno de ellos, en proporción superior al 5%, por lo que se considera consistente el resultado obtenido. En la figura 6.383 se representa el “scree Plot” mostrando la variación de los valores Eigen en función del número de factores extraídos. Los 6 factores extraídos mantienen a los valores Eigen por encima de la unidad.

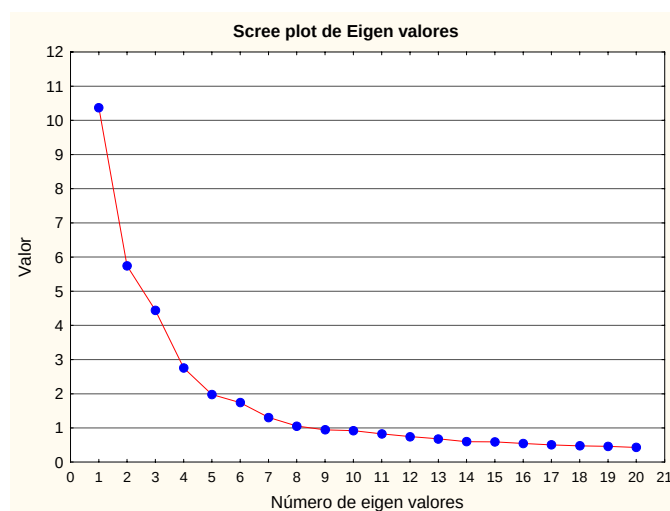
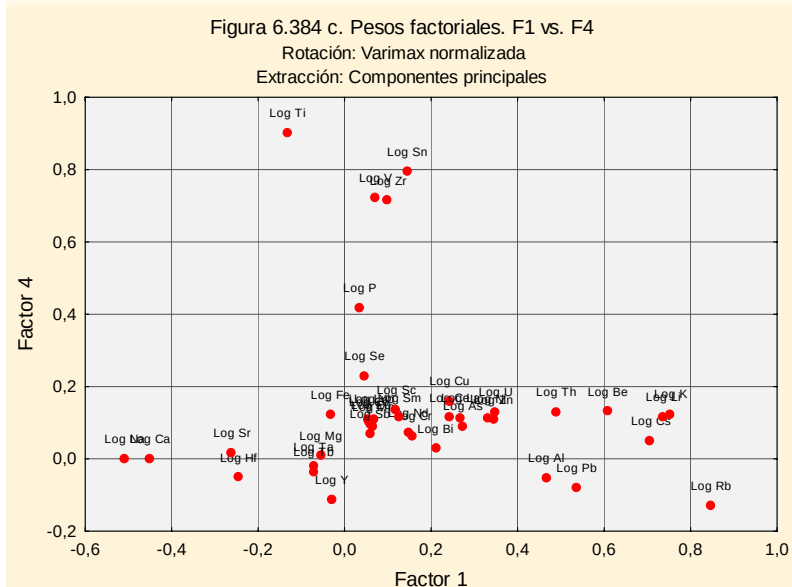
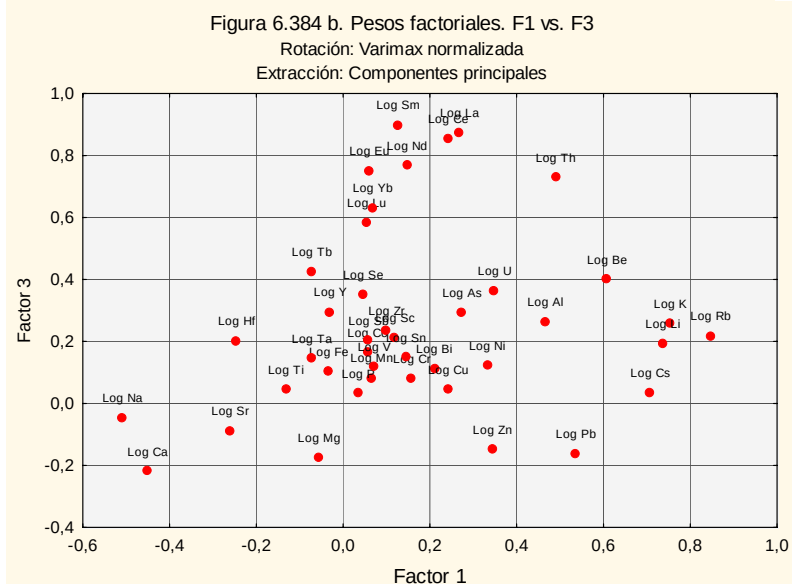
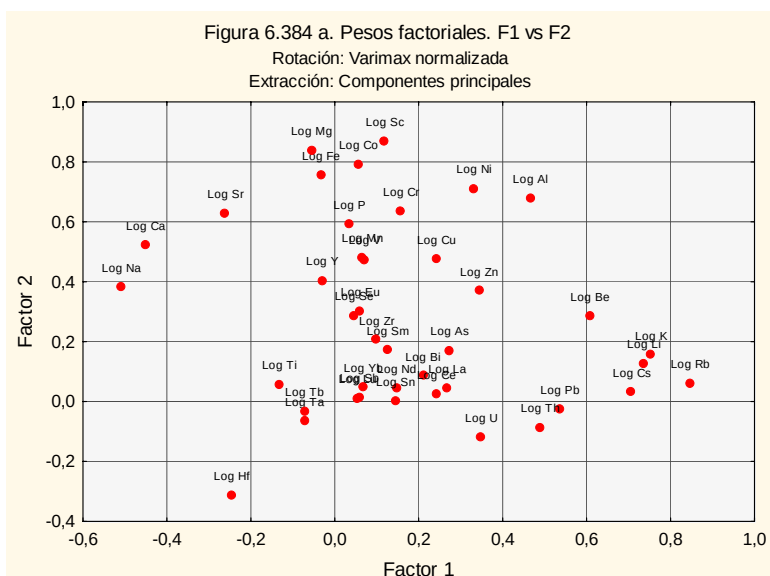
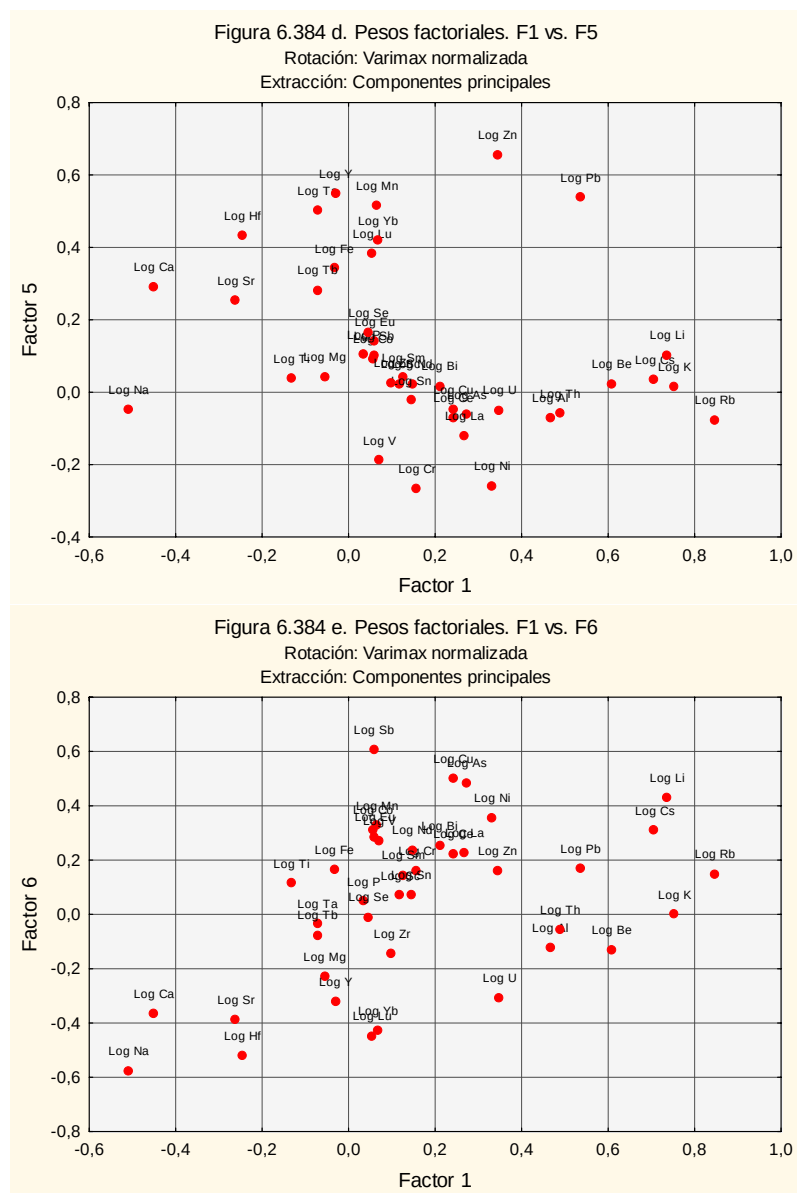


Figura 6.383. Scree Plot del análisis factorial realizado, en el que puede valorarse el nº de factores extraíbles

En las figuras 6.384 a, b, c, d, e, se representa la ubicación de los elementos en los planos de los factores tomados de dos en dos, dentro del espacio factorial. Pueden apreciarse en ellas, por su agrupamiento y proximidad la naturaleza de los factores extraídos.





En la **tabla 6.5** figuran los datos básicos para interpretar el ACP realizado, apareciendo en él los pesos de las distintas variables en los factores (**pesos factoriales**) y las proporciones de cada uno en la explicación de la varianza total. Se han consignado, entre paréntesis, las variables cuyo peso es inferior a 0,5, pero considerándose significativos aquellos pesos factoriales comprendidos entre 0,25 y 0,5, el sentido y estructura de los factores extraídos es el siguiente (ver tabla 6.5).

Factor 1: Rb-K-Li-Cs-Be-Pb-(Th-Al-U-Zn-Ni-As-La) opuesto a Na-(Ca-Sr)

Explica el 11,88 % de la varianza total.

Esta asociación, formada por elementos mayores (K, Al), elementos granitófilos (Rb, Li, Cs, Be, U, Th), elementos del grupo de las T.R., y otros asociados a rocas ígneas ácidas (As) tiene muy probablemente un sentido litológico, relacionado con rocas intrusivas ácidas..

Factor litológico.

Factor 2: Sc-Mg-Co-Fe-Ni-Al-Cr-Sr-P-Ca-(V-Cu-Mn-Zn-Na-Se-Be)

Explica el 16,36 % de la varianza total.

Esta asociación está formada por elementos ferromagnesianos, muy similar al que caracteriza, en general a las rocas ígneas básicas. Todos los elementos implicados son petrogenéticamente afines, salvo el Be que, por otra parte, puede aparecer en asociaciones menos básicas y el Na que, en la zona, puede estar asociado a los cuerpos intrusivos de rocas

ígneas intermedias o básicos (magma sódicos asociados o procesos de albitización constatados).

Factor litológico.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6
Al	0,4674	0,6778	0,2634	-0,0533	-0,0721	-0,1232
As	0,2724	0,1697	0,2914	0,0896	-0,0623	0,4823
Be	0,6089	0,2846	0,3990	0,1307	0,0221	-0,1321
Bi	0,2114	0,0846	0,1119	0,0281	0,0162	0,2515
Ca	-0,4499	0,5200	-0,2193	-0,0009	0,2901	-0,3662
Ce	0,2428	0,0247	0,8542	0,1136	-0,0711	0,2230
Co	0,0570	0,7907	0,1634	0,1028	0,0914	0,3103
Cr	0,1580	0,6337	0,0802	0,0632	-0,2680	0,1611
Cs	0,7066	0,0306	0,0323	0,0486	0,0332	0,3085
Cu	0,2428	0,4735	0,0437	0,1597	-0,0480	0,5005
Eu	0,0611	0,3011	0,7502	0,0939	0,1388	0,2843
Fe	-0,0326	0,7558	0,1020	0,1219	0,3416	0,1632
Hf	-0,2455	-0,3144	0,2004	-0,0518	0,4319	-0,5203
K	0,7545	0,1549	0,2562	0,1233	0,0137	-0,0019
La	0,2688	0,0452	0,8719	0,1117	-0,1214	0,2266
Li	0,7378	0,1257	0,1924	0,1148	0,1016	0,4283
Lu	0,0549	0,0093	0,5830	0,1092	0,3815	-0,4494
Mg	-0,0546	0,8381	-0,1752	0,0090	0,0409	-0,2295
Mn	0,0668	0,4795	0,0815	0,0878	0,5155	0,3274
Na	-0,5083	0,3814	-0,0472	-0,0010	-0,0475	-0,5776
Nd	0,1478	0,0449	0,7676	0,0711	0,0227	0,2363
Ni	0,3330	0,7094	0,1206	0,1105	-0,2597	0,3535
P	0,0354	0,5908	0,0316	0,4167	0,1035	0,0470
Pb	0,5372	-0,0271	-0,1642	-0,0792	0,5373	0,1675
Rb	0,8473	0,0585	0,2164	-0,1288	-0,0780	0,1470
Sb	0,0591	0,0131	0,2020	0,0703	0,0991	0,6070
Sc	0,1197	0,8680	0,2102	0,1366	0,0216	0,0686
Se	0,0467	0,2863	0,3512	0,2293	0,1644	-0,0109
Sm	0,1275	0,1719	0,8971	0,1146	0,0401	0,1435
Sn	0,1454	0,0014	0,1480	0,7943	-0,0232	0,0717
Sr	-0,2607	0,6279	-0,0893	0,0161	0,2530	-0,3900
Ta	-0,0712	-0,0654	0,1451	-0,0222	0,5016	-0,0342
Tb	-0,0713	-0,0340	0,4254	-0,0368	0,2812	-0,0774
Th	0,4904	-0,0877	0,7281	0,1297	-0,0596	-0,0588
Ti	-0,1305	0,0558	0,0444	0,9017	0,0377	0,1131
U	0,3490	-0,1202	0,3640	0,1291	-0,0501	-0,3080
V	0,0719	0,4731	0,1182	0,7229	-0,1893	0,2706
Y	-0,0293	0,4021	0,2940	-0,1140	0,5478	-0,3237
Yb	0,0687	0,0468	0,6297	0,1098	0,4179	-0,4296
Zn	0,3447	0,3686	-0,1489	0,1085	0,6542	0,1591
Zr	0,0997	0,2049	0,2332	0,7136	0,0256	-0,1460
Expl.Var	4,8705	6,6939	6,1572	3,0222	2,6998	3,6001
Prp.Total	0,1188	0,1633	0,1502	0,0737	0,0658	0,0878

Tabla 6.5. Cuadro de pesos factoriales deducidos del AFP realizado sobre valores logarítmicos centrados de 42 variables tras rotación Varimax normalizada

Factor 3: Sm-La-Ce-Nd-Eu-Th-Yb-Lu-(Tb-Be-U-Y-K)

Explica el 15,02 % de la varianza total.

Esta asociación elemental, con un porcentaje alto de explicación de la variabilidad total, es muy significativa. Está constituida por elementos del grupo de las tierras raras y otros afines, como Th y U, con otros elementos granitófilos como K, Be, Y. Tiene una gran coherencia desde el punto de vista litológico y puede ser posiblemente explicado por su asociación a plutonismo ácido a intermedio o a determinadas litologías sedimentarias con participación de materiales de origen ígneo o muy especializadas geoquímicamente.

Factor litológico.

Factor 4: Ti-Sn-V-Zr-(P)

Explica el 7,37 % de la varianza total.

La estructura de este factor, formado por un grupo reducido de elementos, algunos de los cuales son de filiación granítica y aparecen en minerales que son claramente refractarios al análisis químico (rutilo, casiterita, apatito, circón). Este factor puede tener un significado litológico o de mineralización, en este caso ligado a una concentración residual de minerales pesados.

Factor litológico o de mineralización.

Factor 5: Zn-Y-Pb-Ta-Mn-(Hf-Yb-Lu-Fe-Ca-Sr)

Explica el 6,58 % de la varianza total

Este factor está representado por una asociación elemental que incluye varios elementos clásicos de mineralización, asociados a elementos litológicos granitofilos (T.R) y, también al Mn, por lo que este factor puede introducir también efectos de coprecipitación supergénica con respecto a óxidos-hidróxidos de Mn (Zn).

Factor de mineralización y/o litológico-geológico

Factor 6: Sb-Cu-(As-Li-Ni-Cs-Co-Mn-Bi), opuesto a F6 Neg.: Na-Hf-(Yb-Lu-Sr-Ca-Y-U)

Explica el 7,78 % de la varianza total.

La estructura de este factor está constituida por una mayoría de elementos de mineralización (Sb, Cu, As, Ni, Co, Bi) y de elementos con filiación granítica (Li, Cs). El factor negativo, definido por elementos asimismo relacionados con rocas intrusivas ácidas o intermedias (T.R., Na, Hf, Y, U) puede indicar un antagonismo entre la señal de mineralización y determinados tipos de rocas ígneas.

Factor de mineralización.

Para una mejor comprensión de los resultados del AFP y de su significado, es necesario, además de considerar la estructuración de los factores, representar la distribución espacial de los factores score de cada factor extraído. En las figuras 6.385 a 6.396 se han representado cartográficamente los **factores “score”** asociados a cada muestra (coeficiente que representa la proporción en que cada muestra se asocia o participa en cada factor o, en otras palabras, la expresión de los factores en cada muestra). La representación se ha efectuado con el mismo criterio con el que se ha efectuado la de los diferentes elementos (mapas de círculos y mapas de contornos tras constitución de una malla de 200 m de distancia entre puntos, por el método ID² (ponderación por el inverso de la distancia al cuadrado) y búsqueda circular de radio de 2.100 m y por cuadrantes.

Factor 1: Rb-K-Li-Cs-Be-Pb-(Th-Al-U-Zn-Ni-As-La), opuesto a F1 Neg.: Na-(Ca-Sr), figuras 6.385 y 6.386.

Esta asociación muestra una distribución espacial con un neto control litoestratigráfico, aunque se observan respuestas positivas en contextos litológicos con valores bajos en otras áreas de la zona. La respuesta más neta se asocia a los materiales de la Fm. Barrancos, por una parte y, por otra a unos recintos ocupados por litologías detríticas de la Fm. Xistos Raiados y de la Fm. Fatuquedo, en las cercanías de Oliva de La Frontera. En estos últimos los valores más elevados del factor score coinciden con el campo filoniano con mineralizaciones de W-Bi de Oliva. En el sector N se observan asimismo valores muy elevados sobre unos pequeños afloramientos de Carbonífero Superior englobados en la Fm. Esquistos de Jerez que más al Sur pasa a valores medios o bajos. Los afloramientos de orientación NO-SE situados más al O muestran respuestas en valores medios, aunque consistentes, mientras que los contiguos de la Fm. Xistos Raiados lo hacen de forma mucho menos uniforme, con una distribución más errática. El Flysch de Terena se identifica, de forma moderada pero uniforme, con ella. Finalmente, los materiales de la Serie Detrítica Superior y los materiales modernos de la Cuenca del Guadiana manifiestan una respuesta claramente negativa.

El rasgo más significativo, en lo que a las unidades sedimentarias se refiere es una respuesta amplia con valores elevados de los f.sc. en las Fm. Barrancos y Fatuquedo, que no se ajusta con claridad a ellas sino más bien a su contacto, que es de naturaleza tectónica y corresponde probablemente a una estructura de desgarre. La estructuración interna de esta banda es, además muy heterogénea e irregular en cuanto a los

valores que presenta. Esta banda de valores altos, que se inicia en campo filoniano de Oliva y llega hacia el NO hasta el recubrimiento de Terciario y Cuaternario, y que se manifiesta con claridad en Oliva, está relacionada con una asociación geoquímica que tiene una inequívoca relación con granitos peraluminicos evolucionados, con los cuales se identificaría el subflorante relacionado con las mineralizaciones de W-Bi. Este hecho, junto a la falta de heterogeneidad evidente en esta banda, en la que los máximos valores aparecen en pequeños parches discontinuos, plantea la posibilidad de otros pequeños intrusivos en profundidad hacia el NO, entre ellos el de Zahinos-Villanueva del Fresno, ya sugerido anteriormente. Es interesante destacar que, sin embargo, este supuesto cuerpo intrusivo subaflorante presenta una respuesta media a baja en cuanto a la asociación a este factor.

El grado de identificación de esta asociación geoquímica con los diferentes cuerpos intrusivos varía, pasando de respuestas positivas, con valores medios a altos de los f.sc., en el variscico de Brovales a respuestas de grado medio y más irregulares en los asimismo variscicos de Valencia del Ventoso, a medias-bajas en el granitoide precámbrico de Táliga y a bajas o muy bajas en los cambro-ordovícicos de Barcarrota (facies ácidas y básicas), Almendral (ácido), Los Remedios (facies ácidas a básicas) y los de Fregenal y Jerez (básicos). Entre las rocas intrusivas ácidas existentes en la zona, únicamente el granito variscico post-cinemático de la Bazana se identifica claramente por sus valores elevados con respecto a los materiales próximos. En este caso, la estructura geoquímica de la asociación elemental es plenamente coherente con el tipo de granitoide al que pertenece al que pertenece.

Las unidades con amplia participación de materiales ígneos como el C.V.S. no manifiestan identificación alguna con este factor o lo hacen en forma muy débil (Fm. Bodonal). La Serie Negra presenta respuestas irregulares en valores bajos.

En definitiva y considerando dentro de los tres grandes grupos de unidades presentes en la zona las secuencias por orden de mayor a menor identificación con este factor o asociación geoquímica son las siguientes:

- **Rocas ígneas intrusivas**

Los macizos graníticos anatéticos y postcolisionales (Táliga), manifiestan una asociación de grado bajo a medio y distribución irregular.

Los macizos ligados a la extensión cambro-ordovícica, presentan en los términos ácidos a intermedios (granitos, y albititas y sienitas de El Almendral, Los Remedios y Barcarrota, un grado de identificación bajo e irregular, testimoniando de la complejidad de distribución de las facies más claramente graníticas y de la de las sienitas o albititas. Los términos albiticos y graníticos de Los Remedios parecen tener una relación algo mayor con este factor. La facies de composición más básica (gabros y dioritas) de estos macizos, expresadas en Fregenal, Jerez y Barcarrota presentan f.sc. muy bajos indicando una identificación prácticamente nula con este factor.

Los macizos ígneos relacionados con el magmatismo variscico, expresan una relación más directa con esta asociación geoquímica. Sus pautas de distribución son más netas y positivas (valores medios a muy altos), en particular las de los granitos de La Bazana, de Brovales y, en menor medida (medios) con el de Valencia del ventoso. La asociación geoquímica, de carácter granitofilo expresada por este factor parece pues estar claramente relacionada con el plutonismo variscico y en particular con los plutones post-cinemáticos.

- **Unidades con importante participación ígnea.**

El Complejo Volcano sedimentario (C.V.S.), que integra rocas volcánicas bimodales se discrimina claramente, por su baja o muy baja identificación con este factor (f.sc. muy bajos).

La Fm. Bodonal (con términos volcánicos ácidos), manifiesta, según los afloramientos grados de asociación medios a muy bajos, indicando su irregularidad y, probablemente, falta de homogeneidad composicional.

La serie volcánico-detritica de la Fm. Esquistos de Jerez presenta una pauta bastante regular con valores medios de f.sc., mostrando una cierta asociación al factor.

El Carbonífero superior (que incluye algunas intercalaciones volcánicas de carácter básico y alcalino) se manifiesta también de forma irregular según los afloramientos en el sector NO de la zona, variando desde valores muy bajos de los f.sc. a valores altos, mostrando también su falta de homogeneidad composicional.

- **Unidades sedimentarias**

Las distintas unidades sedimentarias muestran, en general, respuestas poco uniformes e inconsistentes entre sus diferentes afloramientos, estando condicionadas por la superposición, en la zona de Oliva, por la probable respuesta sobre-impuesta de intrusivos variscos subaflorantes.

La unidad que presenta una más estrecha asociación con este factor es la Fm. Barrancos (f.sc. elevados), aunque no siempre con carácter homogéneo.

La Fm. Xistos Raiados se expresa de una forma muy inconsistente e irregular, debida probablemente a los numerosos enclaves de afloramientos de la Fm Barrancos y de esquistos negros del Silúrico que contiene, y que dan lugar a áreas con valores medios a altos alternando con áreas con respuestas mucho más bajas.

La Fm. Fatuquedo parece mostrar fondos bajos a medios enmascarados por áreas con valores más elevados que, probablemente, son sobre-impuestos por hidrotermalismo (zona de Oliva de la Frontera y, posiblemente, más hacia el NO de esa área..

La Serie Negra, aunque con sensibles diferencias entre afloramientos manifiesta una relación de grado medio (sobre todo en el sector SE) a bajo con este factor.

La Fm. Carbonatada, aunque en afloramientos relativamente reducidos, tiene un grado de relación media a baja en varios de ellos.

La Serie Detritica Superior no muestra asociación alguna con F1 (valores muy bajos).

Los materiales terrígenos y detriticos de la Cuenca del Guadiana se discriminan bien por su nula identificación con la asociación de F1.

Estas distribuciones, junto a la estructura geoquímica del factor 1, confirman su **carácter litológico y su fuerte relación con el magmatismo, en particular con el varisco.**

Factor 2: Sc-Mg-Co-Fe-Ni-Al-Cr-Sr-P-Ca-(V-Cu-Mn-Zn-Na-Se-Be). Figuras 6.387 y 6.388.

Esta asociación, que incluye al grupo de elementos formado por Fe-Mg-Co-Ni-Cr-Ca-V-Sc, Sr, refleja una signatura geoquímica clásica de rocas ígneas básicas, pero incluye también elementos como Cu, Zn, que pueden tener además de origen litológico, una fuente metalogénica. Si bien es cierto que las rocas intrusivas básicas tienen contenidos elevados en los elementos de la primera asociación citada, no lo es menos que en la zona, y en asociación frecuente con esas rocas básicas existen mineralizaciones de Fe-Cu con Zn, P, Se, Co y Ni. Por lo tanto es de esperar que exista una superposición de controles litológicos y de mineralización, en la que estos últimos pueden distorsionar las concentraciones puramente litológicas. Una primera observación de las figuras 6.387 y 6.388, permite reconocer un rasgo evidente, consistente en que el factor 2 muestra su mayor respuesta o asociación con los diversos materiales pertenecientes a la NAOM, claramente superiores a los de la SAOM.

Considerando dentro de los tres grandes grupos de unidades presentes en la zona a las secuencias ordenadas de mayor a menor identificación con este factor o asociación geoquímica, se deducen las siguientes pautas de distribución.

- **Rocas ígneas intrusivas**

Muestran una clara identificación con esta asociación geoquímica (alto f.sc), los cuerpos intrusivos anatócticos post-colisionales del Precámbrico Superior y los de composición básica (gabros) relacionados con la extensión cambro-ordovícica. El granitoide precámbrico de

Táliga muestra una respuesta zonada con los valores máximos de f.sc. en el núcleo central del cuerpo, respondiendo sin duda (hecho ya observado en las distribuciones elementales) a una estructura zonada con facies de composición más básicas (o intermedias) en su núcleo.

En el grupo de rocas intrusivas relacionadas con el Rift cambro-ordovícico, el plutón de **Barcarrota**, cuya zonación se manifiesta en la cartografía geológica (granitoides en la periferia y gabros en la zona más interna, confirma netamente esta diferenciación, mostrando valores muy altos en su núcleo y medios en las facies graníticas. Algo similar puede observarse en el intrusivo de Los Remedios, en el que los afloramientos de rocas básicas tienen f.sc. muy elevados mientras que las facies de albititas y granitos (más al SO) presentan valores bajos. El granitoide de **Almendral** expresa una mayor complejidad (también observada previamente). La identificación con esta asociación es claramente irregular. En las zonas o afloramientos más occidentales la respuesta es baja a muy baja, mientras que en los afloramientos más orientales, separados de los occidentales por estructuras tectónicas, los valores de f.sc. son de nivel medio, pudiendo corresponder a facies más intermedias (sienitas?). Los gabros de **Jerez y Fregenal** muestran un grado de identificación máxima con esta asociación geoquímica.

Los granitoides variscos presentan respuestas más variadas. Los sin-cinemáticos (**Brocales y Valencia del Ventoso**) muestran, a pesar de su composición ácida a intermedia una fuerte asociación con este factor, sobre todo el de Valencia del Ventoso (aunque con una respuesta algo inhomogénea). Por el contrario el stock de **La Bazana** se discrimina de las rocas encajantes por su muy débil respuesta, que pone de manifiesto su carácter más ácido y evolucionado.

- **Unidades con importante participación ígnea.**

La Fm. Bodonal se expresa, en general, con niveles medios de los f.sc., manifestando una cierta relación con esta asociación, aunque en forma tenue. El Complejo Volcano-Sedimentario (C.V.S.), por el contrario, se manifiesta en sus afloramientos de forma muy positiva, con valores altos a muy elevados de los f.sc., mostrando así una fuerte vinculación con el factor 2. Ello es debido, sin duda, al carácter bimodal de sus intercalaciones volcánicas, que incluyen términos con basaltos alcalinos.

El Carbonífero Inferior, en un pequeño afloramiento en el sector N, ofrece una respuesta positiva de grado medio, mientras que los afloramientos de Carbonífero Superior dispensan respuestas más dispares (bajas a medias). Algunas de ellas podrían estar relacionadas con la proximidad a algún indicio de mineralización de Fe.

- **Unidades sedimentarias**

La Fm. Xistos Raiados es quizás la que muestra, en forma bastante consistente, una mayor afinidad por esta asociación geoquímica, asociación probablemente debida a que esta unidad está en parte constituida por esquistos con clorita que, lógicamente contienen concentraciones apreciables de elementos ferromagnesianos (Cr, Co, Fe, etc.).

La Fm. Barrancos, la Fm. Fatuquedo y la Fm. Esquistos de Jerez, muestran una identificación menor en grados bajos a medios y lo hacen en forma menos homogénea, probablemente debida a la presencia de varios indicios de mineralizaciones de Fe que son responsables de elevaciones locales de los valores de los f.sc. Los estrechos afloramientos de esquistos negros del Silúrico, al O de la zona, son probablemente responsables, en cierto modo, de las respuestas positivas y locales de la Fm. Xistos Raiados y del Flysch de Terena. Por una razón similar, la proximidad o no a mineralizaciones de Fe, los afloramientos de la Serie Negra muestran respuestas dispares. La Fm. Carbonatada se expresa con f.sc. medios que indican una cierta asociación geoquímica (contenidos altos o apreciables en Ca, Sr, Mg, Mn, Fe..).

La Serie Detrítica Superior no manifiesta afinidad con el factor 2 y, en el caso de los materiales terciarios de la Cuenca de Guadiana, ésta es nula.

Factor 3: Sm-La-Ce-Nd-Eu-Th-Yb-Lu-(Tb-Be-U-Y-K). Figuras 6.389 y 6.390.

Esta asociación, constituida fundamentalmente por elementos del grupo de las T.R. y algunos elementos granitófilos (U, Be, Y, K) se manifiesta principalmente a ambos lados del límite de la NAOM y de la SAOM, y sus respuestas más interesantes se concentran en unidades litológicas/estratigráficas o estructuras geológicas muy concretas.

- **Rocas ígneas intrusivas**

El granitoide precámbrico de **Táliga** muestra una respuesta similar, aunque menos clara y definida, que para el factor 2. Se refleja asimismo la zonación ya observada, con términos más afines a esta asociación en el núcleo del cuerpo intrusivo rocas menos ácidas).

Los cuerpos intrusivos ígneos relacionados con la extensión cámblica presentan respuestas muy similares aunque con ligeras diferencias de intensidad. El plutón de **Barcarrota** muestra unas pautas algo heterogéneas, con f.sc. ligeramente más altos en las facies ácidas. En conjunto, se manifiesta con grado débil de afinidad por la asociación de tierras raras. El intrusivo de **El Almendral** presenta, como en casos anteriores, una respuesta inhomogénea, aunque en conjunto positiva, estando las facies con más afinidad por la tierras raras en los afloramientos más occidentales, en claro contraste con los más orientales. Los intrusivos de Fregenal y Jerez se expresan en forma muy negativa, con valores muy bajos de los f.sc., mientras que en el caso del de Los Remedios, los afloramientos de gabros manifiestan respuestas muy bajas en tanto que el afloramiento principal de granitos albiticos tiene una respuesta positiva con valores medios de los f.sc.

Los intrusivos graníticos variscicos muestran respuestas claramente diferentes según se trate de granitoides sin-cinemáticos (**Valencia del Ventoso** y **Brocales**, con pautas de distribución homogéneas con valores medios a elevados) o post-cinemáticos (La Bazana, con una neta discriminación por su distribución de valores muy débiles).

- **Unidades con importante participación ígnea.**

Las unidades que contienen materiales de origen ígneo, en general volcanitas básicas y/o ácidas (C.V.S., Fm. Bodonal, Carbonífero), no muestran, en lo referente a esta asociación geoquímica, unas pautas significativas y consistentes de distribución. Todas ellas muestran inhomogeneidades y respuestas algo diferentes según los afloramientos, aunque siempre en niveles bajos a medios.

- **Unidades sedimentarias**

La unidad sedimentaria que expresa una mayor identificación con el factor 3, aunque de forma muy irregular y poco consistente, es la Fm. Xistos Raiados. Presenta unas pautas de distribución muy irregulares con numerosas áreas de alcance muy local con valores máximos de los f.sc. Es difícil valorar el significado de esta distribución y si es debida a a heterogeneidades litológicas en el seno de la unidad, a la presencia de numerosos enclaves, no expresados en la cartografía, de otras unidades (Silúrico, Fm. Barrancos) o a otras causas.

El Flysch de Terena, la Fm. Barrancos, la Fm. Fatuquedo, la Fm. Esquistos de Jerez, presentan pautas muy heterogéneas y poco consistentes, pasándose en un mismo afloramiento de áreas con f.sc. medios a áreas con f.sc. bajos o muy bajos. Estas variaciones de niveles no respetan, a menudo, los contactos geológicos. Destaca la poca afinidad por F3 que muestran amplias áreas de la Fm. Esquistos de Jerez. La Fm. Carbonatada parece tener distribuciones más coherentes en valores medios, mientras que la Serie Negra las tiene en valores bajos. La Serie Detrítica

Superior muestra asimismo una total desafección por dicha asociación geoquímica, al igual que lo hacen los materiales de la Cuenca Del Guadiana.

En conclusión, destaca la fuerte relación de la asociación de Tierras Raras con los granitoides precámbricos y cambro-ordovícicos, en contraposición a la muy baja de los granitoides variscos y, en particular, a los post-cinemáticos. Asimismo destaca la muy fuerte afinidad, aunque en forma muy irregular, de la Fm. Xistos raiados.

Con respecto a las incongruencias en relación con los contactos geológicos de algunas áreas con valores medio-altos de los f.sc., merecen destacarse dos áreas en las que se manifiestan bastante netamente: la primera, al ONO del campo filoniano de Oliva y sobre materiales de la Fm. Fatuquedo (posible granitoide subaflorante de Oliva-Villanueva del Fresno ?) y, la segunda, al NO de la zona, sobre el contacto tectónico entre Fm. Fatuquedo y Fm. Esquistos de Jerez que incluye un pez tec tónico de C.V.S., y sobre los cuales se repiten distribuciones geoquímicas anómalas y, en esta caso, valores medio-altos de los f.sc. de esta asociación.

Factor 4: Ti-Sn-V-Zr-(P). Figuras 6.391 y 6.392

Esta asociación, de la cual se ha dicho previamente que tenía un probable significado metalogénico o de mineralización, parece confirmar, al menos en gran medida, esta hipótesis por la distribución tan errática e incongruente con la geología que manifiesta. Existe una gran dispersión de muy pequeñas áreas con máximos de afinidad por esta asociación metalogénica y éstas se sitúan en prácticamente todas las unidades lito-estratigráficas. No se puede apreciar ninguna relación clara y consistente con ningún recinto o afloramiento de unidades lito-estratigráficas (con excepción, quizás, del Flysch de Terena, de la Fm Detrítica Superior y de una gran parte de los afloramientos de la Fm. Esquistos de Jerez, todos ellos con un escaso grado de afinidad con el factor (f.sc. bajos). Como posible explicación, hay que señalar la inexistencia o muy baja densidad de indicios de mineralización en dichas áreas.

Las mayores concentraciones de anomalías de los f.sc. se producen en los grantoides de Táliga (al E), de la Bazana, de Almendral, de Los Remedios, de Valencia del Ventoso, en la Fm. Xistos Raiados (zona de pliegues de materiales Silúricos), en las Fm. Fatuquedo y Fm. Barrancos en proximidad a indicios de Cu, en la zona de la cuña de C.V.S. en el contacto entre la Fm. Fatuquedo y la Fm. Esquistos de Jerez, de la cual se ha hablado anteriormente.

Factor 5: Zn-Y-Pb-Ta-Mn-(Hf-Yb-Lu-Fe-Ca-Sr). Figuras 6.393 y 6.394.

La asociación geoquímica que define al factor 5 está formada por algunos elementos (Zn, Pb, Ta, Mn) que pueden tener una implicación en procesos metalogénicos y, por tanto, estar relacionados con mineralizaciones. Sin embargo, estos mismos elementos tienen a su vez un significado litológico (Zn en rocas básicas, Pb y Ta en rocas ígneas ácidas) y ello junto con la presencia de otros elementos como Ca, Yb, Lu, Hf, Y, puede indicar también que este factor puede también explicar en una medida amplia una variabilidad geológica. La representación gráfica de la distribución de sus factores score confirma esta hipótesis, pues muestra que, a grandes rasgos, está controlada por la estructura geológica. A estas pautas de distribución se superponen otras más locales que reflejan una variabilidad inducida por la presencia de procesos de mineralización.

• Rocas ígneas intrusivas

El granitoide precámbrico de Táliga muestra, como para otros factores y elementos químicos, una distribución zonada, con los valores más elevados de los factores score en la parte nuclear de la intrusión, siendo más débiles en la corona externa. Sin embargo, en conjunto la afinidad de esta unidad por la asociación de este factor es moderada.

Entre los cuerpos intrusivos relacionados con la extensión cambro-ordovícica, la respuesta positiva más patente es la suministrada por el granitoide de Almendral, aunque como es habitual en él, de forma no homogénea, diferenciándose los cuerpos más orientales del más occidental por su netamente mayor afinidad. El intrusivo de Barcarrota, con afinidad media-alta

se identifica netamente, teniendo un máximo coincidente con un pequeño afloramiento ácido englobado en el cuerpo de gabros. Los intrusivos máficos de Fregenal y Jerez presentan una respuesta en valores medios, similar a la de los intrusivos de Los Remedios.

Los intrusivos variscos de Valencia del Ventoso, La Bazana, Brovales y el pequeño afloramiento del de Burguillos contenido en la zona, muestran respuestas medias a bajas, indicativas de una escasa identificación con esa asociación geoquímica.

- **Unidades con importante participación ígnea.**

Las unidades del C.V.S., de la Fm. Bodonal y del Carbonífero, presentan pautas algo irregulares dentro de una banda de valores medios a bajos, indicativas de un grado muy tenue de asociación con el factor 5.

- **Unidades sedimentarias**

Las unidades sedimentarias presentes en la zona muestran grados de identificación bajos a medios con el factor 5. Sus rasgos más significativos se expresan a continuación.

Aunque en forma algo irregular presenta una asociación en grados medio la F. Esquistos de Jerez. En forma aún más irregular y en grado medio a bajo lo hacen la Fm. Barrancos y la Fm. Fatuquedo. En el caso de esta última, alguno de sus afloramientos no muestra identificación alguna (bajos valores de los f.sc.) y otros tienen valores bajos a medios. Destaca en este caso un recinto, al ONO de Oliva con valores muy deprimidos y una pauta de distribución homogénea, que se manifiesta con una personalidad muy definida en el caso de otros factores y de algunos contenidos elementales.

El Flysch de Terena se expresa de manera consistente con grados medios de identificación con la asociación de este factor. La Fm. Xistos Raiados lo hace en forma similar, en tonos muy bajos. Respuestas similares son las mostradas por la serie Detrítica Superior y la Serie Negra. La Fm. Carbonatada muestra, como en general, respuestas medias a débiles.

Los materiales terciarios de la Cuenca del Guadiana dispensan unas pautas, aunque algo irregulares, con factores score medios a bajos.

Se observa la existencia de pautas de distribución que parecen ser independientes de la estructura geológica determinada en la cartografía y que se superponen a las distribuciones controladas por ella. Destacan algunas de pequeña superficie, ligadas a la presencia de algunas agrupaciones de mineralizaciones de Fe y/o Mn (por ejemplo al N de Oliva, sobre materiales del C.V.S. y Fm. Fatuquedo (X=675.000, Y=4252.000), u otras de carácter incluso más local y sin asociación estrecha con mineralizaciones conocidas (X=702.000, Y=4226.000 y 4230.000). Otras áreas locales con identificación clara con este factor, ya sea en sentido muy positivo o muy negativo, y cuyo significado no está claro son, en primer lugar, la de coordenadas X=665.000, Y= 4265.0009 que se extiende, con valores altos a muy elevados de los f.sc sobre el contacto NNO-SSE entre Fm. Fatuquedo y Fm. Esquistos de Jerez, en particular sobre el pez tectónico de C.V.S. al que engloban en su contacto tectónico. Otro área, con personalidad definida y bien delimitada, se sitúa al ONO del campo filoniano de Oliva, sobre materiales de la Fm. Fatuquedo y, parcialmente, Fm. Barrancos y dispensa valores muy deprimidos en los f.sc los que traduce un carácter antitético con los que significa este factor.

Factor 6: Sb-Cu-(As-Li-Ni-Cs-Co-Mn-Bi), opuesto a F6 Neg.: Na-Hf-(Yb-Lu-Sr-Ca-Y-U).

Figuras 6.395 y 6.396

Este factor muestra en su estructura elemental dos asociaciones geoquímicas opuestas o con significados netamente antitéticos u opuestos, uno formado por elementos químicos de mineralización y, por tanto, ligado a la variabilidad inducida por procesos de mineralización y otro, constituido por elementos del grupo de Tierras Raras y elementos mayores, aparentemente relacionado con procesos magmáticos y sus rocas ígneas derivadas de ellos. Esta dualidad se traduce muy netamente en las pautas de distribución de los factores score de este factor, que discriminan de forma clara a dos grupos de unidades geológicas. La parte negativa del factor discrimina a las siguientes unidades.

- **Rocas ígneas intrusivas**

Los cuerpos intrusivos muestran pautas de distribución muy coherentes y consistentes definidas por valores muy bajos de los f.sc. (alto grado de asociación con el factor geoquímica del factor negativo).

El granito precámbrico de Táliga se define en forma muy consistente por factores score con valores mínimos.

Los cuerpos intrusivos cambro-ordovícicos lo hacen en la misma forma, aunque existen pequeños matices diferenciadores entre ellos. El de Barcarrota se discrimina, también de manera consistente por valores bajos de los f.sc., tanto en su núcleo gabroideo como en su corona más ácida. El de Almendral se delimita asimismo muy netamente, pero discriminando claramente (como ya se ha visto) a los afloramientos occidentales, con valores muy bajos (facies graníticas) de los más orientales con valores bajos (facies más sieníticas). El intrusivo de los Remedios se manifiesta asimismo con valores muy bajos en todos sus afloramientos y facies composicionales. Son diferentes las respuestas de los intrusivos básicos de Fregenal y de Jerez, que presentan valores positivos medios a bajos.

Los granitoides variscos de La Bazana, Valencia del ventoso y Brovales se discriminan muy bien por sus muy bajos valores (asociación positiva con el factor negativo), independientemente de su carácter sin o post-cinemático.

Es necesario, en este punto, señalar la manifestación neta, en el área correspondiente al supuesto intrusivo subaflorante, entre Zahinos y Villanueva del Fresno, en la Fm. Fatuquedo, con pautas de distribución consistentes, con valores muy bajos, y **totalmente similares** a las de las rocas ígneas descritas.

- **Unidades con importante participación ígnea.**

El C.V.S. presenta una respuesta no homogénea en sus diferentes afloramientos (desde valores medios a valores bajos), quizás enmascarados, en lo que se refiere a los fondos medios, por la influencia de mineralizaciones próximas. La Fm. Bodonal manifiesta una respuesta en valores bajos. El Carbonífero, aunque en forma no consistente entre sus distintos afloramientos, oscila entre respuestas bajas a medias.

- **Unidades sedimentarias**

Destaca la fuerte identificación, con la parte positiva del factor (asociación metálica), de la Fm. Xistos Raiados (que dispensa una pauta algo irregular), del Flysch de Terena (muy consistente) y en grado más bajo y de forma irregular, de la Fm. Barrancos, de la Fm. Fatuquedo, de la Serie Detrítica Superior, de la Fm. Carbonatada. La Serie Negra ofrece unas pautas en grados bajos de asociación con la parte positiva del factor y mayores con respecto a la parte negativa. Los materiales modernos de la Cuenca del Guadiana se manifiestan con un cierto grado de identificación con la asociación positiva del factor.

Hay que destacar una vez más la identificación de un área de las Fm. Esquistos de Jerez, Fm. Fatuquedo y C.V.S., con una respuesta similar a la del sector al ONO de Oliva, indicadora de una asociación con el grupo de elementos Na-Hf-(Yb-Lu-Sr-Ca-Y-U).

Además de estas distribuciones controladas por factores litológicos (quizás en una mayor medida por la parte negativa del factor) deben mencionarse pautas más locales con valores positivos que reflejan la superposición de procesos definidos por la asociación de mineralización. Lo hacen, fundamentalmente en el campo filoniano de Oliva, en la F. Xistos Raiados, en la Fm. Barrancos (sector SO), en la Fm. Carbonatada, en la Serie Negra, relacionadas con mineralizaciones, conocidas o no.

Asimismo es significativa, aún cuando con una expresión moderada la anomalía correspondiente a las mineralizaciones de la zona de Alconchel, cuya traza se extiende hacia el NO en un nivel de la Fm. Esquistos de Jerez en contacto con la Fm. Bodonal.

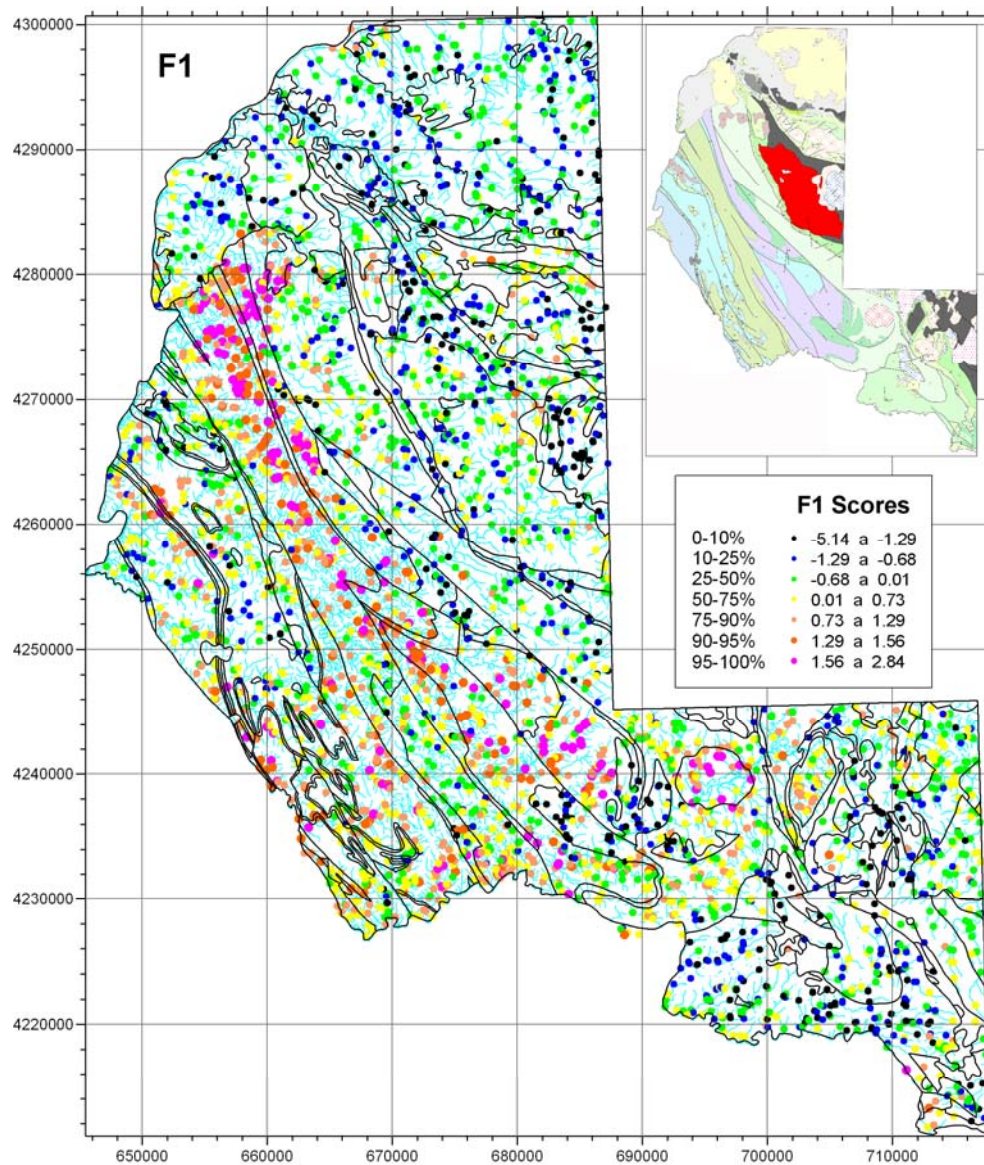


Figura 6.385. Factor 1: Rb-K-L-Cs-Be-Pb-(Th-Al-U-Zn-Ni-As-La) opuesto a Na-(Ca-Sr)
Extracción de 6 factores a partir de valores logarítmicos por el método de componentes principales. Explicación del 11,87% de la varianza total.

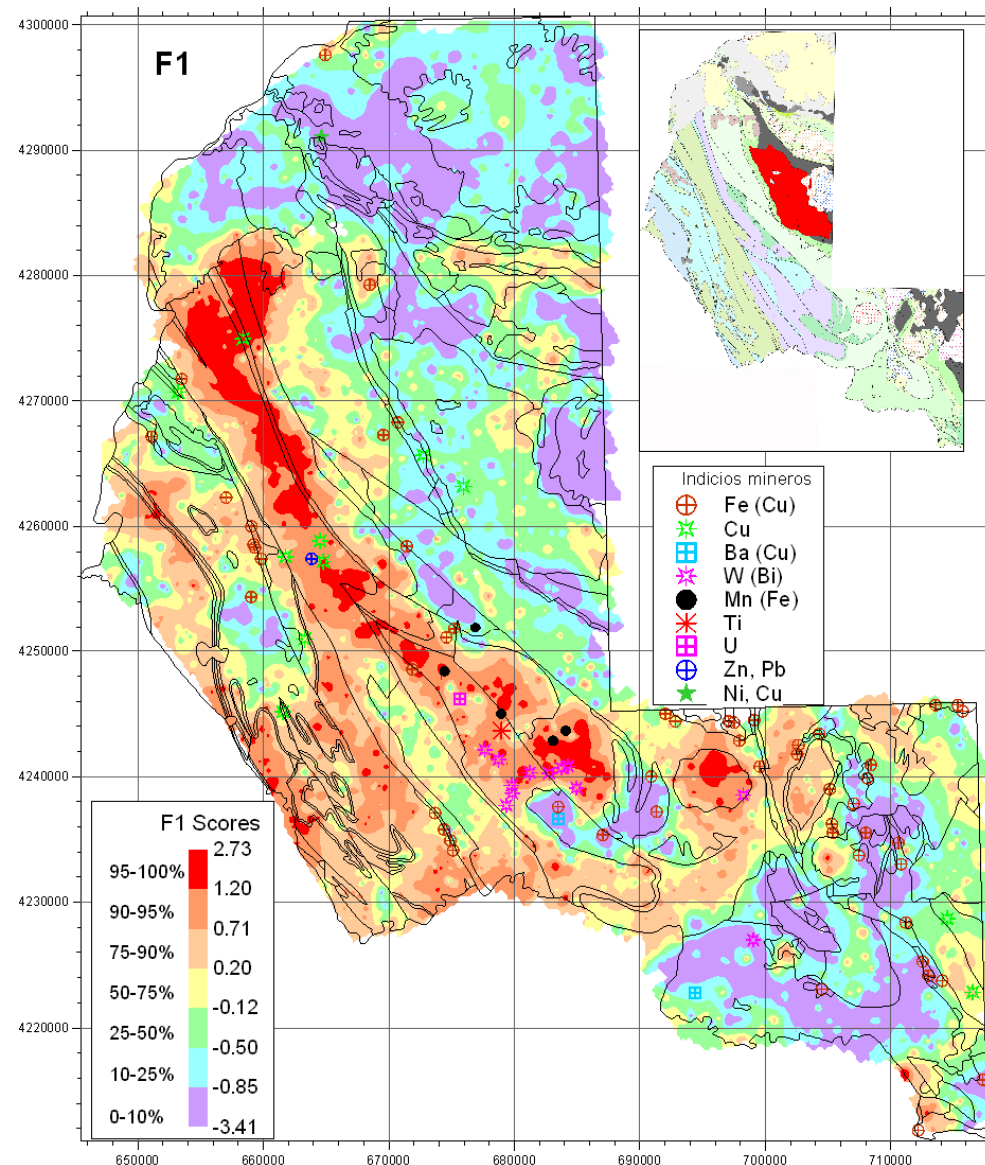


Figura 6.386. F1: Rb-K-Li-Cs-Be-Pb-(Th-Al-U-Zn-Ni-As-La) opuesto a Na-(Ca-Sr)
Mapa de contornos con la distribución espacial d los factores score del Factor 1
(AF con extracción de 6 factores por el método de componentes principales)

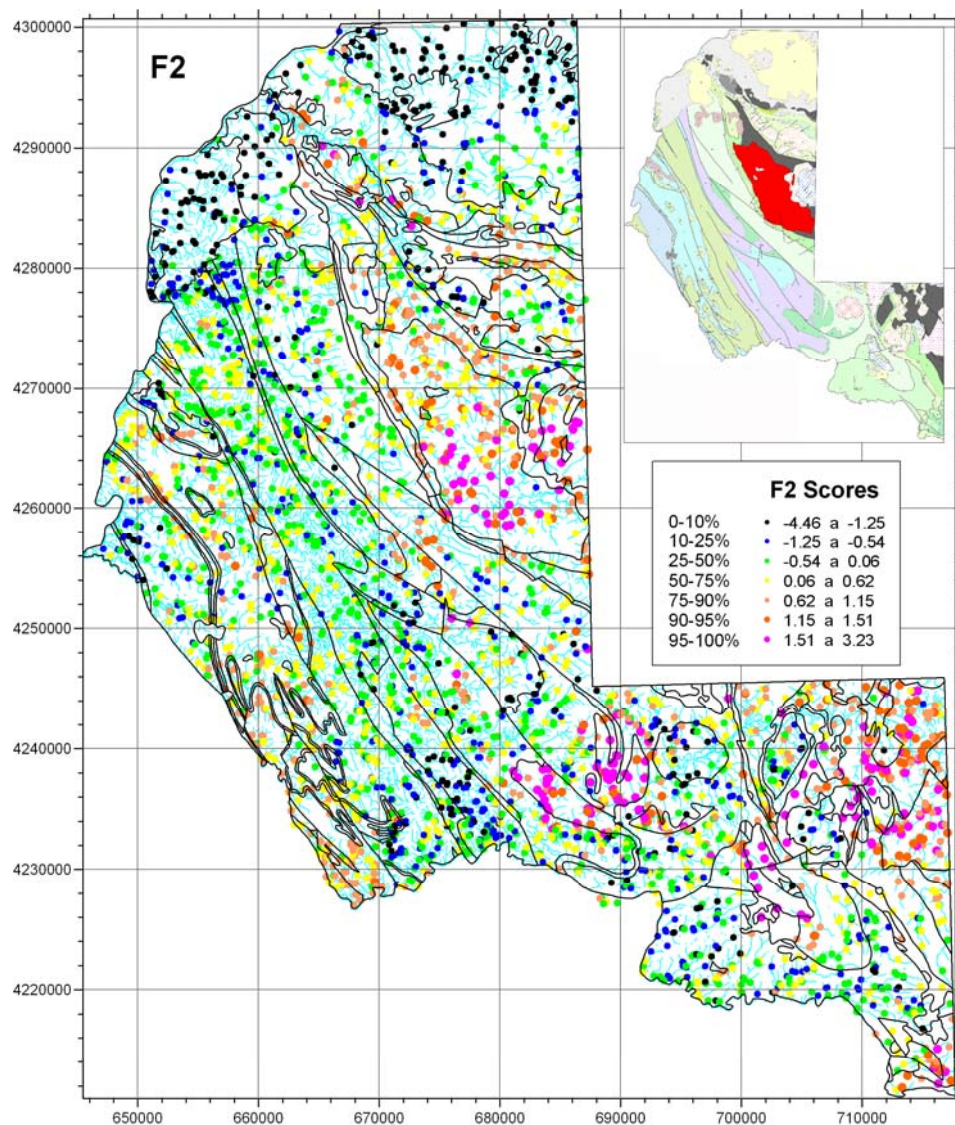


Figura 6.387. Factor 2: Sc-Mg-Co-Fe-Ni-Al-Cr-Sr-P-Ca-(V-Cu-Mn-Zn-Na-Se-Be)
Mapa de círculos con la distribución espacial de factores score del F2
(AFP, Extracción de 6 factores a partir de valores logarítmicos por el método de componentes principales).

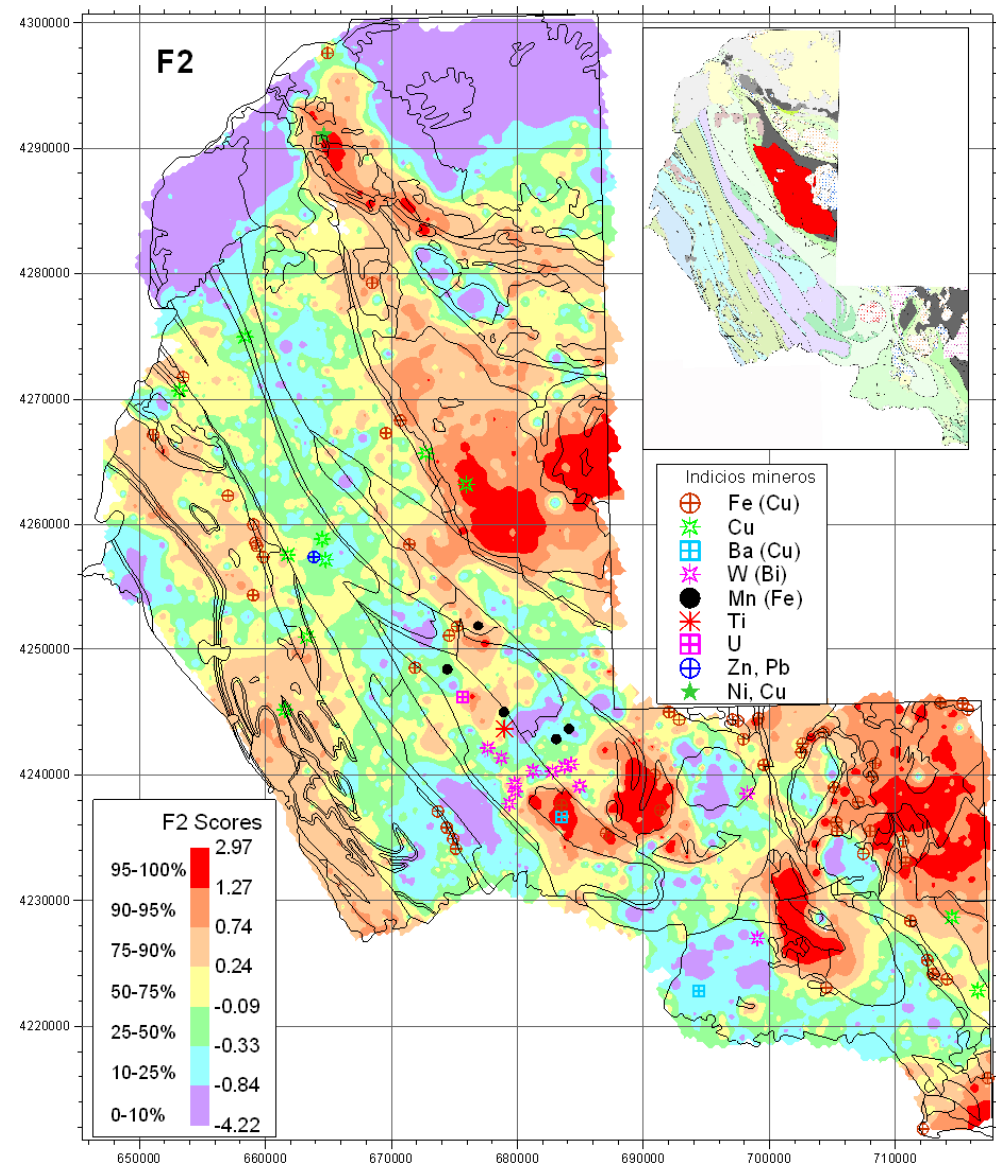


Figura 6.388. F2: Sc-Mg-Co-Fe-Ni-Al-Cr-Sr-P-Ca-(V-Cu-Mn-Zn-Na-Se-Be)
Mapa de contornos con la distribución espacial de los factores score del Factor 2
(AFP con extracción de factores por el método de componentes principales)

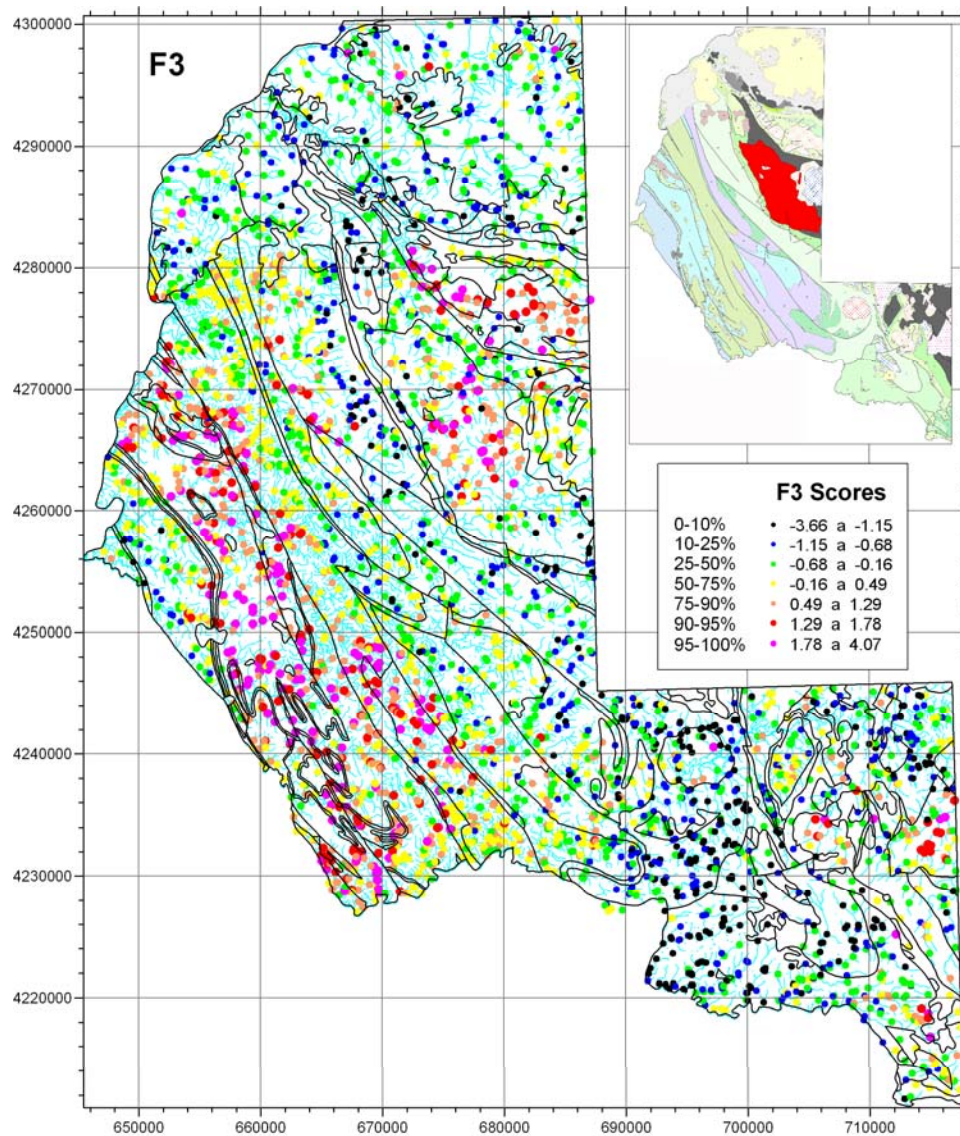


Figura 6.389. Factor 3: Sm-La-Ce-Nd-Eu-Th-Yb-Lu (Tb-Be-U-Y-K)
 Mapa de círculos con la distribución espacial de los factores score del Factor 3.
 (AFP, extracción de 6 factores a partir de valores logarítmicos por el método de componentes principales).

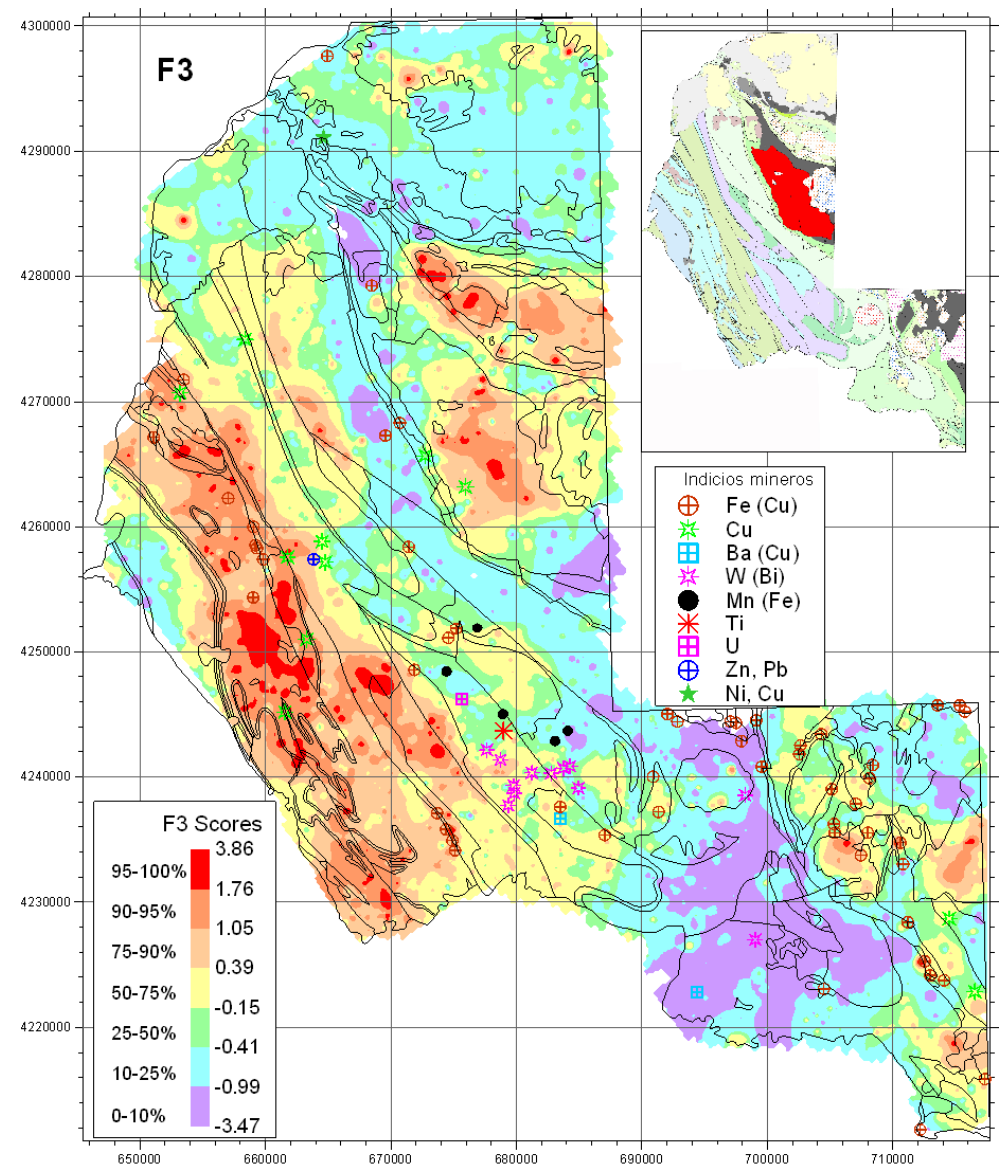


Figura 6.390. F3: Sm-La-Ce-Nd-Eu-Th-Yb-Lu-(Tb-Be-U-Y-K)
 Mapa de contornos con la distribución espacial (isocontenidos) del Factor 3
 (AFP con extracción de 6 factores por el método de componentes principales)

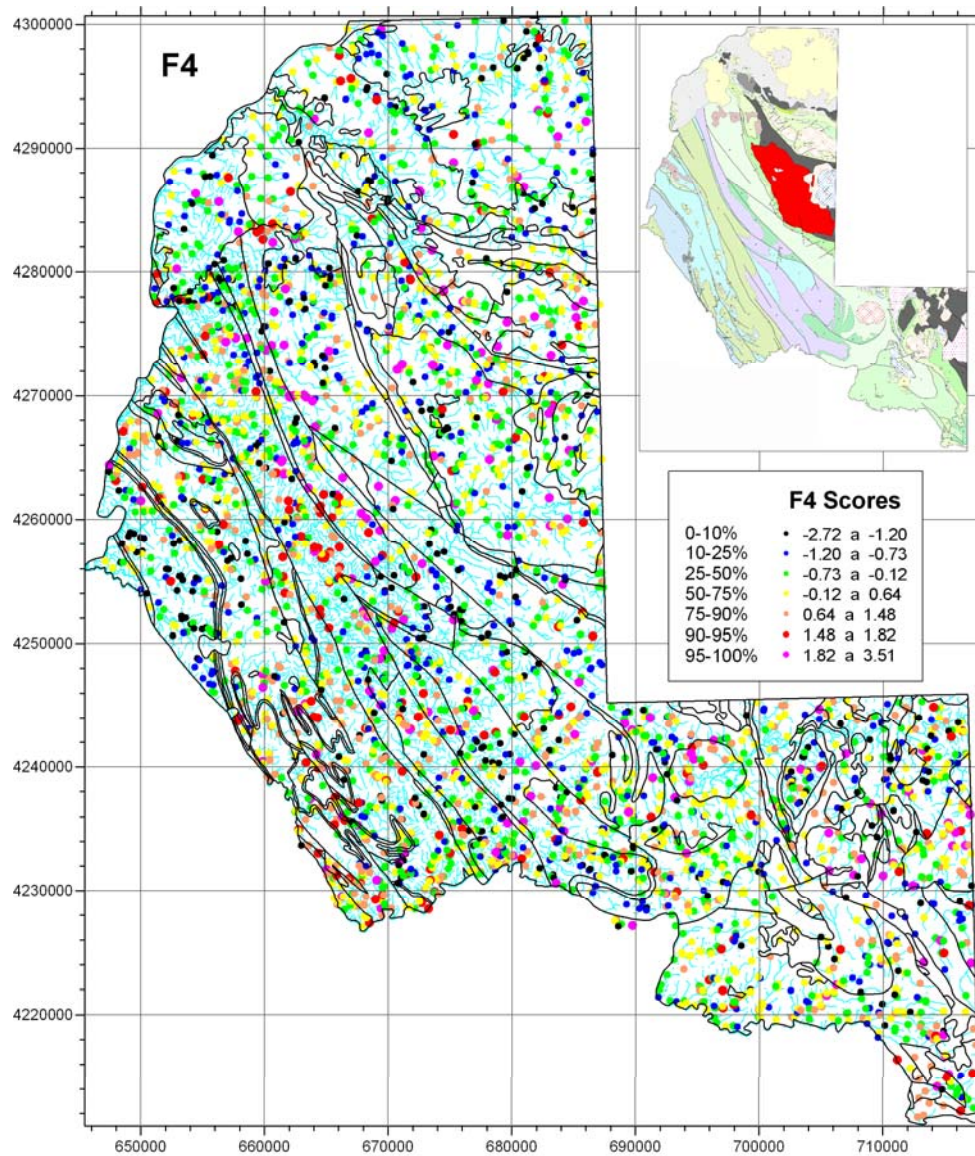


Figura 6.391. Factor 4: Ti-Sn-V-Zr-(P)

Mapa de círculos con la distribución espacial de los factores score del Factor 4. (AFP, extracción de 6 factores a partir de valores logarítmicos por el método de componentes principales).

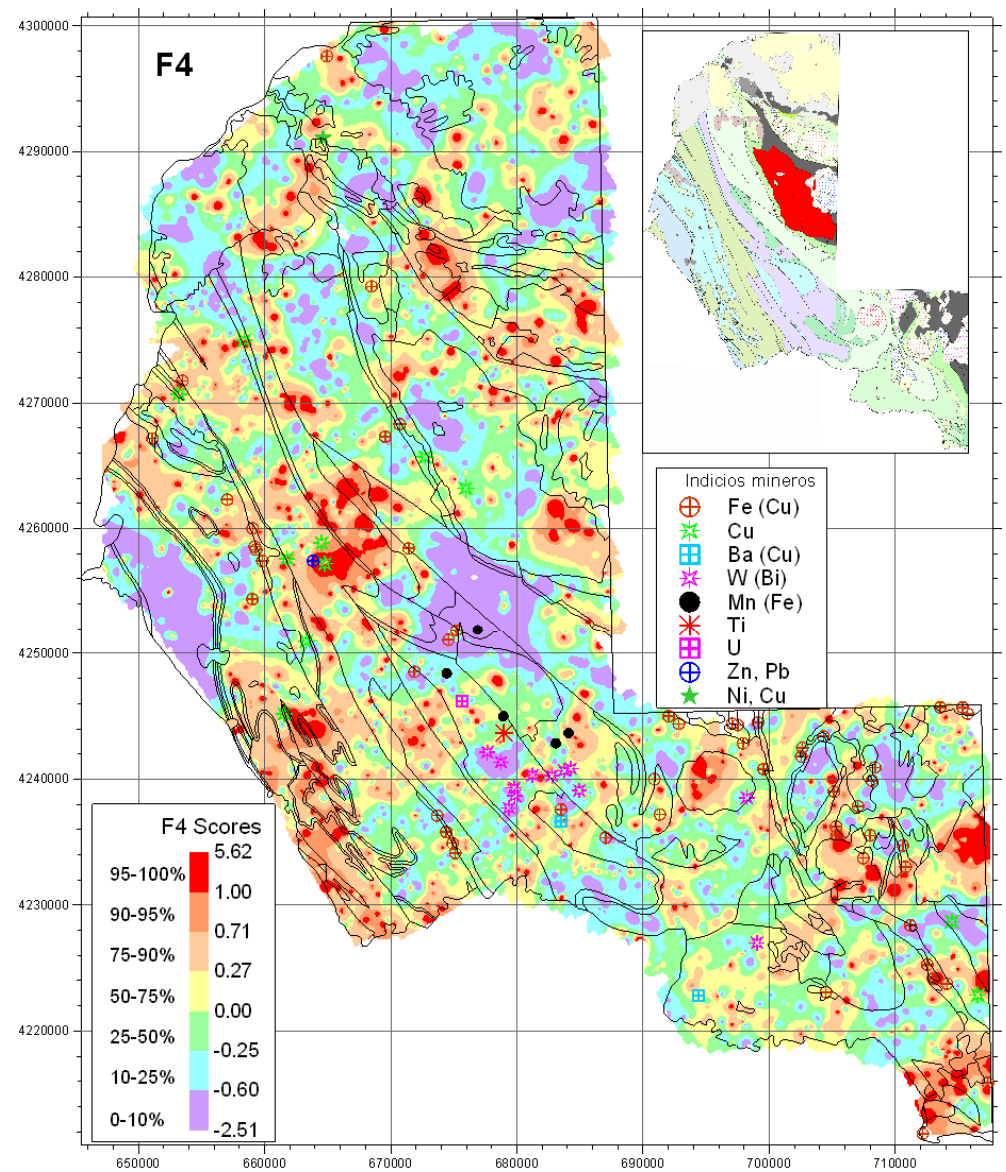


Figura 6.392. F4: Ti-Sn-V-Zr-(P)

Mapa de contornos con la distribución espacial de los factores score del Factor 4 (AFP, con extracción de 6 factores por el método de componentes principales)

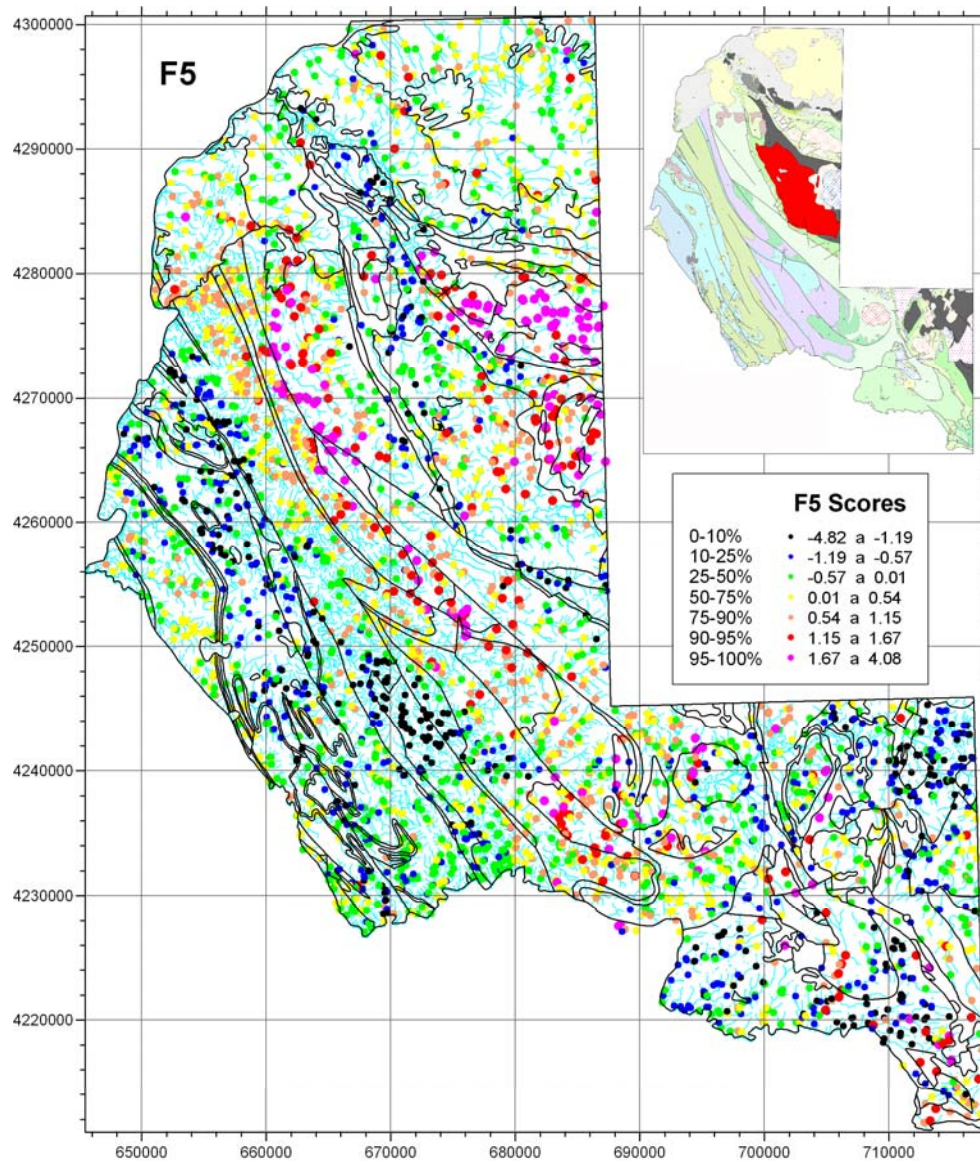


Figura 6.393. Factor 5: Zn-Y-Pb-Ta-Mn-(Hf-Yb-Lu-Fe-Ca-Sr)
Mapa de círculos con la distribución espacial de los factores score del Factor 5 (AFP, con extracción de 6 factores a partir de valores logarítmicos por el método de componentes principales).

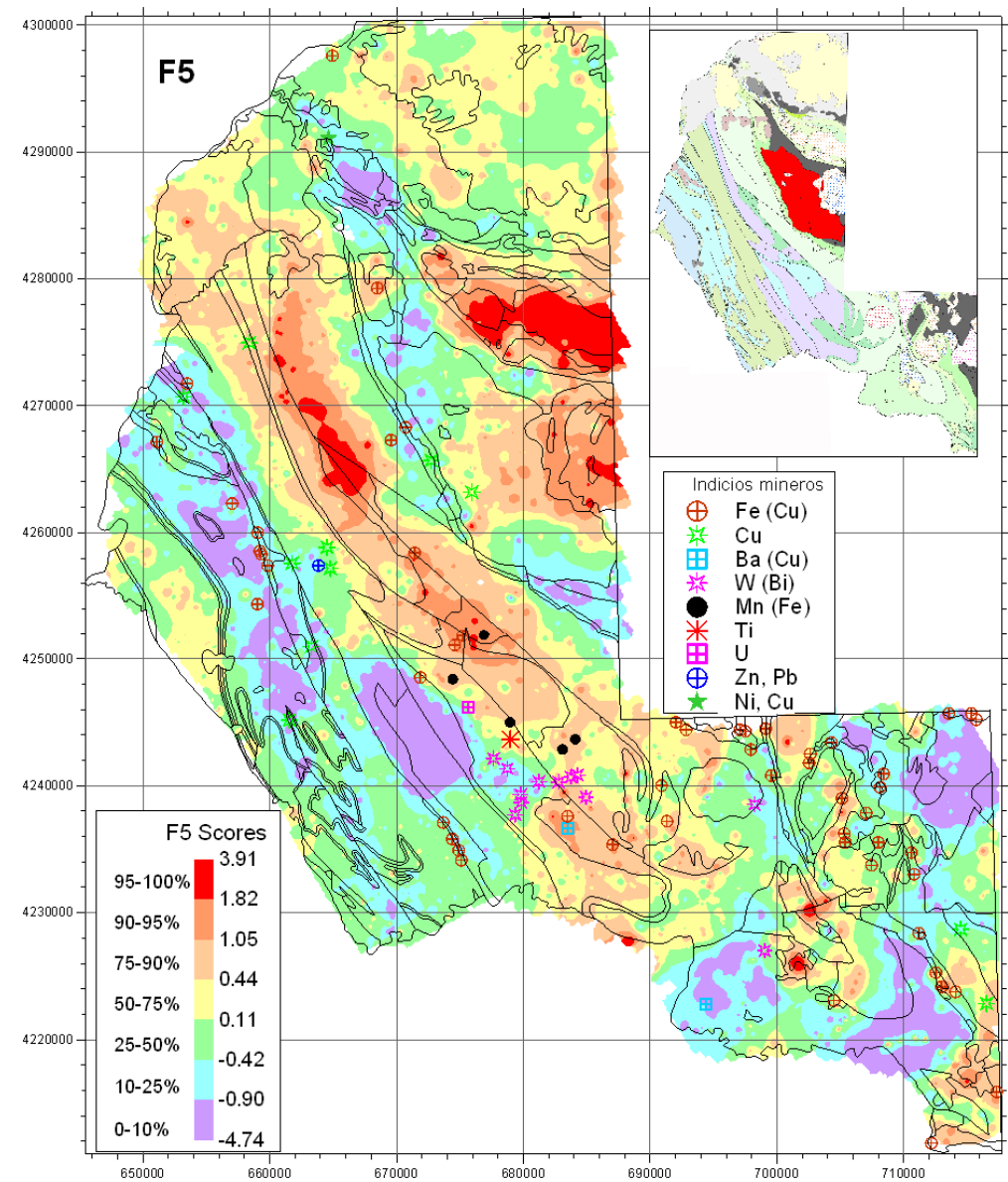


Figura 6.394. F5: Zn-Y-Pb-Ta-Mn-(Hf-Yb-Lu-Fe-Ca-Sr)
Mapa de contornos con la distribución espacial de los factores score del Factor 5 (AFP, con extracción de 6 factores por el método de componentes principales)

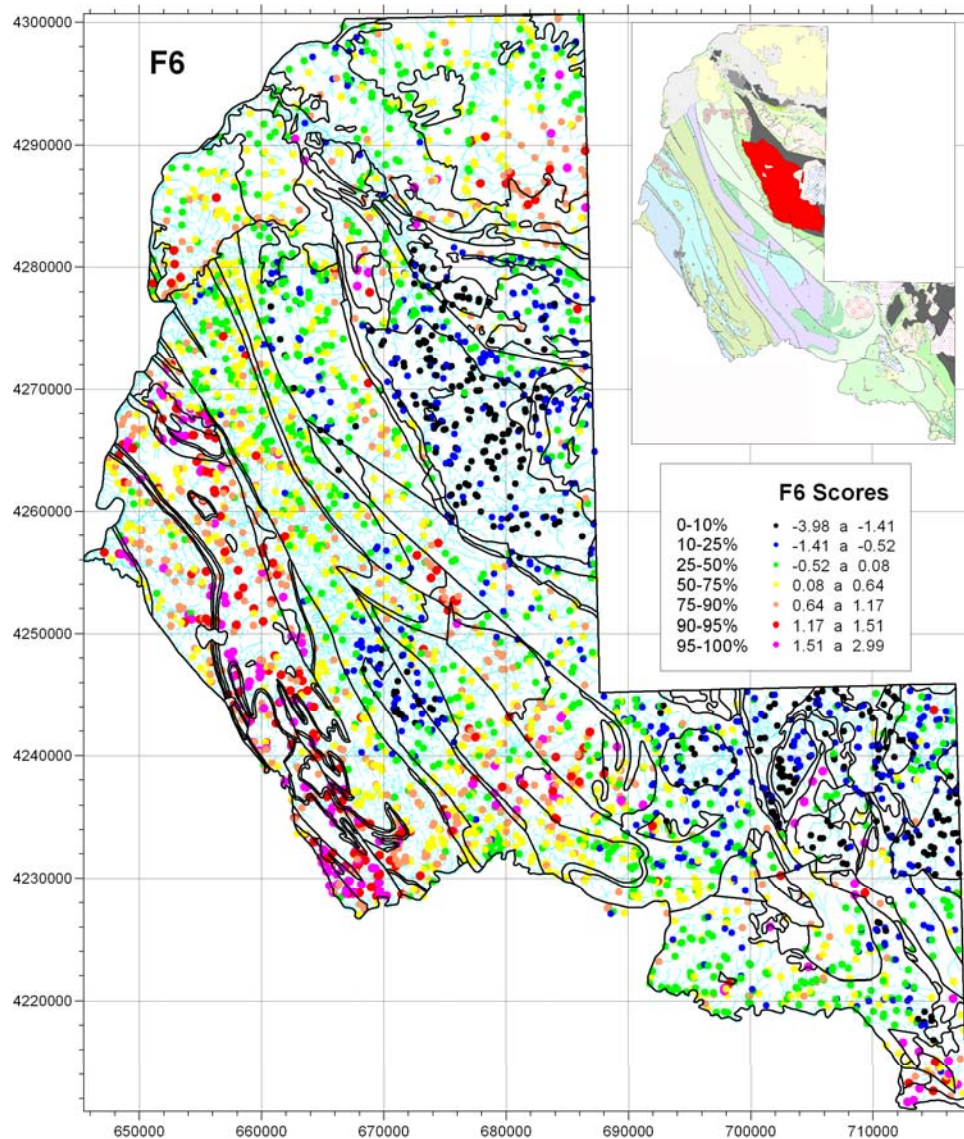


Figura 6.395. Factor 6: Sb-Cu-(As-Co-Cs-Ni-Mn-Bi) opuesto a F6 Neg.: Na-Hf-(Lu-Yb-Sr-Ca-Y-U)
 Mapa de círculos con la distribución espacial de los factores score del Factor 6.
 (AFP, con extracción de 6 factores a partir de valores logarítmicos por el método de componentes principales).

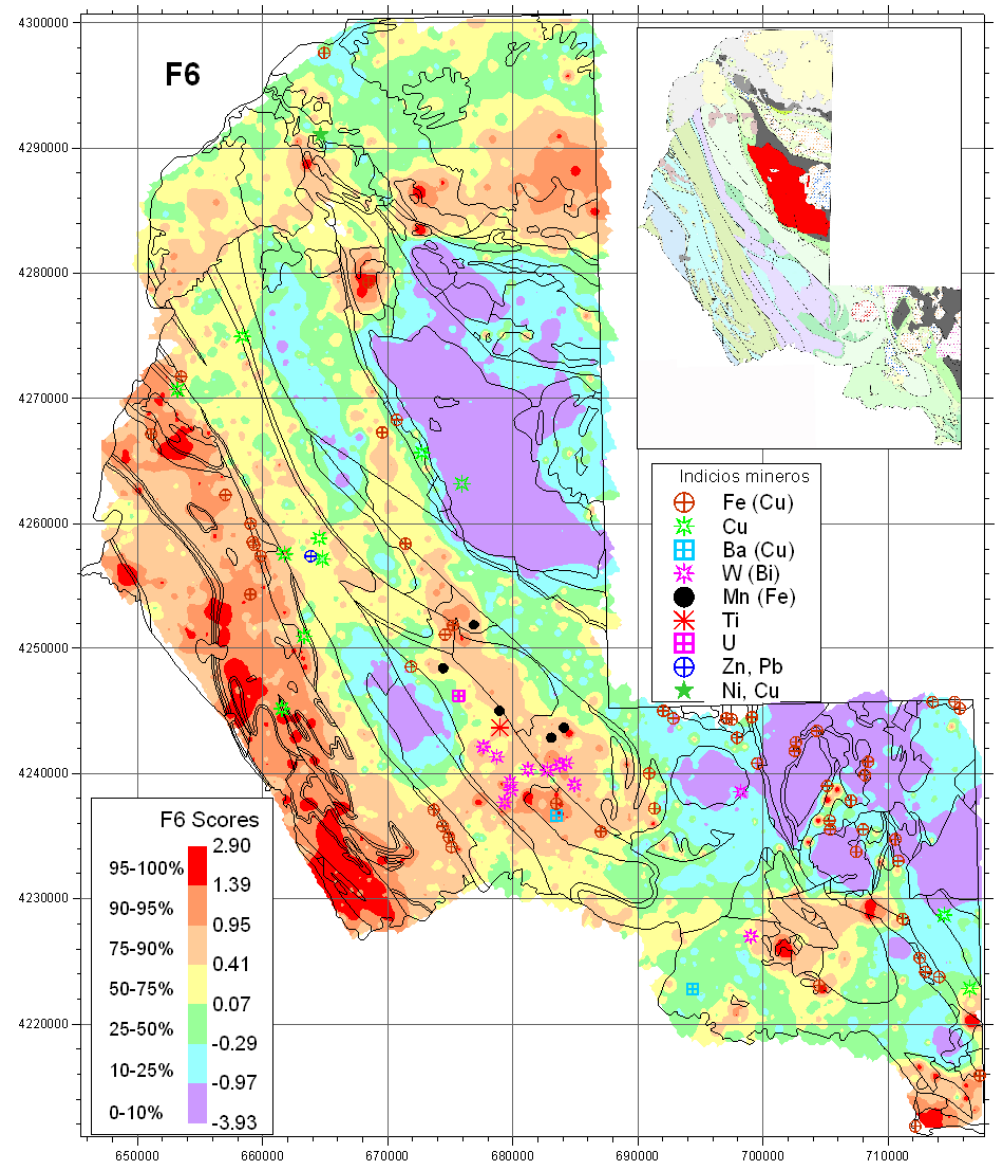


Figura 6.396. F6: Sb-Cu-(As-Li-Ni-Cs-Co-Mn-Bi) opuesto a F6 Neg.: Na-Hf-(Yb-Lu-Sr-Ca-Y-U)
 Mapa de contornos con la distribución de los factores score del Factor 6.
 (AFP, con extracción de 6 factores por el método de componentes principales)

6.5.3.2.- Mapas de distribución ternarios

Otra vía de tratamiento multivariante de la información multielemental es la de las representaciones ternarias, en las que, a través de la combinación de colores y de su intensidad, puede analizarse la relación de coincidencia o de antagonismo entre elementos. Este tipo de figuras tienen la virtud, en función de la elección del trío de elementos, de marcar de forma más eficaz los contrastes geoquímicos entre unidades, de resaltar zonas en las que coinciden valores elevados de elementos de mineralización (asociaciones de anomalías de mineralización), de discriminar de manera más neta la personalidad geoquímica de determinadas unidades o recintos geológicos y, finalmente, de poner frecuentemente de manifiesto la existencia de lineamientos de ruptura o de contraste geoquímico, ajenos a contactos geológicos, que pueden coincidir con estructuras discontinuas profundas y difícilmente visibles en la cartografía geológica superficial.

Las asociaciones ternarias ponen de manifiesto, en primer lugar y en general el contraste geoquímico entre los materiales de La NAOM y los de la SAOM. Las asociaciones ternarias K-Al-Mg (figura 6.397), Al-Fe-Na (figura 6.403), Na-Al-Mg (figura 6.404), Mg-Fe-K (figuras 6.405 y 6.406), Li-Be-Y (figura 6.408), B-Hg-Au (figura 6.409), Ca-Na-Mg (figura 6.411), Cs-K-Hf (figura 6.412), Cs-Th-Hf (figura 6.413), Al-Fe-K (figura 6. 415), Al-Fe-Na (figura 6.418), Cr-Ni-V (figura 6.423), Be-Ba-Hf (6.425), W-Na-Be (figura 6. 432), Fe-Cu-Zn (figura 6.437) ponen de manifiesto algunas de estas estructuras lineamentarias, en formas más o menos netas. Varias de ellas se repiten para las diferentes asociaciones mencionadas. Las más significativas son las de orientaciones N70°- 80°E, N140°-150°E, N50°-60°E, N30°E, N110°-120°E, N70°-80°E. Varias de ellas son prolongación de estructuras determinadas de igual forma en el proyecto CEGOM-Fase 1 (2007).

Estos mapas ternarios se realizan a partir de la elaboración, previamente a la integración de los tres elementos que componen los mapas ternarios, de mallas para la interpolación de los valores de cada elemento. Las mallas realizadas tienen un espaciado entre vértices de 400 m, y el método de interpolación ha sido el de kriging, partiendo de los variogramas elementales.

Se han elaborado mapas ternarios con combinaciones de color CMY (cian-magenta-amarillo) o RGB (rojo, verde, azul), en los cuales la coincidencia de valores elevados de los tres elementos representados da lugar a colores grises a negros o blancos según las escalas de color (directas o invertidas). Los valores de los elementos que representan los polos de los diagramas ternarios están recalculados sobre el total del 100% para la suma de las tres concentraciones elementales.

Se han representado las distribuciones de varias asociaciones ternarias significativas en las figuras 6.397 a 6.438.

En lo que respecta a la discriminación más clara de unidades geológicas, las figuras más significativas son las siguientes:

En la figura 6.397, la asociación **Al-K-Mg**, diferencia muy claramente a la Fm. Esquistos de Jerez y al Flysch de Terena del conjunto Fm. Xistos Raiados, Fm. Barrancos y Fm. Fatuquedo. Delimita también netamente a un probable intrusivo subaflorante al ONO de Oliva.

La asociación ternaria **Al-Na-K**, en las figuras 6.398 y 6.399, delimita bastante claramente a la supuesta intrusión subaflorante de Oliva-Villanueva del Fresno y al granito de La Bazana, así como al intrusivo básico de Fregenal. Destaca la respuesta del grupo formado por la Fm. Xistos Raiados, la Fm. Barrancos y, en menor medida, la Fm. Fatuquedo, con respecto a la de los materiales situados más al NE y al SO (Flysch de Terena). En la figura 6.399, con color CMY invertido se aprecia una respuesta bastante similar del granito de La Bazana y del hipotético cuerpo intrusivo sub-aflorante de Oliva.

En la figura 6.400 (**Ca-Al-Mg**) se manifiestan claramente las diferentes respuestas de los granitoides de Táliga y Barcarrota y del C.V.S. (equilibrada con respecto a los tres elementos mayores), las de Almendral (menos magnesiánica), la de la Bazana (Ca-Al y menos magnesiánica que las anteriores), y la similitud entre las respuestas de esta última y la del granito subaflorante entre Zahinos-Villanueva del Fresno.

La asociación **Na-Fe-Ca** (figura 6.401) permite, asimismo, discriminar al mencionado granito subaflorante, con respuesta algo menos cálcica que el de La Bazana, y delimitar muy netamente los afloramientos de C.V.S así como al conjunto de las unidades Fm. Xistos Raiados y Fm. Barrancos con respecto al Flysch de Terena y a la Fm. Fatuquedo y a la Fm. Esquistos de Jerez.

La asociación **K-Na-Ca** (figura 6.402), marca también las diferencias entre el Flysch de Terena y el resto de las principales unidades sedimentarias, permite identificar claramente a los afloramientos de C.V.S. y, una vez más, diferenciar al granito subaflorante entre Zahinos-Villanueva del Fresno, con respuesta más sódica que el de La Bazana.

La asociación geoquímica ternaria **Fe-Al-Na** (figura 6.403) discrimina con precisión al conjunto de unidades formado por la Fm. Xistos Raiados, la Fm. Barrancos y la Fm. Fatuquedo (con carácter más aluminico) del Flysch de Terena (carácter más sódico) y de la Fm. Esquistos de Jerez (más ferrica y sódica). Se observa en un afloramiento de Fm. Carbonatada en el sector N una anomalía local de composición férrica y aluminica. Puede observarse asimismo la respuesta nítida del supuesto intrusivo de entre Zahinos-Villanueva del Fresno y la respuesta similar del granito de la Bazana (Al-Na). La respuesta de los restantes cuerpos intrusivos de la zona es difusa e incongruente.

La asociación geoquímica **Fe-Mg-Na** (figura 6.404), es similar a la anterior y permite visualizar las diferencias entre el Flysch de Terena y el conjunto de la F. Xistos Raiados, la Fm. Barrancos y la Fm. Fatuque, así como manifiesta la similitud de respuesta del intrusivo de La Bazana y el presunto granito subaflorante entre Zahinos-Villanueva del Fresno. También se discrimina claramente el CVS. Un rasgo interesante, ya visto en el análisis de las distribuciones de los factores score, es la delimitación de un recinto con orientación NO-SE y con personalidad propia, sobre pequeños afloramientos de C.V.S. y en un sector del contacto de la Fm. Esquistos de Jerez con la Fm. Fatuquedo. La repuesta es de carácter Fe-Na y poco magnésica, similar a la que presenta algunos de los cuerpos intrusivos de El Almendral. Son visibles alineaciones en tonalidades rojizas (Fe), con orientación N50-60°E, que afectan al área de las mineralizaciones de Alconchel. Estas alineaciones, reflejo de discontinuidades a las cuales puede estar asociada una actividad hidrotermal, ya han sido detectadas en el análisis de las distribuciones elementales (Fe, figura 6.313 b)

En la figura 6.406 (**Mg-Fe-K**) se observa la respuesta, en rosa y similar a la de algunos de los cuerpos intrusivos de El Almendral (componente Fe-K más fuerte que la de Mg), sobre los afloramientos de C-V.S anteriormente mencionados, que más hacia el SE tienen una respuesta muy diferente en colores amarillos (mayor importancia relativa del polo magnesiano). En el mapa de la figura 6.405, que representa a la misma asociación, pero con color invertido, destaca la respuesta del presunto granito subaflorante de entre Zahinos-Villanueva del Fresno, diferente a la de La Bazana, salvo en su parte meridional (predominio de Mg-K sobre Fe).

La asociación **Sb-As-Pb** (figura 6.407) muestra una neta diferenciación de la Fm. Xistos Raiados con respecto a la Fm Barrancos y de éstas, con la Fm. Fatuquedo y la Fm Esquistos de Jerez (más pobres en Sb que las anteriores), además de mostrar numerosas anomalías complejas, fundamentalmente de Sb-Pb en la zona de Fregenal y de los tres elementos en el área de Jerez y en otras zonas al SO y al NO.

En la figura 6.408 (**Li-Be-Y**), destaca la similitud de respuesta del granito de La Bazana con el granito subaflorante de Oliva. Destaca la respuesta (colores negruzcos, indicativos de composición equidistante entre los tres términos) de la Fm. Detrítica Superior y de parte de la Fm. Bodonal, así como la respuesta neta, en tonos rosados, de los intrusivos cambro-ordovícicos (Almendral, Remedios) y hercínicos, con la excepción del de La Bazana. Se observa, asimismo, una alineación de orientación N45°, en tonos verdosos (Li), que puede corresponder a una discontinuidad estructural, i km al Sur de Alconchel.

En la figura 6.409 (**B-Hg-Au**) puede verse la clara delimitación del recinto del posible granito subaflorante entre Zahinos-Villanueva del Fresno (B-Au).

En la figura 6.410 (**W-Bi-As**) puede verse la coincidencia de respuesta de ese mismo granito y del de La Bazana, con anomalías de W-As sobre un fondo más difuso rico en Bi.

La asociación **Ca-Na-Mg** (figura 6.411) permite una ver una clara discriminación de los granitos precámbricos (Táliga) con respecto a los cambro-ordovícicos de Barcarrota, Fregenal, Jerez, y a los variscos, como Brovales y Valencia del Ventoso (más sódico-cálcicos), y con respecto a los de Los Remedios y La Bazana, similares al subaflorante de Zahinos-Villanueva del Fresno.

La asociación **Cs-K-Hf** (figura 6.412) permite diferenciar con claridad al conjunto de las unidades de Xistos Raiados y de Barrancos (en tonos verde claro, más ricos en K) de la Fm. Fatuquedo (en tonos amarillo verdoso). Los cuerpos ígneos se delimitan mal y presentan respuestas difusas y poco consistentes exceptuando al de Almendral. Se observan numerosas anomalías locales en tonos grises a negruzcos, que derivan a tonos rojizos, debidos, probablemente, a la distribución anómala de Cs en determinadas facies de los intrusivos ígneos. Estas áreas de dimensiones muy locales aparecen, por ejemplo, en Fregenal, en Brovales y en puntos del C.V.S.

La asociación **Cs-Th-Hf** (figura 6.413) dispensa una distribución ternaria similar a la anterior, manteniéndose la muy buena discriminación de la Fm. Fatuquedo (fondos más elevados en Cs) con respecto a la Fm. Xistos Raiados y a la Fm. Barrancos. También se siguen distinguiendo las zonas locales anómalas en estos elementos y, en particular, en Cs de Fregenal, Brovales y el C.V.S. Esta asociación permite también discriminar la zona nuclear del intrusivo de Táliga, el de Barcarrota, Valencia del Ventoso y Los Remedios. Es importante señalar la buena discriminación obtenida en lo que respecta al intrusivo de La Bazana (tonos amarillos relacionados con un peso del Cs) y del intrusivo de Oliva (tonos azules, relacionados con el peso inducido por contenidos en Th). La zona correspondiente al campo filoniano de Oliva se manifiesta en tonos amarillos fuertes que señalan la presencia apreciable de contenidos en Cs).

La asociación **Fe-Cu-Na** (figura 6.416) permite delimitar netamente a las unidades sedimentarias (Xistos Raiados esencialmente y, en menor medida, Barrancos y Fatuquedo (azul, correspondiente a polos Fe-Cu), y distinguirlas claramente del entorno regional de los esquistos de Jerez y de los granitoides de la NAOM (verde, polos Fe-Na), entorno que contiene anomalías locales negras (Cu-Fe-Na). En la zona SE (Fregenal, jerez, Valencia del ventoso) predominan los tonos amarillentos (Na) con anomalías locales (polos Na-Cu-Fe). Es necesario destacar la peculiaridad de las respuestas del intrusivo subaflorante situado al O de Zahinos y del granito de La Bazana, y su fuerte contraste con el entorno en el que se sitúan (colores amarillos (Na), así como su contenido en pequeñas anomalías muy locales con tonos rojizos (Cu-Na). En definitiva, este mapa ternario permite observar una discriminación neta, en términos generales, de la NAOM con respecto a la SAOM (más rica en Cu) y, entre la Fm. Xistos Raiados y de la Fm. Barrancos. Hay que destacar, en particular, las dos anomalías peculiares que representan, cada una en su ámbito, el granito subaflorante al O de Zahinos y el de La Bazana, con respuestas muy similares (anomalías de Cu sobre fondo rico en Na).

La asociación **Fe-Al-Na** (figura 6.417) distingue, una vez más, al granito subaflorante situado al O de Zahinos y destaca la presencia de una zona con orientación NO-SE centrada en el contacto entre las Fm. Esquistos de Jerez, C.V.S. y Fatuquedo, cuya respuesta en tonos rosas es nítida (Fe-Na).

La asociación **Br-Ca-S** (figura 6.418) muestra unas pautas de distribución en las que a variaciones de tipo regional, se superponen otras de dimensiones locales caracterizadas por una mayor influencia de Ca-Br en su parte externa y por la de S en zona central. Varias de estas anomalías coinciden con áreas de mineralización. Hay que destacar la presencia de estas áreas singulares en la Fm. Barrancos, en la Bazana, en el borde S del intrusivo de Burguillos, en el intrusivo de Valencia del Ventoso, en la Serie Negra y en la Fm. Bodonal.

La asociación **Na-K-Li** (figura 6.419) además de marcar las diferencias geoquímicas entre amplias áreas de la SAOM (mayor riqueza relativa en Li) y la NAOM, distingue a los cuerpos del granito de Almendral, en los que existen pequeñas anomalías, de los restantes intrusivos. Se define bien el granito subaflorante situado entre Zahinos y Villanueva del Fresno, cuya respuesta, similar a la de La Bazana es sódico-potásica. El área del campo filoniano de Oliva se presenta en continuidad geoquímica de la Fm. Barrancos, pero se refuerza la presencia de contenidos en Li en los materiales de la Fm. Fatuquedo.

La asociación **U-W-Na** (figura 6.422) tiene una distribución ternaria que, aunque algo irregular por la presencia de muchas anomalías locales, refuerza mucho la observación ya realizada del contraste geoquímico existente entre la zona SO y la zona NE. La zona SO (Fm. Xistos Raiados, Fm. Barrancos, Fm. Fatuquedo básicamente) muestra una respuesta marcada por la presencia de un fondo mayor en W que el que tiene la zona NE. Hay que señalar la nítida respuesta del intrusivo al O de Zahinos (marcado por el equilibrio geoquímico entre los tres polos, U, W, Na), muy similar a la del granito de La Bazana. El sector de la Fm. Fatuquedo sobre el que se asienta el campo filoniano de Oliva muestra asimismo una respuesta nítida y coherente, marcada por el fondo predominante en W.

Las representaciones en mapas ternarios de las asociaciones geoquímicas **Cr-Ni-V** y **Cr-Sc-V** (figuras 6.423 y 6.424) muestran también la diferenciación geoquímica entre los materiales sedimentarios del sector O y SO de la zona y el NE y E. La Fm. Xistos Raiados y la Fm. Barrancos expresan una composición más cercana a los polos V-Sc y V-Ni, el Flysch de Terena más próxima al polo Sc. Los materiales sedimentarios en otras áreas, Fm. Esquistos de Jerez, Fm. Detrítica Superior, la Fm. Carbonatada indican un mayor contenido relativo en V. Los intrusivos básicos muestran pautas similares y con composición equilibrada entre los tres elementos. Los intrusivos ácidos muestran respuestas algo diferentes entre ellas. El granitoide de Táliga presenta una cierta prominencia de los polos Cr-Sc y Cr-Ni sobre el de V, el de Barcarota del polo V sobre los demás, el de Almendral de los polos Ni-V o Sc-V sobre el de Cr. El intrusivo de Fregenal y el C.V.S. muestran una composición equilibrada entre los tres polos. En cualquier caso las pautas de distribución en estos materiales son poco netas y varían según los afloramientos.

La asociación geoquímica **Ba-Be-Hf** (figura 6.425) muestra pautas de distribución netas y coherentes en los sectores O y S. siendo más irregulares e inconsistentes en el sector centro y N de la zona. Por ello se identifican claramente los materiales sedimentarios del Flysch de Terena, de la Serie Detrítica Superior y, aunque en forma menos consistente, de la Fm. Esquistos de Jerez y de la Serie Negra. Los cuerpos intrusivos suministran respuestas inhomogéneas y poco nítidas, con excepción del de Almendral (Be-Hf), del de Táliga (Ba-Hf), La Bazana y Los Remedios (Be-Hf). En la proyección vertical del granito subaflorante al O de Zahinos aparecen coloraciones verdes intensas que denotan un enriquecimiento en Be. Asimismo, cabe señalar la presencia de pequeñas manchas de alcance muy local con coloraciones rojas intensas que pueden corresponder a anomalías de Ba.

Lo más relevante del mapa ternario correspondiente a la asociación geoquímica **Bi-B-U** (figura 6.426), es la discriminación neta del granito subaflorante al O de Zahinos, que se denota por la respuesta homogénea en tonalidad azul claro blanquecino (composición bastante equilibrada entre los tres polos), la coloración poco consistente en tonalidades anaranjadas, azuladas y verdosas rojiza en el área correspondiente al campo filoniano, también indicadora de fondos mas altos, aunque con distribución irregular, de los tres elementos.

En la figura 6.427, **Na-K-U**, puede observarse la distinción muy neta entre las intrusiones básicas y las más ácidas, así como la muy similar respuesta del granito de la Bazana y la del supuesto intrusivo subaflorante al O de Zahinos (Na-U).

En la figura 6.428, **Na-B-U**, se manifiesta de forma muy nítida el cuerpo granítico subaflorante (O de Zahinos) y la respuesta contrastada de las intrusiones ácidas y de las básicas, tomadas en conjunto e independientemente de su edad (tonos rojizos, mostrando el peso relativo alto del Na en las básicas, y los tonos violetas, indicando un mayor peso relativo del par Na-U, en las ácidas). El C.V.S. muestra una respuesta similar a la de los intrusivos ácidos.

Las asociaciones **Na-Lu-Be** (figura 6.429) y **Na-Lu-Th** (figura 6.430) muestran pautas de distribución bastante similares y permiten observar varios rasgos de interés. Se discriminan muy nítidamente los materiales sedimentarios del sector occidental de la zona (Flysch de Terena, Fm. Xistos Raiados, Fm. Barrancos, Fm. Fatuquedo (colore azules fuertes que indican la importancia relativa del Th). Aunque con respuestas diferentes según los distintos cuerpos de rocas ígneas, sus afloramientos se identifican muy netamente. El de Táliga, en tonos amarillos que señalan una prominencia relativa de Na-Lu con respecto a Be (figura 6.429) o en blancos (figura 6.430) que señalan una composición más equilibrada con respecto al Th. El de Almendral muestra una variación inversa al de Táliga (mayor peso del Be y menor del Th).

El de Barcarrota muestra en su corona externa, granítica o sienítica, pautas similares a las del granito de Tálaga y en su parte nuclear, más básica, un mayor peso del polo sódico. Los de Los Remedios y Valencia del Ventoso muestran respuestas análogas a las Tálaga o Almendral. Existe también similitud de respuestas entre los intrusivos de Fregenal y de la facies gabroidea de Barcarrota. Los granitos de Brovales y de La Bazana proporcionan una respuesta análoga a la existente sobre el cuerpo subaflorante al O de Zahinos, con tonos de color lila, indicando una composición equilibrada entre polos).

Estas representaciones muestran claramente otro rasgo interesante. Existe alrededor del afloramiento del granito de Tálaga una aureola de cierta importancia y continuidad, marcada por tonos rojizos (polo Na), y cuyo alcance y morfología es independiente del substrato geológico pues afecta a materiales de la Fm. Esquistos de Jerez, del C.V.S., de la Serie Negra y de la Fm. Bodonal. Esta pauta podría estar relacionada con un proceso de albitización de las rocas encajantes de dicho cuerpo intrusivo.

En el contacto de la Fm. Fatuquedo con la Fm. Esquistos de Jerez, y afectando también a afloramientos de C.V.S., se observa, a lo largo de unos 4 km en la dirección NO-SE, un tramo con una respuesta diferente a la mostrada por estas unidades en otros sectores. Se manifiesta con tonalidades azul claro a verde claro, indicadoras de un cierto enriquecimiento relativo en Lu. Este rasgo ya fue señalado en el análisis de las distribuciones elementales.

En las figuras 6.431, **Bi-W-Be**, y 6.432, **Na-W-Be**, se observan pautas inconsistentes en gran parte de la zona. Son debidas a los muy bajos contenidos en Bi, inferiores al L.D.I. Pueden observarse, sin embargo, pautas de gran interés en el entorno de Oliva de La Frontera. Se define con gran nitidez el granito de La Bazana (en blanco con tonos verdes en su periferia, señalando una composición equilibrada entre polos y enriquecimiento relativo en W en su encajante. El supuesto cuerpo intrusivo subaflorante al O de Zahinos dispensa una respuesta idéntica, con la diferencia de que la aureola verde claro (W) se extiende hacia el E y SE hasta cubrir el área ocupada por el campo filoniano con W-Bi de Oliva. En la zona SE se observa incluso alguna pequeña anomalía en tonos rojizos (Bi), en la figura 6.431. Algo parecido ocurre al SO de La Bazana. Estas representaciones proporcionan pues la imagen probable de los fenómenos de dispersión geoquímica en la vertical de una cúpula granítica.

Las figuras 6.433, **Bi-W-Se**, 6.434, **Bi-W-Te** y 6.435, **Bi-W-U**, muestran pautas de distribución ternarias muy similares entre ellas y bastante parecidas a las de las dos figuras anteriores. Muestran, a escala regional, unas distribuciones poco definidas y muy erráticas porque algunos de los elementos implicados tienen valores por debajo del L.D.I. en un amplio sector de la zona. Su principal valor radica en la buena definición de algunas unidades y de procesos importantes desde el punto de vista de la exploración, que pueden observarse en el sector central de la zona. En todas ellas se delimita muy netamente la proyección del supuesto cuerpo intrusivo subaflorante al O de Zahinos. Éste muestra una respuesta neta en tonos azul claro (importancia relativa de los polos W-Se, W-Te y W-U respectivamente). Estas respuestas son casi siempre idénticas a las que presenta el granito de la Bazana. Las tonalidades gradúan hacia el S y hacia el SE a tonalidades más verdosas que indican una tendencia a composiciones en las que cobra más importancia relativa el polo Bi. En el caso de La Bazana, esta tendencia se produce hacia el exterior más inmediato a la intrusión. A escala muy local, tanto en Oliva como en la Bazana, se encuentran anomalías muy locales en tonalidades rosas a rojizas, testimonio de anomalías de Bi o Bi-W en las áreas más distales.

La figura 6.436, **Fe-Cu-As**, muestra distribuciones ternarias que, por su inconsistencia y su inhomogeneidad son de escasa utilidad para definir o delimitar unidades a la escala regional. Puede hacerse, únicamente, una discriminación neta en el caso de la Fm. Xistos Raiados, a pesar de la abundancia de pequeñas celdas anómalas de color diferente. La Fm. Xistos Raiados se caracteriza por tonalidades azules indicativas de la importancia relativa de los polos Fe-Cu. Las celdas anómalas manifiestan tendencia (anomalías) a los polos Cu-As. Puede reconocerse, sin embargo, una respuesta bastante consistente en tonos blaquesinos (composición equilibrada y con valores elevados entre los polos ternarios) a la que se superponen anomalías (celdas) en tonos amarillos a rojizos a marrones, indicando mayor participación del polo As), al igual que ocurre en el granito de la Bazana (anomalías de mineralización).

La figura 6.437, **Fe-Zn-Cu**, permite discriminar con nitidez a la Fm. Xistos Raiados (tonos azules, Fe-Cu) aunque con celdas anómalas por posibles anomalías de contenidos de Au, y a la Fm. Esquistos de Jerez,

con escasa continuidad lateral pues presenta diferentes respuestas en su sector NO y SE. Muestra tonalidades amarillas a verdosas (peso relativo de los polos Fe-Zn) en un tramo ya mencionado por su fuerte personalidad geoquímica (figura 6.423). El granito subaflorante del O de Zahinos y el de La Bazana presentan respuestas similares caracterizadas por tonalidades azules (Cu) salpicadas puntualmente por celdas anómalas con composiciones equilibradas Fe-Cu-Zn.

La figura 6.438, **Fe-Cu-Au**, pone de manifiesto la neta discriminación de la Fm. Xistos Raiados (tonos azules y localmente púrpuras, con tendencias a Cu-Fe y localmente C-Au). Como en figuras anteriores, se repite la definición de respuestas similares del granito subaflorante del O de Zahinos y del de La Bazana, definidas por tonalidades blanquecinas (composiciones equilibradas Fe-Cu-Au) con manchas locales en tonos amarillos y marrones en las que cobra mayor importancia el polo aurífero. Cabe integrar en este grupo de anomalías a las relacionadas con los parches de color marrón rojizo (Cu-Au) asociados espacialmente con las mineralizaciones de Fe de Alconchel y muy similares a los que aparecen en La Bazana..

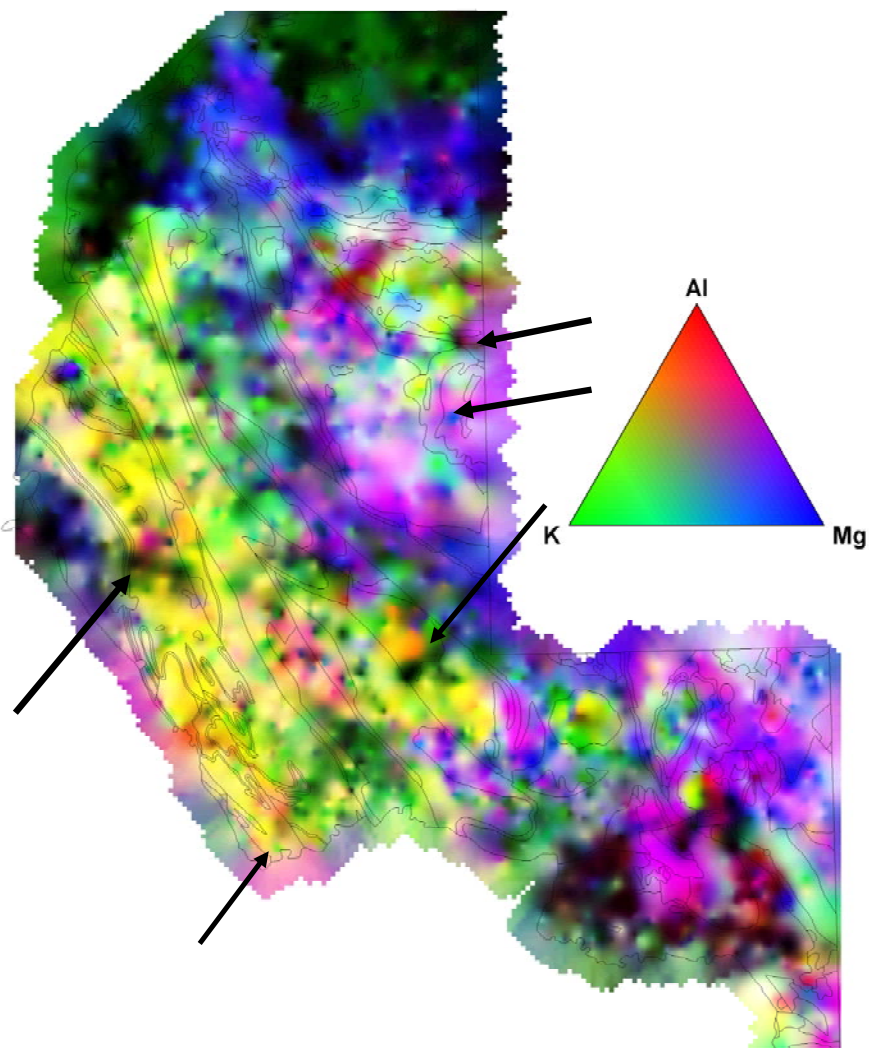


Figura 6.397. Mapa ternario de Al-K-Mg con color CMY invertido.

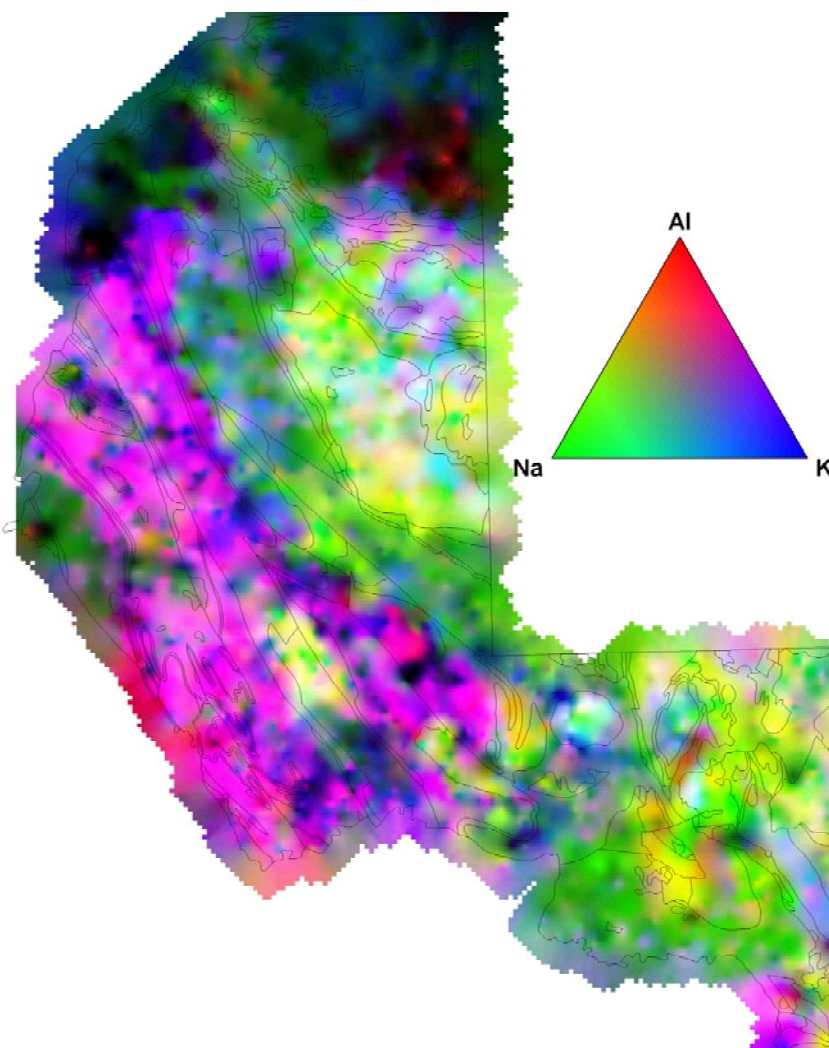


Figura 6.398. Mapa ternario de Al-Na-K con color CMY invertido.

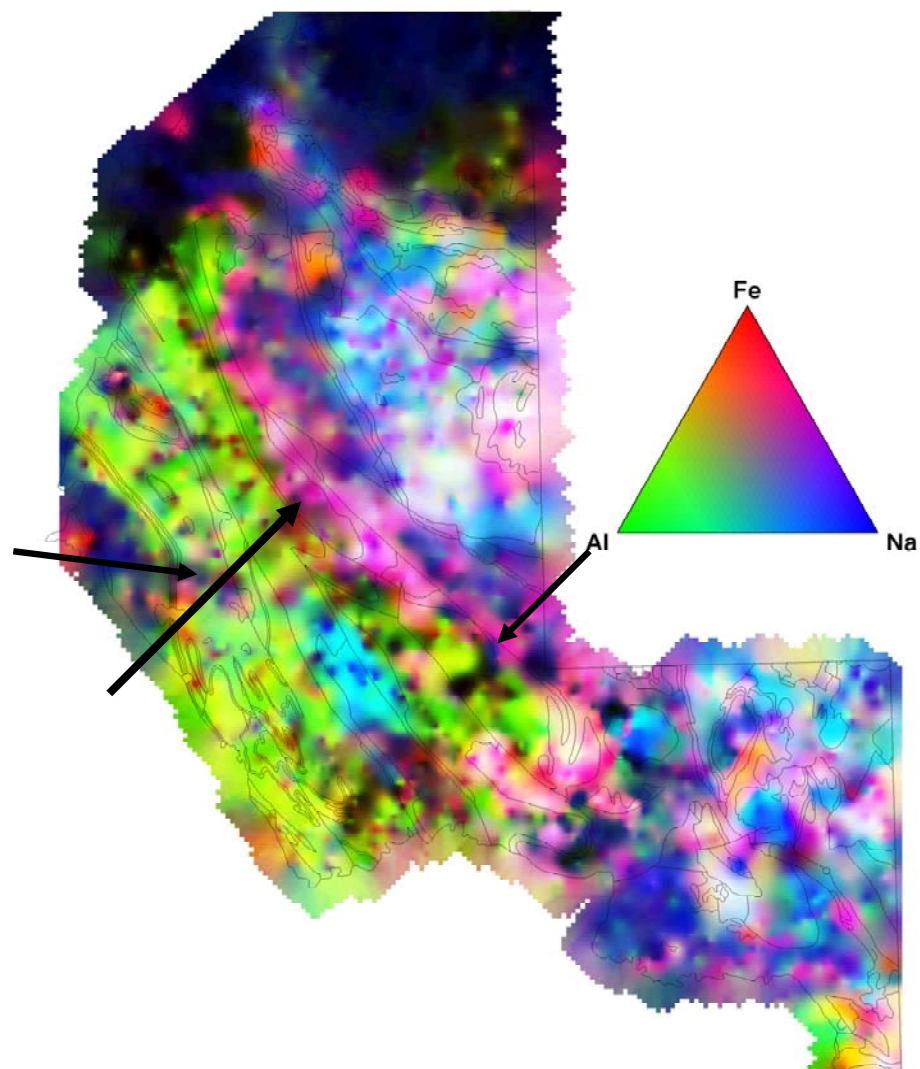


Figura 6.403. Mapa ternario de Fe-Al-Na con color CMY invertido

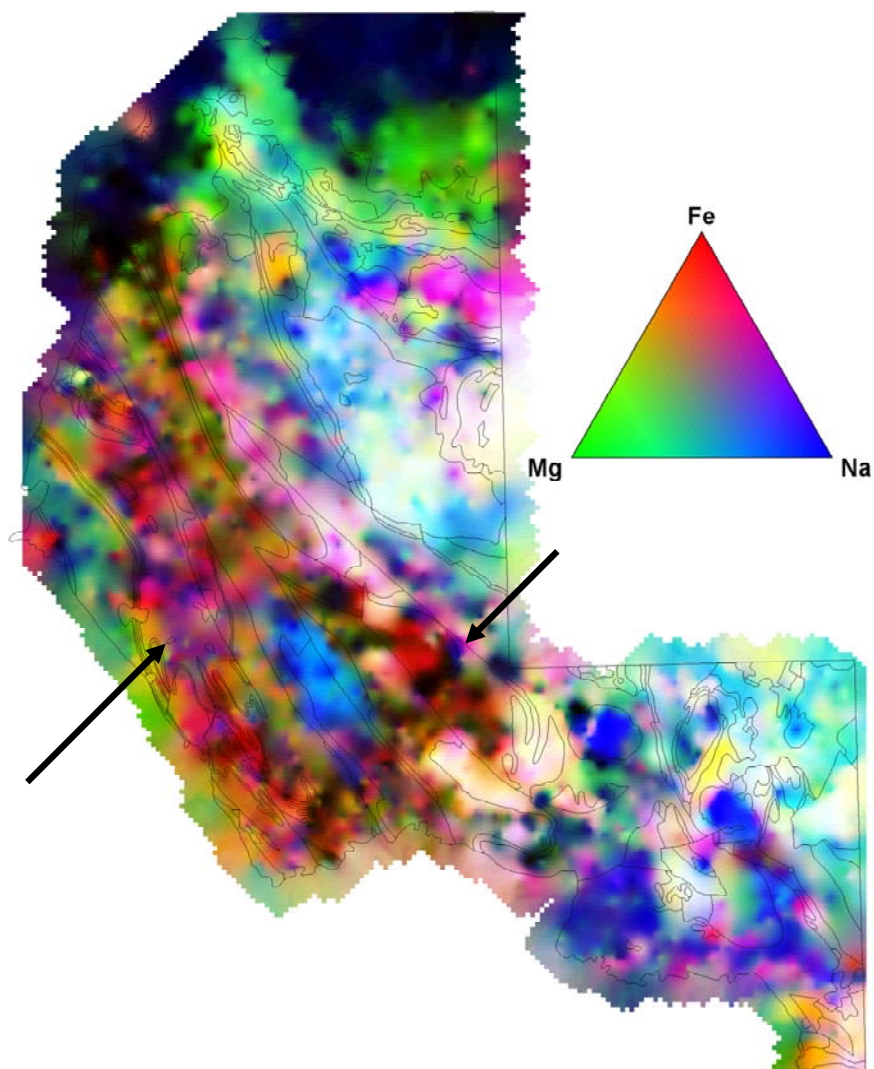


Figura 6.404. Mapa ternario de Fe-Mg-Na con color CMY invertido

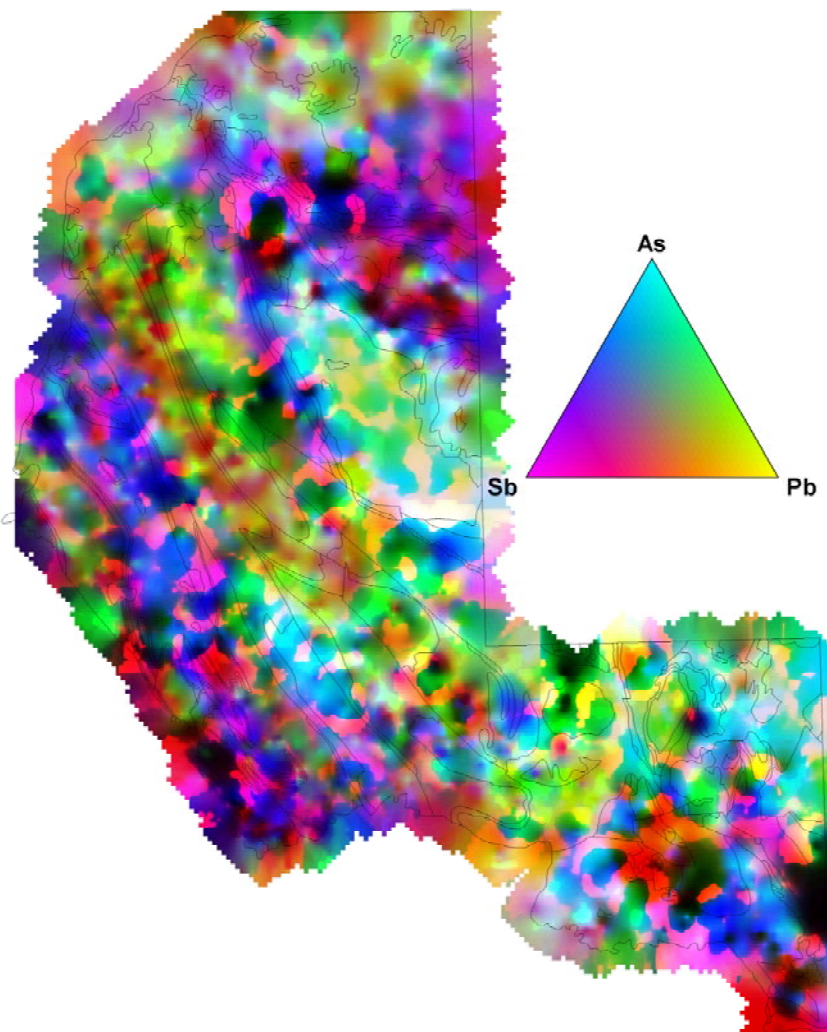


Figura 6.407. Mapa ternario de Sb-As-Pb con color CMY.

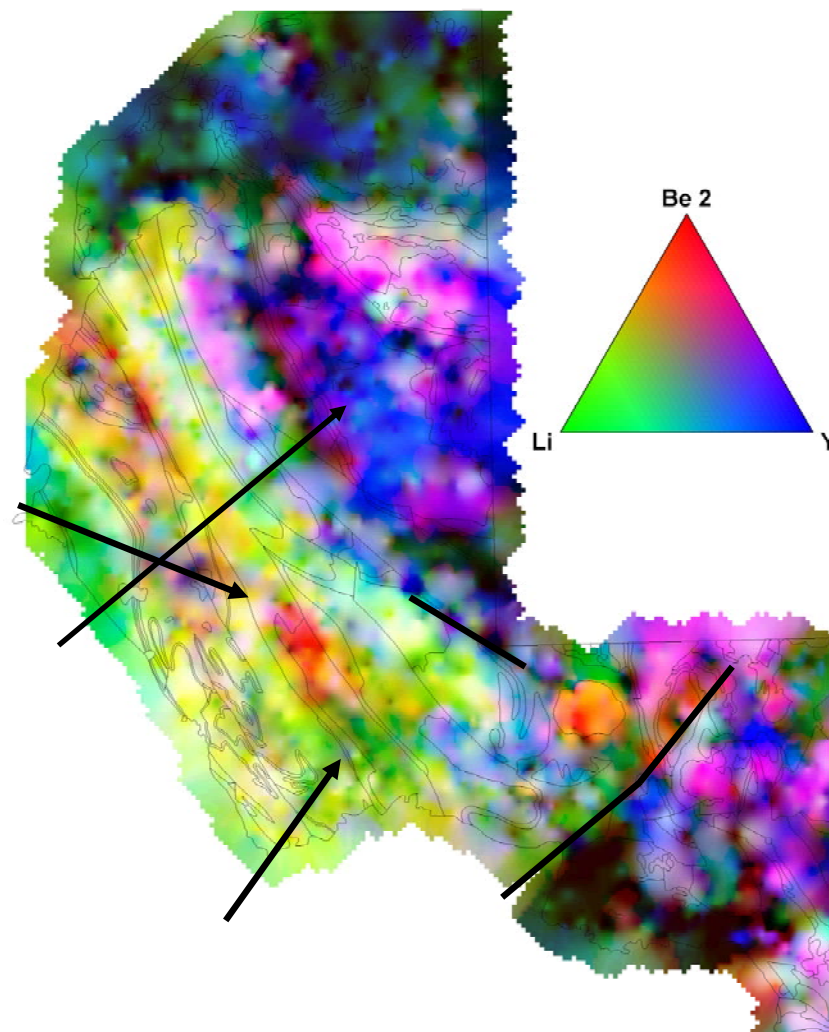


Figura 6.408. Mapa ternario de Li-Be-Y con color CMY invertido

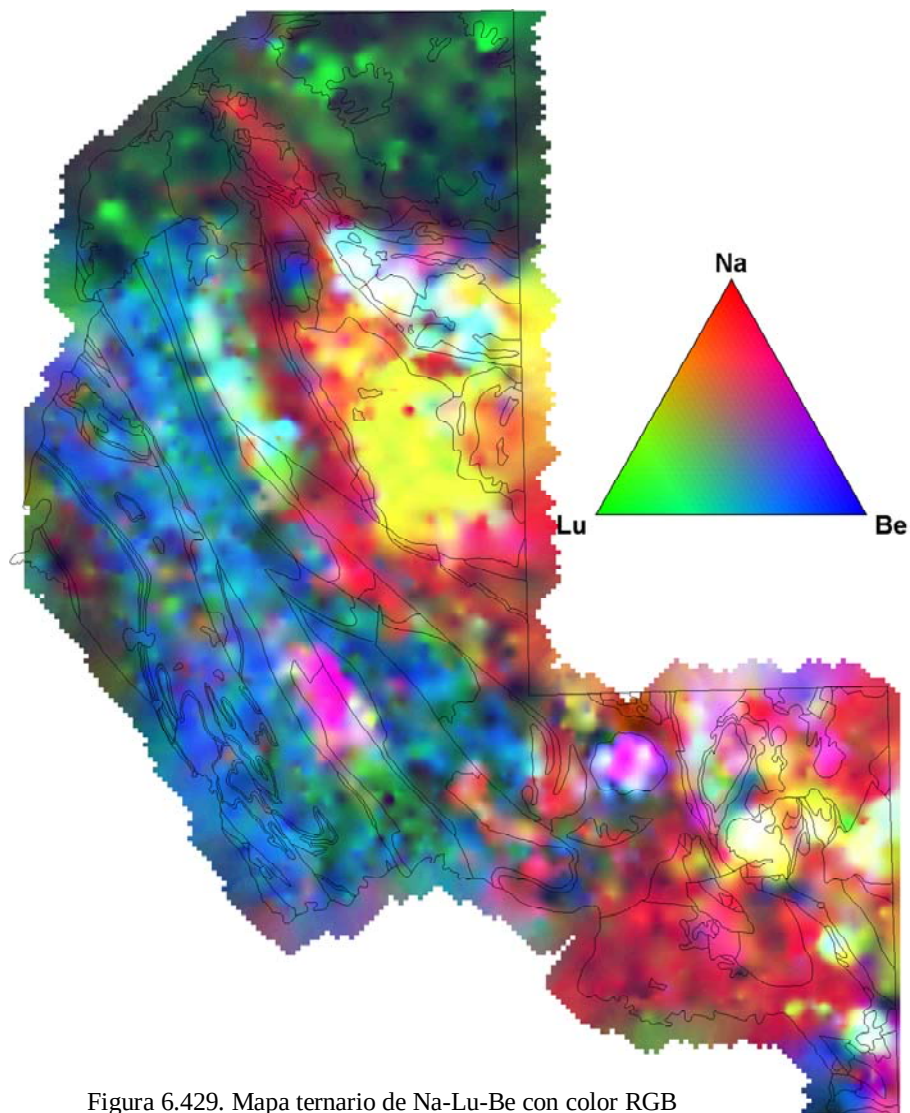


Figura 6.429. Mapa ternario de Na-Lu-Be con color RGB

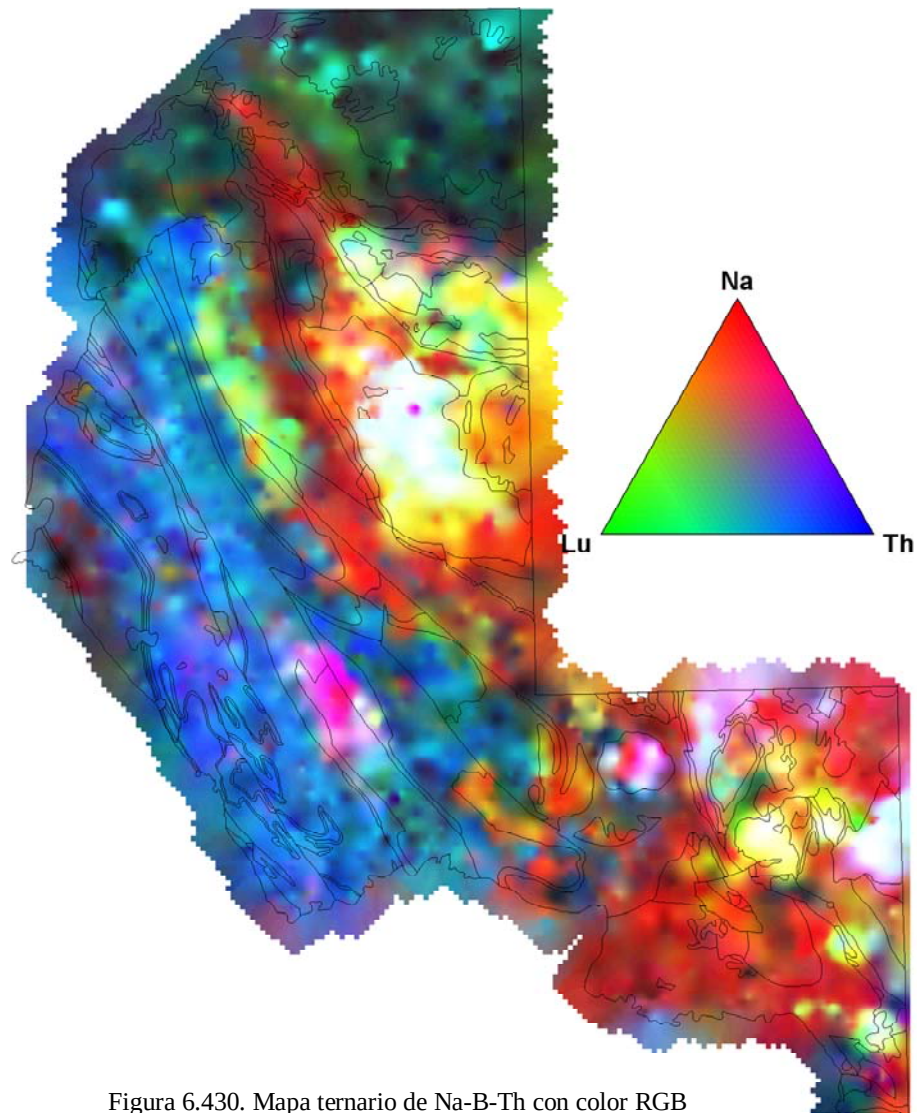


Figura 6.430. Mapa ternario de Na-B-Th con color RGB

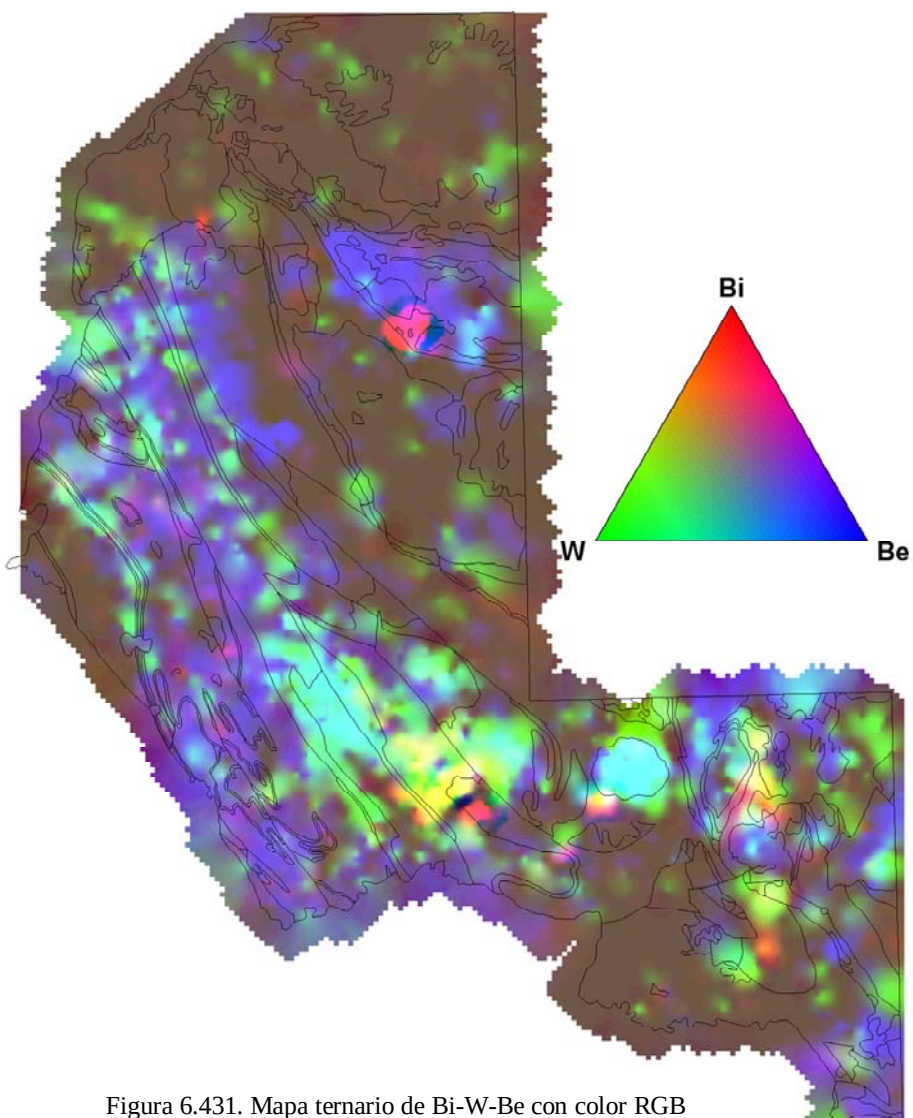


Figura 6.431. Mapa ternario de Bi-W-Be con color RGB

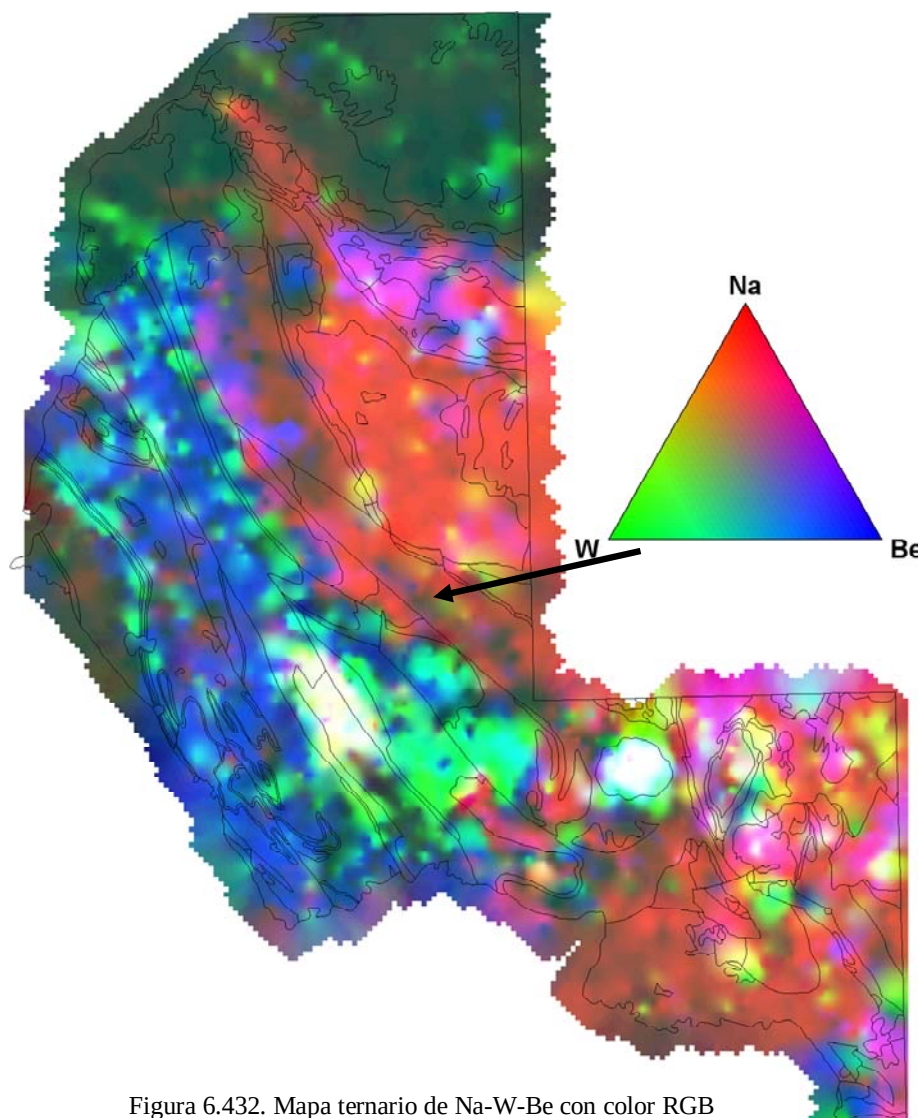


Figura 6.432. Mapa ternario de Na-W-Be con color RGB

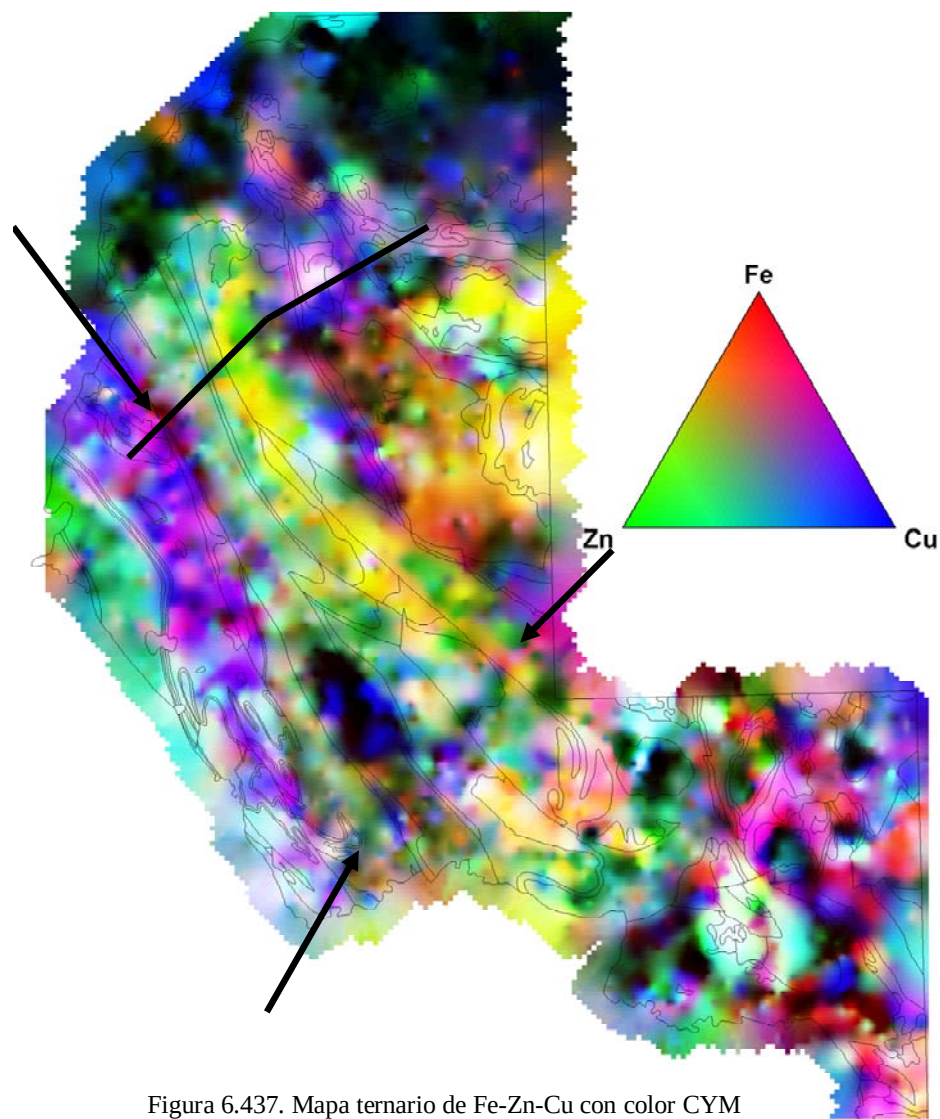


Figura 6.437. Mapa ternario de Fe-Zn-Cu con color CYM invertido

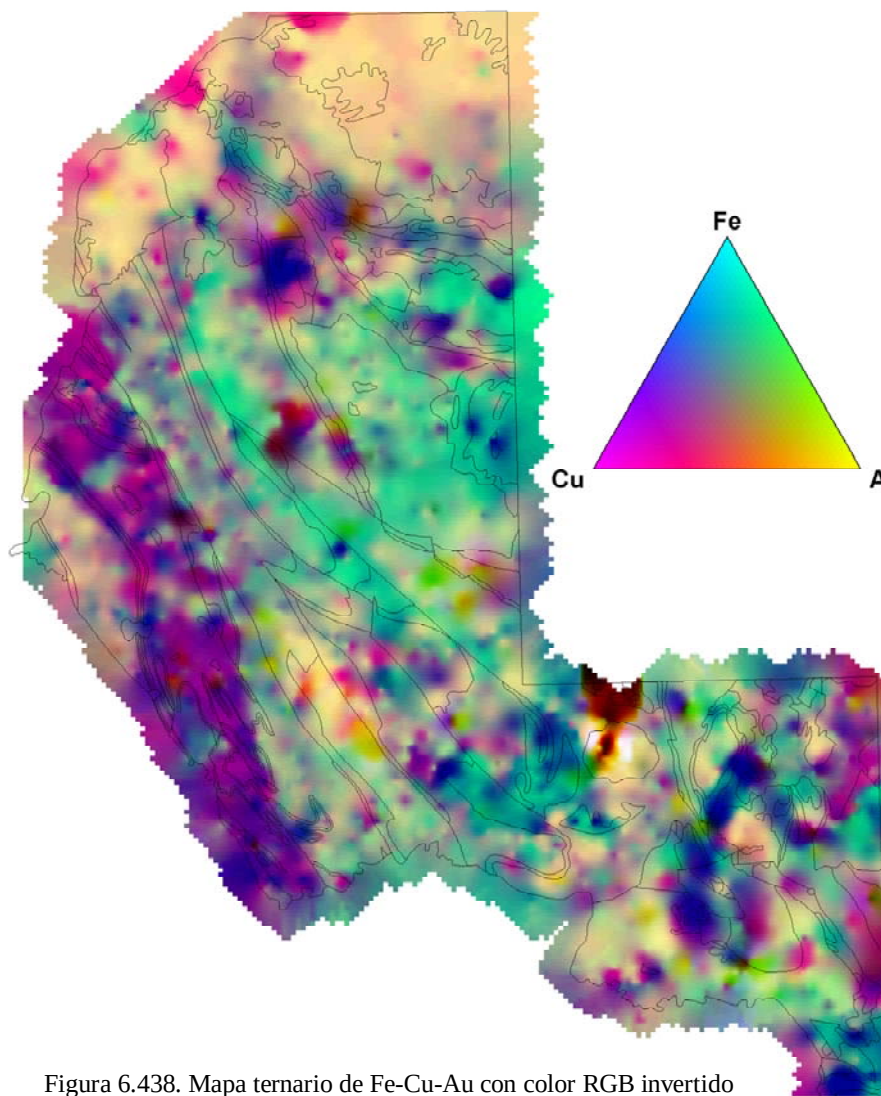


Figura 6.438. Mapa ternario de Fe-Cu-Au con color RGB invertido

6.5.3.3.- Mapas multielementales de distribución por composición de mallas.

Otra vía de tratamiento multivariante de la información multielemental, tendente a resaltar o magnificar tendencias o contrastes de las distribuciones, consiste en, a partir de las mallas elementales ya creadas, operar con ellas para su transformación por operaciones aditivas, multiplicativas, etc. (Reimann et al., 2008). Las representaciones ternarias son una de ellas. Otra de las técnicas utilizadas consiste en la integración por adición de los valores de varias mallas elementales. Para ello se suele referir las sumas de valores a los valores de una variable considerada como principal. Al sumar los valores de varios elementos asociados geoquímicamente se aumentan los contrastes entre dominios geoquímicos lo que permite, en general, observar con más nitidez determinadas estructuras. Se han realizado mapas compuestos de tres y cuatro elementos, a partir de diversas combinaciones de ellos, que aparecen representados en las figuras 6.439 a 6.448. En ellos la escala de valores adoptada es la de distribución normal, con lo que los rasgos puestos de manifiesto corresponden a valores que se sitúan en la parte alta de la distribución de los valores compuestos.

En ellos se manifiestan de forma más consistente áreas con anomalías multielementales paragenéticas y se hace destacar las respuestas de determinadas unidades litoestratigráficas, a la par que se sugieren algunas estructuras lineamentarias en posible relación con estructuras regionales y posibles vías de circulación de sistemas hidrotermales.

Las principales conclusiones que pueden extraerse de ellas son las siguientes:

La figura 6.439, formada a partir de la adición de las mallas de la asociación **W-Bi-Cu**, muestra cómo se discrimina muy bien el granito subaflorante al O de Zahinos (Villanueva del Fresno) que suministra una respuesta similar a la del granito de la Bazana. Puede observarse cómo se define el área del campo filoniano de Oliva, con valores aditivos más elevados y se delimitan, asimismo, algunas anomalías similares a las asociadas al granito de la Bazana y situadas en su encajante inmediato. Se distinguen pequeñas anomalías locales de este parámetro asociadas a la Fm. Xistos Raiados y a los estrechos afloramientos de materiales carbonosos del Silúrico contenidos en ella o contiguos a ella. Aparecen, asimismo, estas anomalías en la Fm. Barrancos. Otras anomalías se sitúan en la Serie Negra, en la proximidad del granito de Brovales y en los Esquistos de Jerez, entre los intrusivos de Fregenal y de Los Remedios.

La figura 6.340, realizada a partir de la adición de las mallas de elementos metalogénicos y otros de carácter litológico que forman la asociación **Na-W-Bi-Be**, muestra una neta definición e identificación de los cuerpos intrusivos, en particular de el Almendral y, sobre todo del granito de la Bazana y del intrusivo subaflorante (entre Zahinos y Villanueva del Fresno), así como de los de Los Remedios y Brovales. Destaca la respuesta del campo filoniano de Oliva, que además de ser, obviamente, anómalo en W, tiene contenidos elevados en elementos graníticos en relación con procesos de alteración hidrotermal.

La figura 6.341, realizada a partir de la adición de las mallas de elementos metalogénicos que forman la asociación **As-Cu-Zn-Bi**, hace destacar, lógicamente, objetos diferentes dada la naturaleza de los elementos considerados. Se observan varias anomalías locales situadas en varias de las unidades que aparecen en la zona. De ellas, algunas muy significativas son las que aparecen en el pez tectónico de C.V.S. pinzado en el contacto entre la Fm. Esquistos de Jerez y la Fm. Fatuquedo, algo al O de las mineralizaciones de Alconchel.. Están posiblemente relacionados con los procesos hidrotermales que han intervenido, a favor de discontinuidades N50°-70°E, en una fase más tardía superponiéndose a la mineralización volcano-sedimentaria y estratiforme de Fe de Alconchel. Otras las que se detectan, con rasgos geoquímicos algo peculiares ya mencionados anteriormente; en el entorno del intrusivo de Jerez prolongándose hasta el granito de la Bazana; en el intrusivo de Los Remedios; en el granito de Valencia del Ventoso; en la Fm. Carbonatada y en la Serie Negra (sector SE); en varios puntos de la Fm. Xistos Raiados y de la Fm. Bodonal.

La figura 6.342, que se ha realizado a partir de la adición de las mallas de elementos litológicos que constituyen la asociación **Ce-Tb-Lu-Hf**, que por su estructura de naturaleza litológica, define y delimita fundamentalmente a determinadas unidades geológicas. La variable aditiva discrimina, en sus tramos de vaores elevados, a los cuerpos intrusivos de Almendral, Táliga, Barcarrota (facies ácidas), Los Remedios

(facies ácidas), Valencia del Ventoso. El intrusivo de La Bazana es reconocible y destaca con respecto a su entorno, aunque con respuestas en valores intermedios, al igual que el intrusivo subaflorantes del O de Zahinos, que se expresa con valores bajos. Hay que destacar la respuesta intensa, de un tramo del afloramiento principal de los Esquistos de Jerez y de la Fm. Fatuquedo, a partir del pez tectónico de C.V.S. hacia el NO.

En los tramos de valores bajos, la variable aditiva discrimina netamente a la Fm. Xistos Raiados con respecto a las restantes unidades sedimentarias que los tienen un poco más elevados, con excepción de la Fm. Detrítica Superior, que tiene una respuesta similar a la de los Xistos Raiados.

La figura 6.343 se ha realizado a partir de la adición de las mallas de elementos litológicos que constituyen la asociación **La-Yb-K-Na**. La variable aditiva delimita muy netamente por sus valores máximos a la Fm. Xistos Raiados, que presenta sin embargo una distribución interna irregular. En los tramos altos de valores identifica plenamente a los intrusivos de Táliga (parte nuclear), Almendral, Barcarrota (corona ácida), Brovales, Valencia del Ventoso, La Bazana (irregular) y subaflorante de Oliva (irregular), así como a parte de los afloramientos de la Fm. Bodonal y a sectores de la Fm. Esquistos de Jerez al NO del pez tectónico de la zona de Alconchel.

La figura 6.344 se ha realizado a partir de la adición de las mallas de elementos litológicos que constituyen a la asociación **Ca-Mg-K-Na**. La variable aditiva caracteriza plena y netamente, en sus tramos de valores más elevados, a todos los cuerpos intrusivos de naturaleza básica o intermedia (núcleo de Táliga, alguno de los intrusivos de Almendral, en particular a sus afloramientos situados más al NO, Barcarrota, Fregenal, Jerez, facies básicas de Los Remedios, zonas del de Valencia del Ventoso) y, asimismo, al C.V.S.

Las asociaciones objeto de otros mapas, muy similares en términos generales, suministran distribuciones muy parecidas a las últimas descritas, difiriendo únicamente en pequeños detalles y matices.

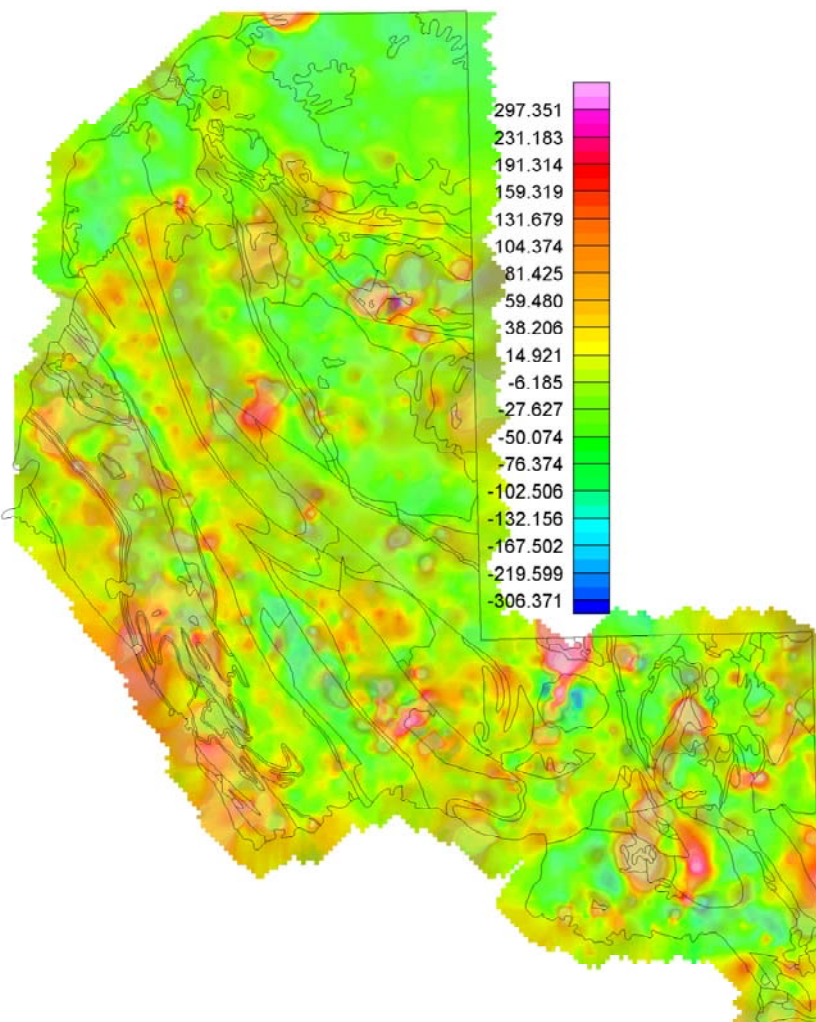


Figura 6.441. Mapa elaborado a partir de la composición de mallas de interpolación (kriging) por mezcla ecualizada de As-Cu-Zn-Bi (escala de distribución normal relativizada con respecto al As).

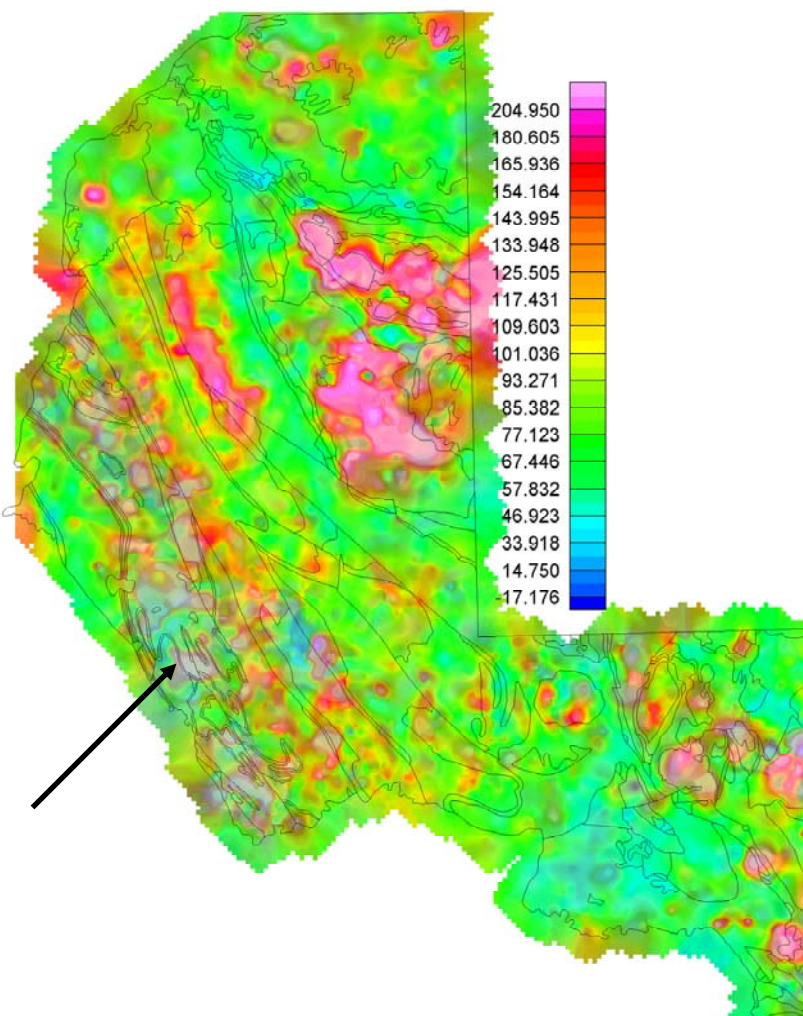


Figura 6.442. Mapa elaborado a partir de la composición de mallas de interpolación (kriging) por mezcla ecualizada de Ce-Tb-Lu-Hf (escala de distribución normal relativizada con respecto al Hf).

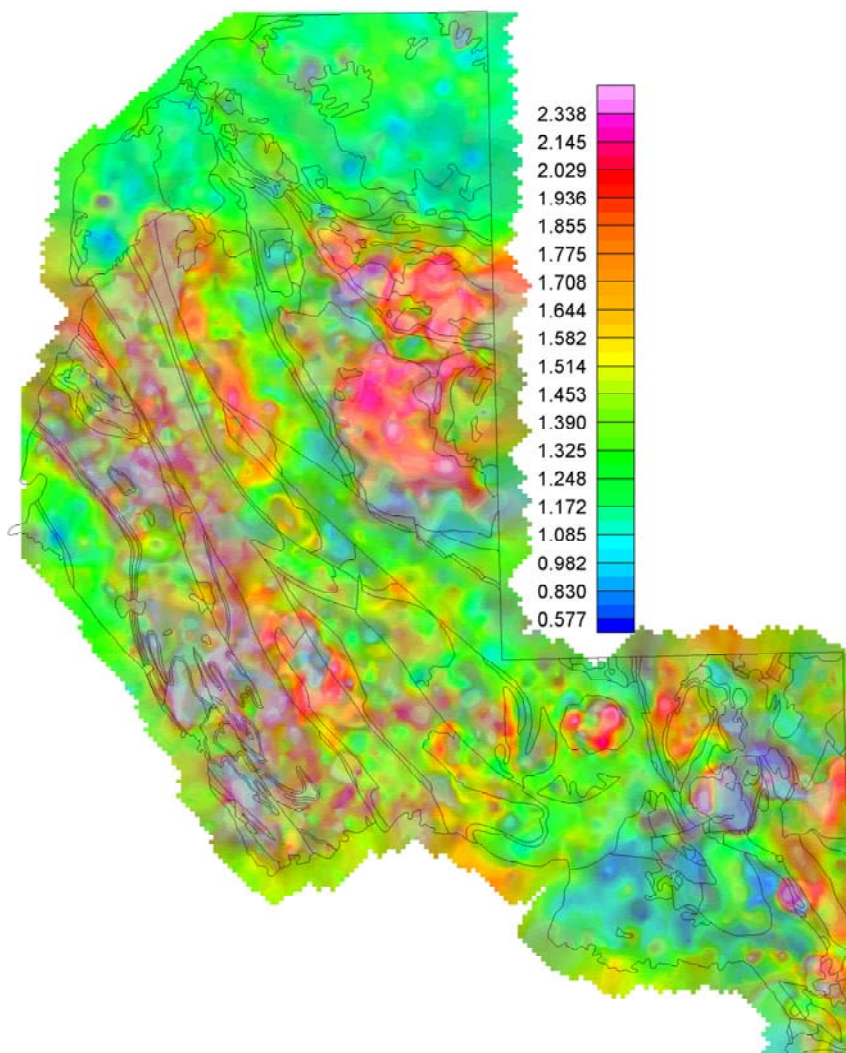


Figura 6.443. Mapa elaborado a partir de la composición de mallas de interpolación (kriging) por mezcla ecualizada La-Yb-K-Na (escala de distribución normal relativizada con respecto al La).

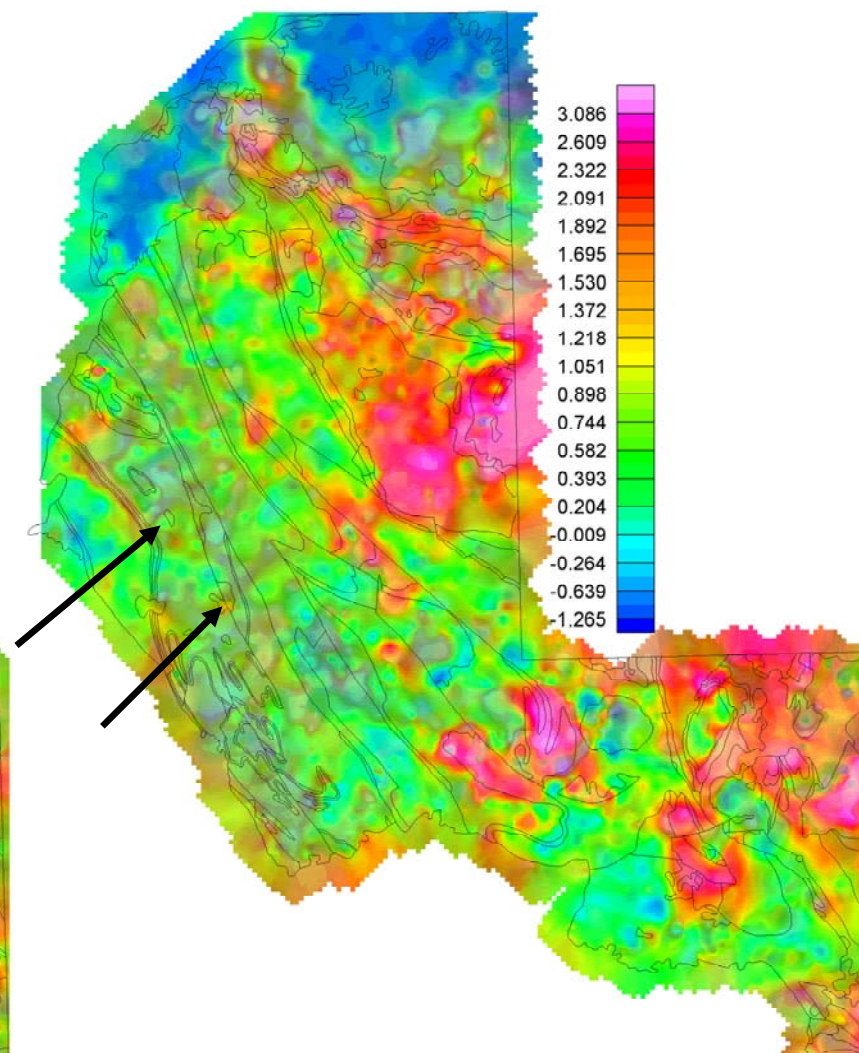


Figura 6.444. Mapa elaborado a partir de la composición de mallas de interpolación (kriging) por mezcla ecualizada Ca-Mg-K-Na (escala de distribución normal relativizada con respecto al Na).

6.5.3.4.- Clasificación de la población en clases geoquímicas

Dos hechos condicionan la exploración geoquímica en una zona como la que se está estudiando.

En primer lugar, la densidad del muestreo, la gran capacidad de arrastre de los cauces muestreados y la gran movilidad y dispersión geoquímica en ámbitos morfoclimáticos como el predominante en la zona. Ello se traduce en una dispersión amplia (mecánica, fundamentalmente, y, en menor medida, química) y en un desajuste o desviación de las distribuciones geoquímicas con respecto a los límites de las unidades litológicas, por efecto del transporte de materiales en la red hidrográfica, frecuentemente secante con respecto a los contactos geológicos.

En segundo lugar, la complejidad litológica de las formaciones cartografiadas, que suelen contener diversos tipos de rocas con muy diferente quimismo. Esta heterogeneidad geoquímica primaria hace difícil correlacionar las características geoquímicas primarias y las secundarias a una escala que no sea la de detalle.

En tercer lugar, las cartografías geológicas de las que se dispone (MAGNA, a escala 1/50.000, generalmente) no incluyen ni o representan frecuentemente a diferenciaciones litológicas dentro de una determinada unidad, como tampoco lo hacen con rasgos litológicos o unidades litoestratigráficas que se presentan en afloramientos de muy pequeña extensión, y no representables a la escala citada). Sin embargo estos objetos pueden, a menudo introducir una gran variabilidad en la estructura del área, por su fuerte personalidad geoquímica.

Por todo ello, y para establecer y definir los umbrales de anomalías geoquímicas que van a conducir a la delineación de áreas anómalas prospectivas, no es válida la clasificación puramente litológica a partir del mapa geológico. En estas situaciones parece más lógico proceder a una clasificación de la población muestral basada en las características geoquímicas de las muestras, definiendo clases geoquímicas homogéneas que tengan el mayor significado geológico posible, y definir en ellas umbrales de anomalía elemento a elemento. Estas clases, además de tener un sentido geológico, deben tener fondos geoquímicos contrastados, pues en caso contrario desaparece la utilidad de la clasificación. Las anomalías así definidas están referidas a su medio geoquímico real y no a dominios geológicos a los que se atribuye un significado geoquímico, en algunos casos, dudoso o ambiguo.

La clasificación se ha efectuado siguiendo la técnica multivariante de análisis de conglomerados (“cluster analysis”). Se ha realizado por un proceso no jerárquico, con el objeto de hacer una única partición del grupo en k grupos, por la variante de reasignación. El algoritmo empleado es el denominado **método de “K-means”** o método del centroide. Se ha establecido previamente el número de grupos o clases que se desea formar. El problema que surge al realizar procesos de partición es similar al que se encuentra la efectuar una análisis factorial. Pequeños cambios introducidos en el grupo de variables seleccionadas o en el número de grupos o clases de la partición pueden dar lugar a la obtención de grupos con números de miembros (muestras) muy dispares y, a veces difíciles de interpretar. Por ello es conveniente realizar algunos ensayos variando estos parámetros hasta alcanzar el modelo que se considera, en virtud de varios criterios, más comprensible y ajustado al conocimiento geológico y geoquímico de la zona de estudio.

Se han realizado varios ensayos de clasificación, disociando a la población muestral total en **5, 6 y 7 subgrupos o clases geoquímicas** a partir de la matriz de los factores “score” deducida del AFP (se han realizado también intentos a partir de grupos de variables elementales, lo que presenta el inconveniente de elección de dichas variables, que se suele traducir en una mayor complejidad). Para ello se ha partido de aquellos factores que sintetizan ya la información geoquímica regional y que tienen un claro significado litoestratigráfico, obviando los de mineralización, que suministran una información mucho más dependiente de factores locales. Las condiciones que deben cumplir los subgrupos o clases geoquímicas son de dos tipos.

Por una parte, deben reunir un número suficiente de efectivos (asegurando la representación de controles o procesos de ámbito regional), deben mostrar claras diferencias en los valores centrales de sus distribuciones y tener dispersiones más reducidas que la población total o, en otros términos, deben tener y representar a fuertes contrastes geológicos y tener la mayor homogeneidad interna posible. En términos

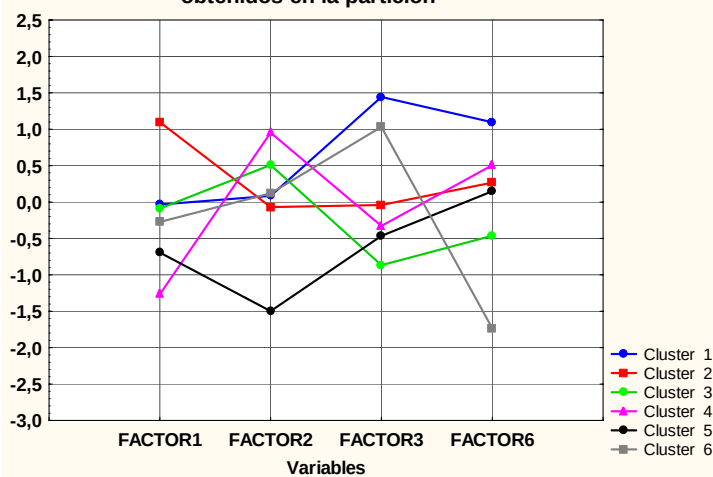
de análisis de varianza, debe maximizarse la varianza entre grupos y minimizarse la varianza interna en los grupos. El análisis de varianza persigue verificar las diferencias significativas entre las medias aritméticas de los grupos a través de la comparación o análisis de las varianzas. Al dividir la varianza total entre varios grupos de fuentes o de causas, se puede comparar la varianza debida a la variabilidad entre grupos con la debida a la variabilidad interna de los grupos.

Por otra parte, la distribución espacial de las muestras, con la expresión de su clase o grupo, debe visualizar la estructura geoquímica del área y permitir una correlación con los rasgos geológicos, morfoclimáticos, o ambientales de la zona. Por ello, las representaciones de las distribuciones de las clases geoquímicas formadas y su análisis detallado son un punto decisivo en la validación de los procesos de partición o clasificación.

Tras la representación de la situación de las muestras de cada clase geoquímica formada para cada una de las clasificaciones, y tras el análisis de su significado, se ha elegido como más idónea la partición en **6 clases o grupos geoquímicos**. Se ha realizado el proceso de partición considerando **como variables de clasificación a los factores score de los factores F1, F2, F3 y F6** (obviando a aquellos factores con significado metalogénico más o menos claro). La pertenencia de cada muestra a su clase geoquímica figura en el Fichero Base (Anexo).

Como indicadores de la validez de la partición y de la consecución de los objetivos buscados, se ha representado, en la figura 6.349, la variación de las medias de los factores score de los cuatro factores implicados en el proceso según los grupos formados. En ella puede verse que las medias aritméticas de los valores de los factores score de los factores tomados como variables de clasificación son sensiblemente diferentes, salvo en el caso de factor 2 en el que son más próximas. En la tabla 6.7 resultante del análisis de varianza realizado sobre el proceso de partición y sobre las clases formadas puede verse que la varianza entre grupos es sensiblemente mayor que la existente dentro de ellos (salvo en el caso de F2, en el que son muy similares). Asimismo el parámetro de test F es asimismo más elevado y similar en valor para las variables F1, F3 y F6.

Figura 6.449. Medias de los factores score en los clusters obtenidos en la partición



	Varianza entre grupos	Grados libertad	Varianza dentro de grupos	Grados libertad	F
F1	2173,674	5	1372,326	3541	1121,742
F2	1778,943	5	1767,057	3541	712,963
F3	2088,990	5	1457,010	3541	1015,383
F6	2120,084	5	1425,916	3541	1052,967

Tabla 6.7. Análisis de varianza entre grupos y dentro de grupos

En la figura 6.450 se representa la situación de las muestras pertenecientes a cada clase, con expresión, en la leyenda, del número de miembros asignados a cada grupo o clase.

La **representación de las clases geoquímicas sobre la base geológica** permite observar que, aunque los miembros de las clases geoquímicas formadas no presentan una clasificación o separación espacial estricta y acorde con los límites de los recintos geológicos, al aparecer muestras de las distintas clases mezcladas y juntas en un mismo espacio geológico, sí que se aprecia un grado de relación muy consistente. Esta correlación adquiere sentido al superponer los grupos formados a la estructura geológica. Las desviaciones de esta vinculación pueden ser debidas a varias causas:

- Existencia de estructuras geológicas o de diferenciaciones dentro de ellas que no se expresan en la cartografía geológica (ejemplo, granito subaflorante de Oliva-Villanueva del Fresno) .
- Distorsiones de la distribución geoquímica real con respecto a l estructura de la base geológica por efecto de la movilidad y dispersión geoquímica en zonas de borde de recintos geológicos. Arroyos que cortan a los límites geológico pueden tener en zonas cerca cercanas a ese límite sedimentos con una personalidad geoquímica próxima a las del recinto de procedencia, o bien , por efectos de dilución mostrar signatures híbridas o de mezcla.
- Otras estructuras o causas no conocidas, entre ellas contaminaciones locales o errores.

En esta figura está representada la **ubicación de las muestras con expresión de la pertenencia a su clase geoquímica de la clasificación adoptada como más idónea**. La representación de las clases geoquímicas sobre la base geológica permite observar, como se ha indicado, que aunque los miembros de las clases geoquímicas formadas no presentan una clasificación o separación espacial estricta, al aparecer muestras de las distintas clases mezcladas y juntas en un mismo espacio geográfico, sí que se aprecian zonalidades en su repartición. Éstas adquieren sentido, en general, al superponer las clases constituidas a la estructura geológica.

La **clase 1 (448 muestras)** se asimila con una gran fidelidad a la Fm. Xistos Raiados. Ésta contiene, sin embargo, algunos puntos dispersos pertenecientes a la clase 3.

La **clase 2 (997 muestras)**, aunque con un grado de identificación neta con unidades geológicas es la más comprehensiva, pues incluye a varias unidades litoestratigráficas diferentes y es, a su vez, una de las que presentan un mayor grado de dispersión con respecto a ellas, pues varios de sus miembros aparecen en recintos geológicos definidos como pertenecientes a otras clases. Se identifica fundamentalmente con **un grupo de unidades sedimentarias formado por el Flysch de Terena, la Fm. Barrancos y la Fm. Fatuquedo y, en menor grado con pequeños afloramientos de Carbonífero Superior (zona NO)**. Hay que señalar que un afloramiento menor de la Fm. Xistos Raiados aparece como incluido en este grupo. Algunos de los afloramientos de la Fm. Fatuquedo son menos homogéneos y contienen concentraciones de muestras pertenecientes a las clases 3, 5 y 6 (áreas de la zona de Oliva).

La **clase 3 (740 muestras)**, es la que muestra un grado de homogeneidad menos definido. Puede asimilarse a la **Fm. Esquistos de Jerez y a la Serie Negra** (y en menor medida a la Fm. Carbonatada o a la Fm Bodonal, en sí mismas muy poco consistentes), pues es en ellos dónde se ubican la gran mayoría de las muestras de este grupo. A su vez, estas unidades (sobre todo las últimas mencionadas) contienen a muestras pertenecientes a a otras clases, aunque sea en proporción pequeña. La Fm. Esquistos de Jerez contiene algunas muestras, bastante concentradas en el parte NO de su afloramiento principal, de las clases 4, 5, 6, así como la Serie Negra contiene algunos puntos correspondientes a las clases 3 y 4.

La **clase 4 (422 muestras)**, se identifica claramente con los afloramientos del **Complejo Volcano Sedimentario (C.V.S.)**, así como con algunos de los principales afloramientos de **rocas intrusivas básicas** (Barcarrota, Fregenal, y algunos cuerpos con facies básicas de Los Remedios) y con afloramientos del **Carbonífero Inferior**. Varias muestras de este grupo están incluidas, en forma más o menos dispersa, en otras unidades, básicamente en la Fm. Esquistos de Jerez.

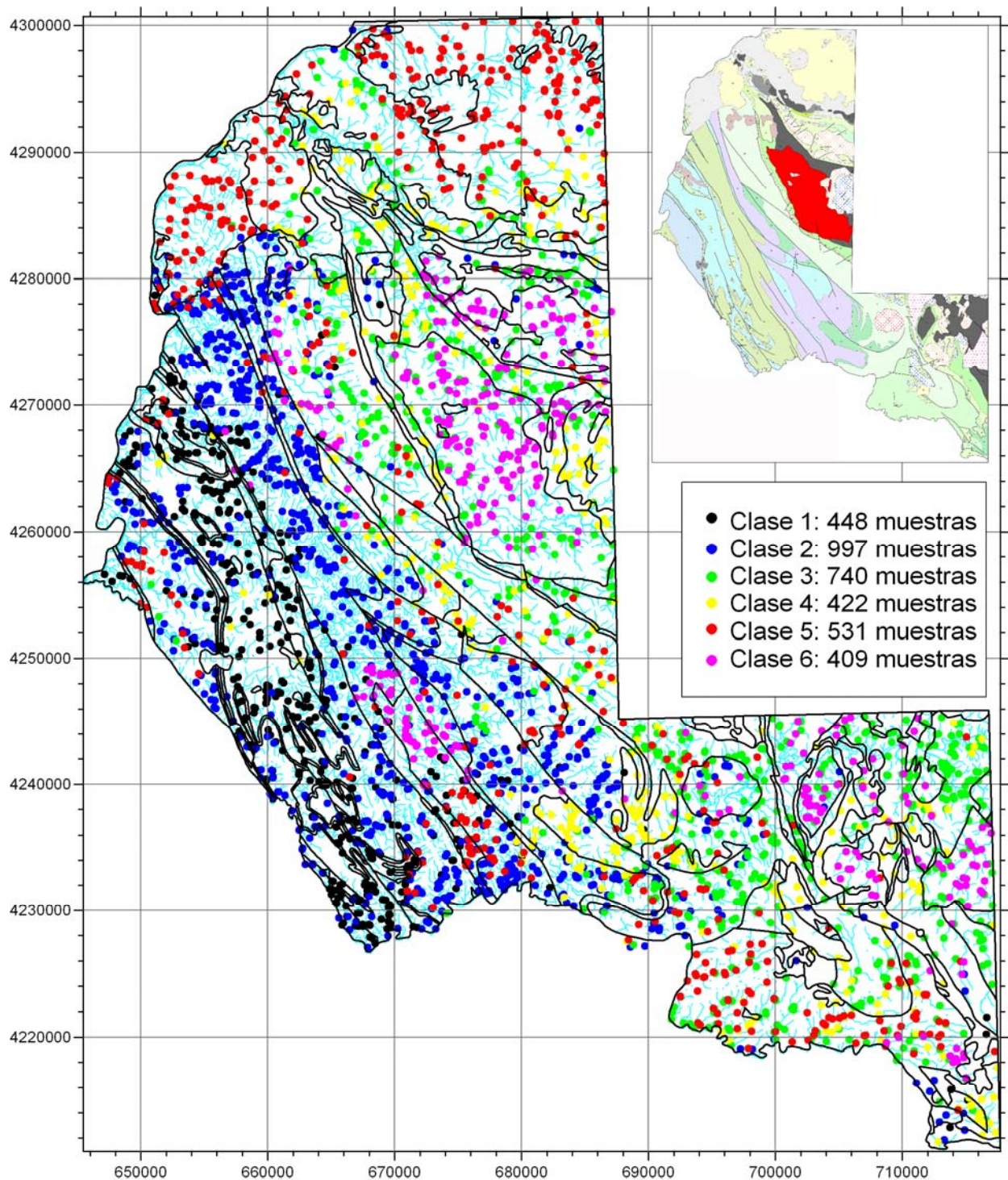


Figura 6.450. Mapa de distribución de las 6 clases geoquímicas formadas en el proceso de partición de la población total por análisis de conglomerados (método k-means) a partir de las variables de clasificación F1, F2, F3, F6 (AFP).

La **clase 5 (531 muestras)**, se identifica, de forma bastante neta con los materiales modernos de naturaleza terrígena de la **Cuenca del Guadiana (Terciario y Cuaternario)** y con los más antiguos de la **Serie Detrítica Superior**. Esas unidades muestran una personalidad geoquímica consistente (aunque con algunas muestras intrusas de la clase 3 en el caso de la Serie Detrítica Superior). Sin embargo, a su vez existen varias agrupaciones de muestras de la clase 5, muy cohesionadas espacialmente, en el Flysch de Terena, en la Fm. Fatuquedo (SO de Oliva), en la Fm. Esquistos de Jerez (SE).

La **clase 6 (409 muestras)**, se socia muy estrechamente y de forma muy consistente con los afloramientos de **rocas intrusivas ácidas a intermedias** (Almendral, corona ácida de Barcarrota, Táliga, excepto algunas muestra en zona de borde de la clase 3, Brovaes, Los Remedios, Valencia del Ventoso). Quizás

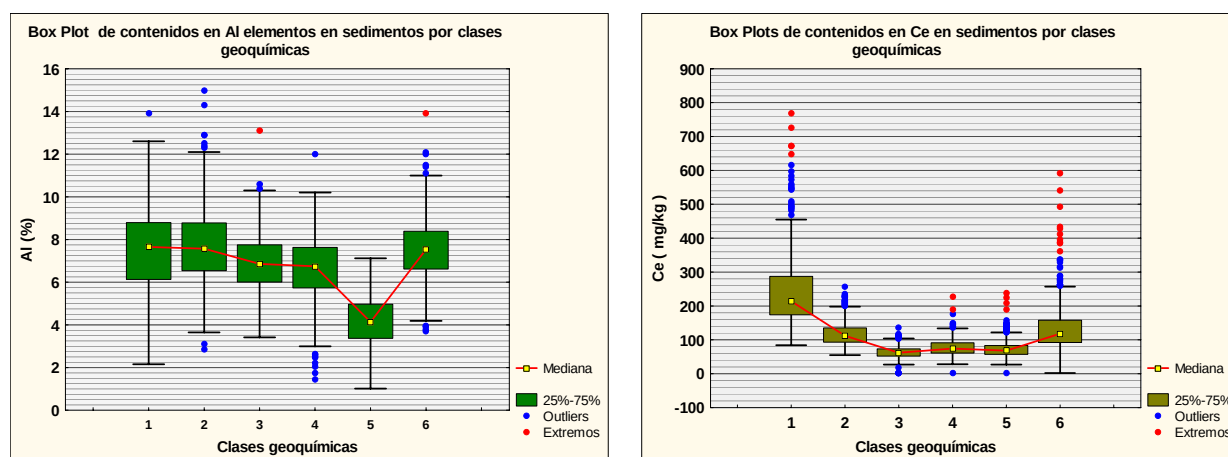
por su pequeño tamaño, la superposición de procesos que en él se manifiestan (mineralización, etc.) o simplemente por efectos de dilución y mezcla, el granito de La Bazana, aún incorporando muestras de este grupo, tiene una composición menos homogénea que los anteriores (muestras de clases 3 y 4 junto a una mayoría de clase 6). Es necesario remarcar que la muestras de este grupo también aparecen en forma muy cohesionada en el área correspondiente al supuesto granito subaflorante al O de Zahinos, en la Fm. Fatuquedo, y en un sector de la Fm. Esquitos de Jerez en contacto con C.V.S. (pez tectónico), así como en afloramientos de la Serie Negra. Este rasgo está en acuerdo, de alguna manera, con las hipótesis planteadas acerca de la probable existencia de intrusivos ígneos subaflorantes en esas áreas.

Una vez conocidas los rasgos de distribución geográfica de los grupos y su relación con la estructura geológica, es necesario definir sus rasgos geoquímicos cuantitativos para confirmar esa relación y precisar su identidad geoquímica.

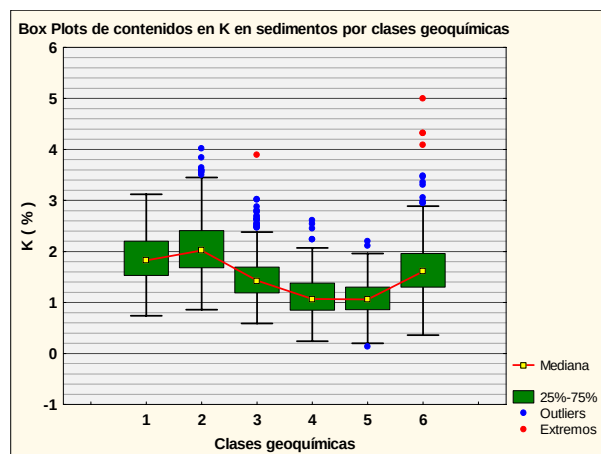
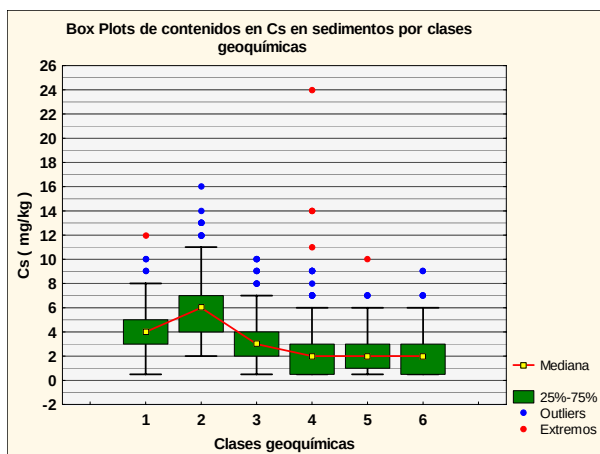
En las figuras 6.451 a 6.501 b, puede observarse, en los diagramas de cajas de las figuras mencionadas, el contraste existente entre las clases constituidas para la mayor parte de los elementos químicos analizados. Además de los rasgos de distribución, el contenido de los diagramas de cajas también es, en sí mismo, una validación de la clasificación, pues muestran que se han constituido grupos muy contrastados. Una síntesis de los datos estadísticos básicos, elemento a elemento, se encuentra en la tabla. En ella se tienen los datos necesarios para caracterizar a cada dominio desde el punto de vista geoquímico: la mediana como medida del fondo geoquímica y la desviación típica como medida de la variabilidad dentro de cada grupo.

Se representan, en forma de diagramas de cajas, los principales rasgos de las distribuciones en cada clase geoquímica, concretamente las medianas (expresión robusta del fondo o background) y la dispersión, de cada elemento. Puede asimismo comprobarse en ellos que las clases definidas están geoquímicamente contrastadas y son coherentes con los principales rasgos geoquímicos de las unidades litológicas a las que pretenden representar (ver estudio litogeoquímico y distribuciones espaciales de los elementos).

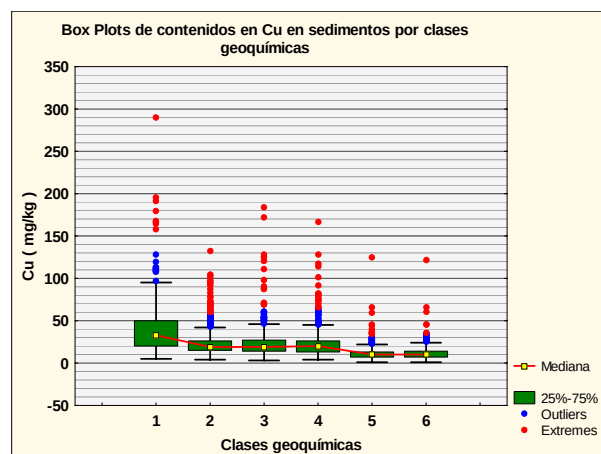
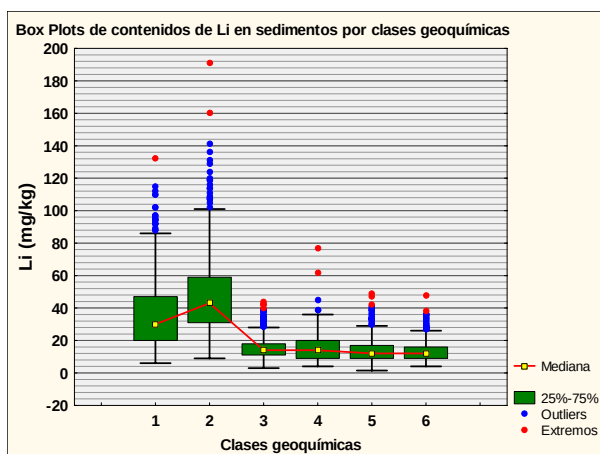
Además de presentarse los datos principales de las distribuciones en las diferentes clases, estos diagramas aportan una validación de la partición efectuada, basada en los fuertes contrastes de los valores centrales (medianas) y en las dispersiones que muestran las distribuciones. En ellos se encuentran también los datos necesarios para caracterizar a cada dominio desde el punto de vista geoquímico: medianas, como estimadores de los fondos geoquímicos (o distancias entre bigotes en términos de rangos de variación) y la variabilidad en el seno de cada grupo).



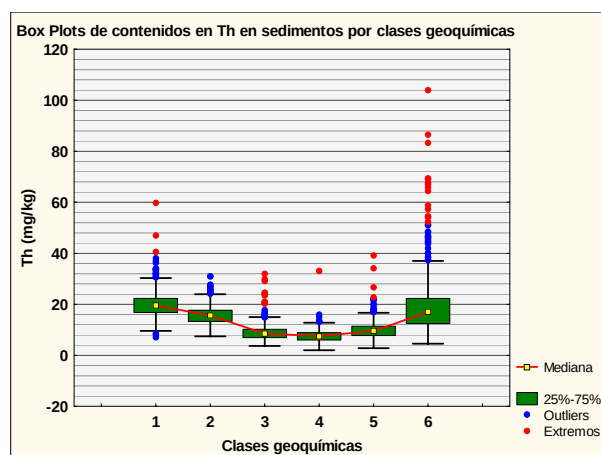
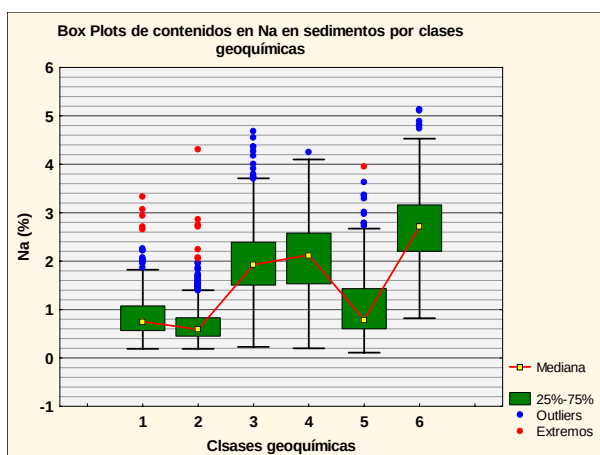
Figuras 6.452 y 6.462. Box plots de los contenidos en Al y Ce de sedimentos y suelos por clases geoquímicas



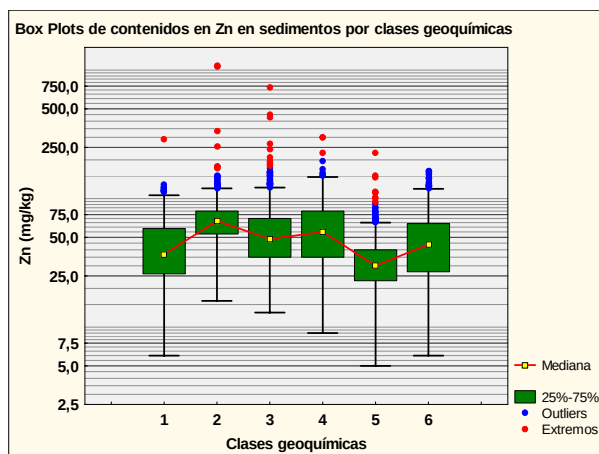
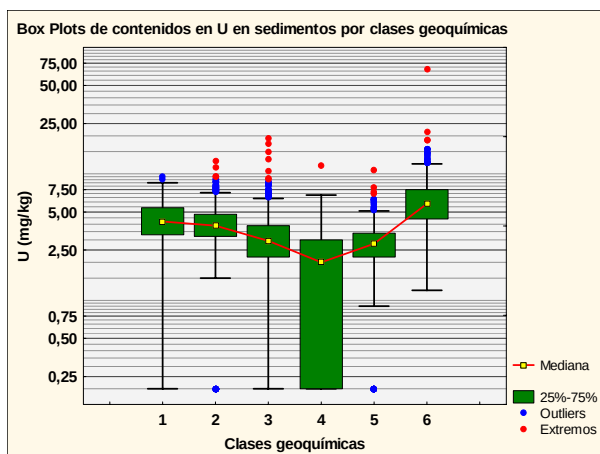
Figuras 6.465 y 6.471. Box plots de los contenidos en Cs y K de sedimentos y suelos por clases geoquímicas



Figuras 6.473 y 6.466. Box plots de los contenidos en Li y Cu de sedimentos y suelos por clases geoquímicas



Figuras 6.478 y 6.494. Box plots de los contenidos en Na y Th de sedimentos y suelos por clases geoquímicas



Figuras 6.496 y 6.501. Box plots de los contenidos en U y Zn de sedimentos y suelos por clases geoquímicas

Para poder conocer, en forma sintética, los parámetros estadísticos relativos al valor central (media) y dispersión (desviación típica) de las distribuciones elementales en las clases geoquímicas obtenidas de la partición efectuada debe de consultarse la tabla 6.7.

	Clase 1 (N=448)			Clase 2 (N=997)			Clase 3 (N=740)			Clase 4 (N=422)			Clase 5 (N=531)			Clase 6 (N=409)		
	Mediana	Desv	Std	Mediana	Desv	Std	Mediana	Desv	Std	Mediana	Desv	Std	Mediana	Desv	Std	Mediana	Desv	Std
Ag	0,20	0,093		0,20	0,17		0,20	1,85		0,20	0,21		0,20	0,58		0,20	0,24	
Al	7,66	1,881	7,57	1,66	6,86	1,22	6,75	1,52	4,14	1,09	7,54	1,47						
As	34,90	24,286	17,70	18,12	10,75	8,56	12,60	16,30	8,40	8,68	8,80	9,84						
Au	1,00	89,908	1,00	40,23	1,00	375,40	1,00	91,72	1,00	87,46	1,00	67,77						
B	0,50	50,791	0,50	18,26	0,50	1,23	0,50	11,27	0,50	11,49	0,50	164,79						
Ba	580,00	244,830	600,00	325,84	480,00	956,54	440,00	373,84	360,00	197,37	570,00	322,60						
Be	3,00	0,728	3,00	1,49	2,00	0,65	2,00	0,61	1,00	1,44	3,00	1,71						
Bi	0,10	0,606	0,10	1,46	0,10	0,55	0,10	1,70	0,10	0,07	0,10	0,14						
Br	5,80	4,602	6,80	4,42	6,70	5,76	6,00	6,01	3,90	4,25	5,70	5,17						
Ca	0,18	0,383	0,18	0,40	1,19	1,42	1,90	1,80	0,26	0,86	1,57	1,28						
Cd	0,05	0,071	0,05	0,31	0,05	0,09	0,05	0,05	0,05	0,02	0,05	0,04						
Ce	214,00	110,310	112,00	32,52	62,00	16,89	74,00	24,60	68,00	26,20	118,00	75,23						
Co	17,00	5,124	14,00	4,56	14,00	4,60	19,00	7,54	8,00	3,30	13,00	6,35						
Cr	81,50	22,892	74,00	21,76	72,00	31,40	76,00	54,11	43,00	16,70	66,00	45,09						
Cs	4,00	1,697	6,00	2,02	3,00	1,61	2,00	2,23	2,00	1,41	2,00	1,59						
Cu	33,00	30,622	19,00	14,06	19,00	16,39	20,00	18,20	10,00	8,47	10,00	9,38						
Eu	3,00	1,255	1,90	0,44	1,40	0,38	1,80	0,86	1,30	0,39	1,90	0,72						
Fe	3,84	1,110	3,66	0,86	3,65	1,17	5,24	2,77	2,31	1,11	3,90	1,80						
Hf	8,00	3,150	9,00	3,37	10,00	4,35	10,00	5,36	14,00	6,99	20,00	17,26						
Hg	29,00	34,990	30,00	81,73	29,00	308,77	31,00	185,40	21,00	100,19	24,00	318,29						
K	1,83	0,475	2,02	0,52	1,43	0,40	1,07	0,38	1,06	0,32	1,61	0,60						
La	106,50	61,686	53,20	16,72	29,70	8,37	33,85	12,35	31,40	12,05	54,30	47,16						
Li	30,00	22,379	43,00	21,30	14,00	7,05	14,00	8,27	12,00	7,49	12,00	6,44						
Lu	0,76	0,138	0,73	0,12	0,61	0,16	0,64	0,18	0,64	0,19	1,26	0,56						
Mg	0,40	0,131	0,50	0,15	0,80	0,37	0,90	0,43	0,30	0,15	0,60	0,43						
Mn	1065,00	886,564	895,00	844,51	790,00	401,93	1170,00	1638,97	537,00	545,75	897,00	589,67						
Mo	0,50	0,556	0,50	0,23	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,28	0,50	0,39						
Na	0,75	0,479	0,59	0,38	1,93	0,70	2,13	0,82	0,79	0,66	2,71	0,78						
Nd	77,00	40,130	34,00	12,32	22,00	8,09	28,00	12,51	24,00	9,62	37,00	24,25						
Ni	36,00	11,532	32,00	9,07	27,00	10,24	28,00	15,68	16,00	5,70	22,00	11,36						
P	0,05	0,031	0,04	0,03	0,05	0,04	0,05	0,06	0,02	0,02	0,04	0,04						
Pb	11,00	6,598	20,00	23,71	12,00	12,06	11,00	8,37	12,00	9,14	12,00	11,44						
Rb	101,00	31,625	118,00	32,20	67,00	21,41	47,00	20,96	51,00	17,77	64,00	30,43						
S	0,050	0,156	0,050	0,012	0,050	0,060	0,050	0,009	0,050	0,004	0,050	0,000						
Sb	2,00	1,988	2,00	1,15	1,00	0,95	2,00	1,11	1,00	0,73	0,50	0,93						
Sc	13,00	3,000	11,00	2,67	11,00	3,69	14,00	6,18	6,00	2,15	11,00	5,14						
Se	0,80	0,552	0,60	0,36	0,50	0,29	0,60	0,37	0,50	0,23	0,90	0,39						
Sm	13,10	6,519	7,10	1,92	4,80	1,27	5,90	2,21	4,80	1,83	9,30	4,04						
Sn	1,00	1,331	0,50	1,18	0,50	1,90	0,50	0,76	0,50	1,67	0,50	1,62						
Sr	65,50	25,058	71,00	52,13	132,00	135,11	157,00	170,94	58,00	28,54	152,00	123,97						
Ta	0,20	1,464	0,20	1,27	0,20	1,24	1,90	2,06	0,90	1,29	1,80	3,09						
Tb	1,10	0,784	0,25	0,53	0,25	0,37	0,25	0,54	0,25	0,41	1,30	0,94						
Te	0,02	0,089	0,02	0,18	0,02	0,10	0,02	0,10	0,01	0,09	0,02	0,09						
Th	19,50	5,382	15,60	3,38	8,50	3,04	7,60	2,51	9,50	3,52	17,00	12,85						
Ti	0,29	0,175	0,24	0,18	0,23	0,20	0,27	0,32	0,25	0,19	0,24	0,27						
U	4,20	1,743	3,90	1,44	2,95	1,87	2,00	1,58	2,80	1,14	5,80	4,16						
V	71,00	43,496	46,00	32,63	40,00	25,78	48,00	47,41	24,00	19,63	34,00	39,02						
W	0,50	2,950	0,50	4,44	0,50	2,45	0,50	4,76	0,50	1,44	0,50	4,14						
Y	21,00	7,609	21,00	7,75	22,50	9,35	28,00	14,39	17,00	6,43	39,00	22,58						
Yb	4,60	0,904	4,50	0,85	3,60	1,03	3,90	1,18	3,80	1,16	7,80	3,62						
Zn	37,00	27,125	67,00	51,18	48,50	44,69	55,00	35,60	30,00	19,84	44,00	32,47						
Zr	101,50	61,030	84,50	59,49	63,75	56,93	65,75	61,90	34,50	72,59	129,00	141,13						

Tabla 6.8. Parámetros estadísticos por clases geoquímicas. Rosa: valores de mediana más elevados. Verde: más bajos

En la tabla 6.8 puede observarse que algunas clases se caracterizan por tener las medianas más elevadas de los contenidos en algunos elementos (clases 1, 2, 4 y 6), otras por tener las medianas más bajas en un número amplio de elementos (5) y otra (3) por tener la mayoría de elementos medianas o fondos intermedios. Las **clases 1, 2, 4 y 6** corresponden como hemos visto a la **Fm. Xistos Raiados (1)**, con fondos elevados en elementos del grupo de Tierras Raras ligeras, Th, V, P, Ni, Cu, Cr, Ba, As y Al); a la **Fm. Barrancos, Fm. Fatuquedo y Flysch de Terena (2)**, definido por Al, Ba, Cs, K, Li, Pb, Rb, Zn; al **C.V.S., a las facies básicas, generalmente gabroideas, de los cuerpos intrusivos cambro-ordovícicos y al Carbonífero Inferior (4)**, definido por Ca, Co, Hf, Hg, Mg, Mn, P, Sc, Sr, y Ta,); **a los cuerpos ígneos intrusivos ácidos a intermedios, ya sean precámbricos, cambro-ordovícicos o variscicos (6)**, definido por Lu, Tb, Yb, es decir, Tierras Raras pesadas, Hf, Na, Se, Sr, Ta, U, Y, y Zr). La **clase 5** corresponde a los materiales cuaternarios y terciarios de la **Cuenca del Guadiana y a la Serie Detrítica Superior** y tiene los fondos más bajos de la mayoría de los elementos. La **clase 3**, que se identifica con la **Fm. Esquistos de Jerez y con la Serie Negra** tiene fondos medios a bajos en la mayor parte de los elementos, especialmente en Tierras Raras y en Th, y destaca positivamente sólo por sus altos contenidos en **Br**. Se trata de una clase sin ninguna personalidad geoquímica, a diferencia de las anteriores que se distinguen ya sea positiva o negativamente por los fondos de algunas asociaciones de elementos.

En cualquier caso, los datos de la tabla 6.8 son importantes para la caracterización del espacio territorial y para abordar problemas de índole ambiental o de ordenación del territorio, pues proporcionan, junto con el mapa de dominios geoquímicas, una estimación de los fondos geoquímicos en los materiales superficiales y de su variabilidad espacial.

En la figura 6.502 puede verse un mapa de contornos con la distribución espacial de las clases geoquímicas, obtenido tras realización de una malla por el método del inverso de la distancia al cuadrado (ID^2) a partir de los códigos de pertenencia a las clases (1 a 6). Es útil para visualizar la ubicación de las diferentes clases geoquímicas y poder tener una estimación de los fondos geoquímicos en la zona (ver tabla 6.8).

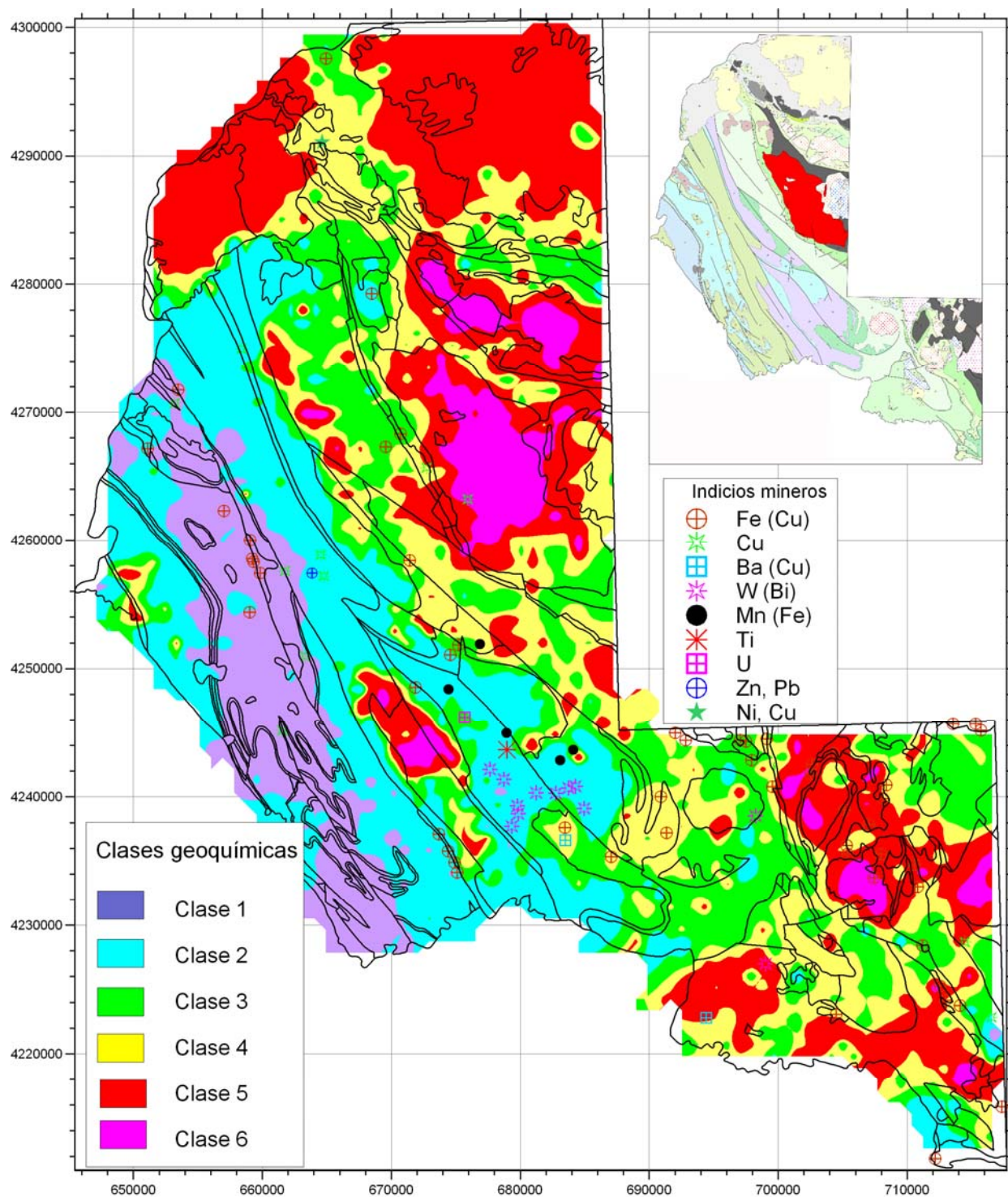


Figura 6.502. Mapa de contornos con la distribución espacial de las 6 clases geoquímicas.

6.5.4.- ANOMALIAS GEOQUIMICAS.

La determinación de los umbrales de anomalía se ha efectuado de dos maneras en función de tipos de elementos. En aquellos que muestran fondos y dispersiones muy diferentes según las clases geoquímicas, los umbrales se han determinado específicamente para cada grupo. En aquellos elementos que no muestran diferencias significativas según las clases o bien cuyos contenidos están generalmente por debajo del límite de detección, se han definido unos umbrales de anomalías únicos para toda la población.

Se han utilizado y se utilizan varios métodos y criterios en exploración geoquímica para la fijación de umbrales de anomalías. Tradicionalmente, y basados en la asunción de la normalidad de las distribuciones de los elementos se han utilizado criterios basados en el valor de la media aritmética al cual se sumaban 2 o 3 veces la desviación típica (o se restaban, para la definición de anomalías por depresión de valores). Se han empleado también, al comprobarse la asimetría de la mayor parte de las distribuciones y la atribución de lognormalidad a varias de las distribuciones, criterios basados en la media geométrica y la desviación geométrica. Estos métodos, que se siguen empleando, se fundamentan en que las distribuciones elementales se ajustan a funciones matemáticas, lo cual no es cierto las más de las veces. Además, según estos criterios, cualquier variable siempre tendría valores anómalos, lo que no tiene porqué ser cierto pues en principio no se puede saber, a priori, la existencia de las mineralizaciones que se buscan. Se han utilizado también los gráficos probabilísticos de distribuciones acumuladas (ACF, gráficos de Henry, cuyo tratamiento e interpretación puede ser complejo. Actualmente se desarrollan técnicas de análisis fractal para dicho fin.

El problema radica en no establecer unos límites que suministren demasiados puntos anómalos, lo cual dificultaría y encarecería la valoración de las anomalías y su seguimiento en fase de detalle, y en no discriminar anomalías, que aún siendo débiles, podrían corresponder a mineralizaciones ocultas. Estos problemas se pueden obviar, en gran parte, por la utilización de la geoquímica multielemental, gracias a la cual las anomalías se pueden valorar y jerarquizar con más fundamento por la coincidencia de valores anómalos de varios elementos que constituyan asociaciones enmarcadas en modelos conocidos y que pueden discriminarse de otras posibles causas, geológicas o de contaminación.

En este trabajo, los criterios de elección de umbrales descansan sobre el mismo concepto de diagrama de cajas. Se han tomado como umbrales los valores correspondientes al “upper hinge” o límite de aparición de “outliers”, al paso de “outliers” a valores “extremos” y, a veces, dentro de éstos se ha introducido otro umbral en función de las discontinuidades. De hecho son una solución de compromiso entre los valores extraídos de los diagramas de cajas y de las rectas de Henry elaboradas por clases geoquímicas, siempre teniendo en cuenta la naturaleza de los grupos litológicos (geológicos) en los cuales aparecen las anomalías subsiguientes.

Los umbrales así definidos figuran, junto a los diagramas de cajas a partir de los cuales han sido fijados, en los mapas de anomalías. La **representación de anomalías** se ha efectuado a escala DIN A 4 (figuras 6.503 a 6.537) y en mapas 1/150.000 (ver tomos de mapas 1/150.000). Se han determinado umbrales y elaborado mapas de anomalías elementales para aquellos elementos relacionados directamente con mineralizaciones, ya sea por entrar en sus signatures geoquímicas, ya sea por entrar en las de alteraciones hidrotermales asociadas.

Puede verse en dichos mapas que las distribuciones de anomalías son muy diferentes según los elementos. Hay elementos químicos que presentan muchas anomalías (muchos valores atípicos) como es el caso de Ag, Au, Cd, Hg, Mn, Mo, Pb, Sb, Se, S, Sn, U, Zn, mientras que otros con distribuciones más compactas presentan pocos valores anómalos. Es el caso de Bi, Ce, Co, Cr, Cu, La, Li, Nd, Ni, Ta, Te, U, W.

También difieren, incluso considerando a un solo elemento en el grado de agrupación de los valores anómalos. Hay elementos que presentan muchas anomalías que aparecen agrupadas, con mucha consistencia espacial y con coherencia en su disposición y ordenamiento en la red hidrográfica, mientras que otros presentan muchos valores anómalos dispersos y solitarios, muy erráticos. Entre los primeros se encuentran Ag, Cd, Hg, Li, Lu, Nd, Pb, Sb, Se, Te, U, W, Zn y, entre los segundos, Au (caso intermedio), As, Bi, Cu, Mn, S, Sn, W.

Esta dispersión de valores anómalos erráticos y aislados puede deberse a características del propio elemento en cuestión, como su carácter más o menos volátil (Hg) o móvil, o a su predisposición a la dispersión mecánica y a dar lugar a efectos de tipo “pepita” (Au, Sn,.. con dispersiones de tipo discreto cuando lo hacen en forma mineralógica).

Algunos elementos definen, por la disposición de sus valores anómalos alineaciones claras que coinciden con lineamientos estructurales o geoquímicas, manifestándose este hecho en el caso de la Ag, Sb, Se, Te, que pueden, quizás, tener un control estructural o lineamentario.

La **Ag**, 6-503, presenta algunos valores anómalos con fuerte agrupación en los afloramientos graníticos del granitoide de Almendral, en el granito de La Bazana y su encajante inmediato, en la Serie Detrítica Superior en afloramientos localizados en la esquina SE de la zona, en la Fm. Fatuquedo y en la Fm. Barrancos., y otros valores más aislados y dispersos en el C.V.S., y en la Fm. Esquistos de Jerez.

El **As**, figura 6.504, se manifiesta en varias anomalías muy agrupadas y consistentes, localizadas principalmente en uno de los cuerpos orientales del granitoide de Almendral y en la Serie Negra, que constituye el encajante de dicho granitoide, aunque localizadas algo más al O. Otras zonas anómalas formadas por varios puntos con contenidos elevados aparecen en proximidad del campo filoniano de Oliva, en el área correspondiente al supuesto granito subaflorante al O de Zahinos (Fm. Fatuquedo), y en un área al SO (Valencia del Mombuey) sobre materiales de la Fm. Barrancos y del Silúrico. Además existen varios puntos aislados portadores de valores claramente anómalos en afloramientos de la Serie Negra al SE del área.

El **Au**, figura 6.505, presenta un alto número de anomalías puntuales dispersas por toda la zona, pero concentradas fundamentalmente en su centro y en su parte meridional. Su grado de agrupamiento es variable. Las principales agrupaciones de valores anómalos se encuentran en la Fm. Esquistos de Jerez y en el afloramiento del pez tectónico de C.V.S. (OSO de Alconchel), ya mencionados por su singularidad geoquímica; en los materiales encajantes del granito de Táliga formados, al N, por la Serie Negra, y, al Sur, por la Fm. Bodonal; en la Fm. Fatuquedo, sobre el área del supuesto granito al O de Zahinos y, en continuidad hacia el NO, en la Fm. Barrancos; en el granito de La Bazana; en el contacto entre la Fm. Esquistos de Jerez y la Serie Detrítica Superior, al SE de la zona; en varios afloramientos de la Serie Negra al SE del área. En total, se han contabilizado 8 muestras con contenidos superiores a 1g/t, correspondiendo los tres valores superiores, de 7,03 g/t, 6,15 g/t y 2,54 g/t de Au en la anomalía del granito de la Bazana. 86 muestras más presentan valores comprendidos entre 0,1 g/t y 1 g/t.

El **B**, figura 6.506, muestra escasos valores anómalos, pero los que aparecen lo hacen en forma muy agrupada y consistente, en cuatro contextos: el área del supuesto granito subaflorante al ONO de Oliva, el área del campo filoniano de Oliva, en el extremo NO de los afloramientos de la Fm. Fatuquedo y de la Fm. Barrancos y en el contacto con los depósitos de la Cuenca del Guadiana, y en el extremo SE de la Fm. Barrancos, junto a la frontera con Portugal.

El **Ba**, Figura 6.507, presenta, al igual que el B, pocos valores anómalos y también lo hace en forma muy agrupada: En el interior del cuerpo granítico de Táliga, en dos áreas de la Fm. Carbonatada, una al NO del granito de Táliga y otra en la esquina SE de la zona, y en materiales de los Esquistos de Jerez y del C.V.S. en la zona singular ya mencionada al O del granito de Táliga.

El **Bi**, figura 6.508, además de en dos amplias áreas situadas sobre el supuesto granito de Oliva y el campo filoniano de W-Bi, en las que muestra anomalías intensas, cohesionadas y de gran extensión (más intensa la correspondiente al campo filoniano), se manifiesta en la zona N con varios valores agrupados en la Fm. Carbonatada, al S del granito de La Bazana, y otra vez en la Fm. Carbonatada y justo al N del granitoide de Los Remedios.

El **Cd**, figura 6.509, se manifiesta en forma anómala en bastantes muestras, muchas de ellas dispersas y más o menos aisladas. Sin embargo también forman agrupaciones cohesionadas y muy amplias, aunque con valores no destacados, en varias zonas, como las del granitoide de Almendral y su encajante de Fm. Carbonatada y Serie Negra, la zona de contacto de los granitoides de Táliga y Barcarrota, el granito de La Bazana y, ya en forma menos coherente, en los Esquistos de Jerez y en el C.V.S.

El **Ce**, figura 6.510, da lugar a una única zona anómala bien definida, coherente y formada por varios puntos de muestreo, con valores de hasta 800 mg/kg, en el extremo NO del supuesto granito subaflorante de Oliva. Las demás anomalías, aunque alguna de ellas intensa, están formadas por valores aislados situados en la Fm. Xistos Raiados, en la Fm. Barrancos, en el granito de La Bazana y, en particular, en los materiales terrígenos de la Cuenca del Guadiana, al N de la zona.

El **Co**, figura 6.511, no da lugar a anomalías significativas. Los únicos valores anómalos aparecen aislados y dispersos, con contenidos relativamente bajos. El valor más alto se localiza en un pequeño afloramiento de rocas básicas en la prolongación al NO del cuerpo intrusivo de Almendral.

El **Cu**, figura 6.512, dispensa un número apreciable de valores anómalos. Estos se presentan, en general dispersos y aislados, siendo las agrupaciones, de 3 a 5 muestras anómalas como máximo, escasas. Éstas aparecen en la Fm. Carbonatada, al N del granito de Táliga, en la Fm. Esquistos de Jerez y en el C.V.S., en la Fm. Bodonal que constituye el encajante S del granito de Táliga, en la Fm. Barrancos (extremo S), en el granito de La Bazana, en la Serie Detrítica Superior, ya sea en el afloramiento situado al SE de la zona, ya sea en otro afloramiento aislado englobado por la Fm. Barrancos en sector NO. Otros valores aislados aparecen en la Fm. Fatuquedo.

El **Eu**, figura 6.513, da lugar a una única área anómala consistente, formada por varias anomalías puntuales, en el granito de Almendral. Aparecen algunos valores significativos y aislados en la Fm. Barrancos, en la Fm. Xistos Raiados, en la Fm. Fatuquedo y en el C.V.S.

El **Fe**, figura 6.514, presenta bastante menos anomalías de las que cabía esperar, dada la importancia de este tipo de mineralizaciones a nivel regional y el número de indicios existente. Además, las escasas anomalías de Fe aparecen en general con un bajo grado de cohesión y sin gran importancia desde el punto de vista de su extensión y de sus concentraciones (valor máximo de 13% de Fe). Posiblemente las anomalías más dignas de mención son las que se encuentran, una en la zona N, ligada a la Fm. Carbonatada, y otra, similar, en el extremo SE de la zona, además de otra pequeña agrupación en el C.V.S., al O de La Bazana. Este rasgo algo sorprendente de las anomalías de Fe puede quizás ser debido a su muy escasa movilidad desde el punto de vista de las dispersiones químicas. Las dispersiones mecánicas se hacen más patentes, como se verá más adelante, en los concentrados de minerales pesados.

El **Hg**, figura 6.515, se manifiesta en forma anómala en lugares muy variados pero con un escaso grado de cohesión, apareciendo los valores anómalos, salvo en un par de excepciones en valores aislados. Las áreas anómalas más consistentes son las que se localizan en el contacto N, en posición perigranítica con respecto al intrusivo de Táliga y afectando al encajante de la Serie Negra (una de las muestras alcanza el valor máximo en el área, 7,51 mg/kg), en el granitoide de Almendral y sobre un afloramiento de Carbonífero Superior, al NO de la zona. Los demás valores, aislados y dispersos por toda el área y en todas las unidades son, sin embargo, quizás más frecuentes en la mitad septentrional de la zona.

El **La**, figura 6.516, muestra una distribución de valores anómalos coincidente en todo con la del Ce.

El **Li**, figura 6.517, presenta numerosos puntos anómalos aunque gran parte parecen dispersos. Las pocas anomalías cohesionadas se localizan en la zona al N del granito del Almendral, junto a un pequeño intrusivo ácido satélite y en materiales de la Serie Detrítica Superior; en la Fm. Fatuquedo y en la proyección vertical del supuesto granito subaflorante, al O de Zahinos, y otra en la misma unidad, a unos 400-500 m al E de la anterior.

El **Lu**, figura 6.518, elemento del grupo de la Tierras Raras pesadas, presenta una distribución de anomalías diferente a las de la Tierras Raras ligeras (Ce, La, Eu, Nd). Los valores anómalos están muy dispersos por toda la zona y únicamente merecen mencionarse dos agrupaciones de cierta entidad y consistencia. Una, con valores de anomalía muy débiles, pero constituida por varios puntos cohesionados, se localiza en uno de los afloramientos del intrusivo de Almendral. El otro, con valores anómalos más elevados aparece en el sector SE de la zona, afectando a uno de los cuerpos del intrusivo de Los Remedios y a las unidades encajantes, Fm. Bodonal y Serie Negra.

El **Mn**, figura 6.519, tiene una distribución de valores anómalos en la cual, junto a numerosos puntos anómalos dispersos en prácticamente todas las unidades, aparecen una serie de agrupaciones de valores anómalos cohesionados, definiendo áreas de interés exploratorio. Estas áreas anómalas son las siguientes: las más importantes, en relación con mineralizaciones, o al menos con el distrito manganesífero conocido de la zona de Zahinos, se presentan en tres subáreas, una al E del supuesto granito subaflorante entre Zahinos y Villanueva del Fresno y en la Fm. Fatuquedo, otra a unos 500 m al E de la anterior, otra a 5-6 km al SE de la segunda, y también en la Fm. Fatuquedo; en la Fm. Carbonatada y rodeando al complejo intrusivo de Los Remedios; también en la Fm. Carbonatada en un área geológicamente compleja, justo en la esquina SE de la zona de estudio. Paradójicamente, los máximos valores anómalos de Mn (24.800 mg/kg y 17.700 mg/kg se encuentran en la anomalía que circunda al granitoide de los Remedios, y la tercera, de 14.500 mg/kg se localiza en la zona anómala existente al S de la anterior, sobre la Fm. Carbonatada.

El **Mo**, figura 6.520, da lugar a anomalías puntuales dispersas por todo el área y con contenidos muy moderados, siendo el valor máximo de 7 mg/kg. La zona en donde hay una mayor concentración de muestras anómalas en Mo, aunque a menudo desligadas unas de otras, está situada al SE, en la Fm. Barrancos, Fm. Xistos Raiados y, sobre todo en el Silúrico, que es probablemente la fuente de dichas anomalías dado su conocida asociación a ciertos elementos, entre los cuales el Mo, por su elevado contenido en materia orgánica.

El **Na**, figura 6.521, muestra una distribución de anomalías esencialmente puntuales, con excepción de unas pocas asociaciones de puntos bien cohesionados, en los contactos N y S (en la Fm. Bodonal) del granitoide de Táliga, sobre el supuesto granito subaflorante al ONO de Oliva, en el granito de la Bazana y en el granitoide de los Remedios.

El **Nd**, figura 6.522, al igual que el Sm, figura 6.529, presenta pautas de distribución de anomalías similares a las de otras Tierras Raras ligeras como Ce, La o Eu, consistentes en una dispersión de puntos anómalos aislados y de escasas agrupaciones cohesionadas que definan una zona anómala de interés. En este caso, sin embargo, existen algunas pequeñas agrupaciones de baja intensidad, en el granito de Táliga, en el contacto entre Esquistos de Jerez y C.V.S. y, sobre todo en la Fm. Barrancos y en la Fm. Xistos Raiados, a menudo relacionadas espacialmente con afloramientos de Silúrico. Una de las áreas más consistentes se localiza justo al NO de la zona ocupada por el supuesto granito subaflorante de Oliva.

El **Ni**, figura 6.523, presenta un número reducido de valores anómalos y, en general de valores no muy destacados. Aparece en puntos aislados, con excepción de un muy reducido grupo de anomalías agrupadas y cohesionadas formadas por grupos escasos de muestras. Se localizan fundamentalmente en un afloramiento de C.V.S. al SE del campo filoniano de Oliva, en la Fm. Fatuquedo y en proximidad a dicha área mineralizada, y en el granitoide variscico de Valencia del Ventoso (114 mg/kg). Hay que señalar la presencia de una muestra anómala con el contenido más elevado de la zona (132 mg/kg), aislada en la Fm. Esquistos de Jerez, en su terminación al SE.

El **P**, figura 6.524, muestra un número apreciable de valores anómalos y, aunque como es normal varios de ellos aparecen en forma dispersa y aislada, da lugar también a la existencia de varias agrupaciones de valores anómalos, muy consistentes y cohesionadas. Las más significativas son las siguientes: en el granitoide variscico de Valencia del Ventoso; en la terminación periclinal, al SE, de la Fm. Esquistos de Jerez, donde se concentran 7 puntos anómalos con valores de hasta 0,35 % de P; en el granito de La Bazana, aunque se trata de unas anomalías débiles; en el C.V.S., al SE de Oliva; en parte del área ocupada por el campo filoniano de W-Bi de Oliva; en la Serie Negra, en el afloramiento que hace contacto con el granito de Táliga al N; en la Fm. Xistos Raiados y en la Fm. Barrancos.

El **Pb**, figura 6.525, se caracteriza por una distribución muy dispersa de anomalías aisladas, pese a lo cual se encuentran tres agrupaciones significativas y consistentes: en el granito de La Bazana; en el granito de Brovales; en el afloramiento más al SE de los Esquistos de Jerez; en la Fm. Carbonatada junto a la esquina SE de la zona; en el entorno situado al O del granito de Táliga, en materiales del C.V.S. y de los Esquistos de Jerez. Es necesario mencionar que los valores más elevados en Pb (entre 252 y 463 mg/kg) aparecen en muestras anómalas aisladas y desconectadas de otras anomalías. El valor más elevado, se localiza en una muestra situada en la zona del campo filoniano de Oliva.

El **S**, figura 6.526, se caracteriza asimismo por una distribución muy dispersa de valores anómalos con una escasa presencia de anomalías agrupadas y cohesionadas. Cabe mencionar únicamente a la existente en el granito de la Bazana (con un valor de 1,4 % de S), a la existente en la Serie Negra al SE de la zona. También en este caso los valores anómalos máximos (3,20% de S) se encuentran en puntos aislados en la Fm. Xistos Raiados o, más probablemente, en relación con esquistos negros del Silúrico, que suelen llevar diseminaciones de pirita. Existen también algunas anomalías puntuales en los materiales de la Cuenca del Guadiana.

El **Sb**, figura 6.527, muestra una distribución de valores anómalos importante, con varias áreas con gran cohesión, pero también numerosos valores anómalos aislados. Las áreas anómalas más importantes son las siguientes: la parte oriental del granitoide de Almendral y los materiales de la Fm. Carbonatada y de la Serie Detrítica Superior que constituyen su encajante en el contacto N; un pequeño afloramiento de Fm. Carbonatada situado al NO del Granito de Tálaga; una amplia zona en materiales del Flysch de Terena y de la Fm. Barrancos en el extremo SE de sus afloramientos, junto al límite con Portugal; una agrupación de pequeñas dimensiones, pero coherente, sobre materiales de la Fm. Carbonatada en la esquina SE de la zona; una agrupación de valores débiles pero cohesionados en la Fm. Bodonal, asimismo al SE de la zona.

El **Se**, figura 6.528, muestra una distribución de valores anómalos totalmente descohesionada, salvo por la existencia de una relativa asociación en la Fm. Barrancos y Flysch de Terena (y probablemente Silúrico, como fuente) al S de la zona, y otras muy débiles y con pocos efectivos en el granito de Tálaga y en el C.V.S.

El **Sn**, figura 530, Presenta algunas agrupaciones de valores anómalas significativas junto a una dispersión de numerosas anomalías puntuales y aisladas. Las áreas anómalas más significativas son las existentes en los cuerpos intrusivos ácidos de Almendral y en su contacto S, la del granito de La Bazana y otra, menos significativa, en el granitoide de los Remedios. Entre las anomalías dispersas, las más importantes por sus valores aparecen en la Fm. Barrancos y en los Esquistos de Jerez.

El **Ta**, figura 6.531, dispensa un área anómala bien cohesionada cerca del límite N del cuerpo intrusivo de Almendral, y valores aislados, pero significativos, en el granito de Valencia del Ventoso, en el intrusivo de Barcarrota, en la Fm. Bodonal en el contacto S del granito de Tálaga, en el C.V.S., y en la Serie Negra. Hay que destacar las numerosas anomalías, muy débiles, que jalonan los afloramientos de esquistos negros del Silúrico o aparecen dispersos en la Fm. Xistos Raiados.

El **Te**, figura 6.532, presenta una distribución de anomalías un tanto peculiar. Son muy numerosos los puntos anómalos determinados y se localizan con una distribución muy definida pues, al margen de otras áreas de menor dimensión existentes en la parte SE de la zona, y en relación con los intrusivos de Tálaga y Barcarrota, aparecen todas en una zona amplia en el centro del área de estudio. Se manifiestan con una gran cohesión y estrechamente relacionadas desde el punto de vista espacial. Se sitúan en las todas las unidades presentes el área mencionada; Fm. Xistos Raiados, Fm. Barrancos, Fm. Fatuquedo, Fm. Esquistos de Jerez, C.V.S. En un plano de hipótesis para explicar este rasgo singular, cabe pensar que esta distribución podría estar controlada por la orientación N60°-70°E que es la orientación que sigue una estructura de discontinuidad detectada y mencionada en la figura 6.409. La asociación de esta pauta de distribución del **Te** a posibles procesos de hidrotermalismo, que también afectan a Hg y B, podría ser una explicación a verificar con más datos.

Otras agrupaciones de anomalías se presentan más al SE asociadas al C.V.S., al granito de La Bazana, al granito de Brovales, al cierre periclinal de los Esquistos de Jerez.

El **Ti**, figura 6.533, muestra una distribución de valores anómalos totalmente dispersa y errática.

El **U**, figura 6.534, presenta bastantes valores anómalos aislados y dispersos, pero también algunas agrupaciones de anomalías que, aunque reducidas, están bien cohesionadas: granitos variscos de La Bazana y de Brovales, granitoide satélite al NE del principal de Los Remedios, y, sobre todo, granito de Valencia del Ventoso. El granitoide de Tálaga también contiene numerosos puntos con valores anómalos aunque no parecen mostrar una cohesión entre ellos bien definida.

El **W**, figura 6.535, presenta una distribución de valores anómalos fuertemente controlada por la existencia de un importante distrito de mineralizaciones de W en Oliva de la Frontera. Dentro de un área amplia con claras anomalías de W se distingue una zona correspondiente a lo que es estrictamente el campo filoniano mineralizado y otras dos áreas, una sobre el supuesto granito subaflorante y otra a unos 2-3 km al E. Los valores más altos se sitúan sobre el campo filoniano mineralizado (hasta 84 mg/kg de W). Otras anomalías significativas aparece en el granito de la Bazana, en relación con el de Los Remedios, y en afloramientos de Serie Negra en el Sector SE de la zona. Algunos valores anómalos puntuales, aunque con una cierta proximidad espacial, se localizan en el sector NO, sobre materiales del Carbonífero Superior, de la Fm. Barrancos y de la Fm. Fatuquedo.

El **Yb**, figura 6.536, muestra unas tendencias de distribución de valores anómalos similar a la del Lu (figura 6.518). Sin embargo el Yb define más claramente algunas áreas anómalas consistentes que no se discernían con el Lu. Destacan tres de ellas, una en uno de los afloramientos occidentales del cuerpo intrusivo de Almendral, otra en un afloramiento más oriental y una en el borde N del granito de Táliga. Otra zona de interés ya puesta en evidencia por el Lu, se localiza en el contacto entre Esquistos de Jerez y C.V.S. al O del granito de Táliga. En la zona SE, aparece alguna anomalía con un cierto grado de consistencia en el contacto de la Fm. Bodonal con la Fm. Carbonatada y en el granitoide de Los Remedios y su encajante oriental.

El **Zn**, figura 6.537, presenta, además de varios puntos anómalos y dispersos, varias áreas más cohesionadas y consistentes. Las más llamativas se sitúan en el granitoide de Almendral, en un afloramiento de Carbonífero Superior al NO de la zona, en el granito de La Bazana. En la zona SE se encuentran anomalías puntuales con valores elevados en el granito de Brovales, en un afloramiento de la Fm. Carbonatada en contacto con el intrusivo de Fregenal, en la Serie Negra junto al granito de Valencia del Ventoso y al Sur del intrusivo de Fregenal.

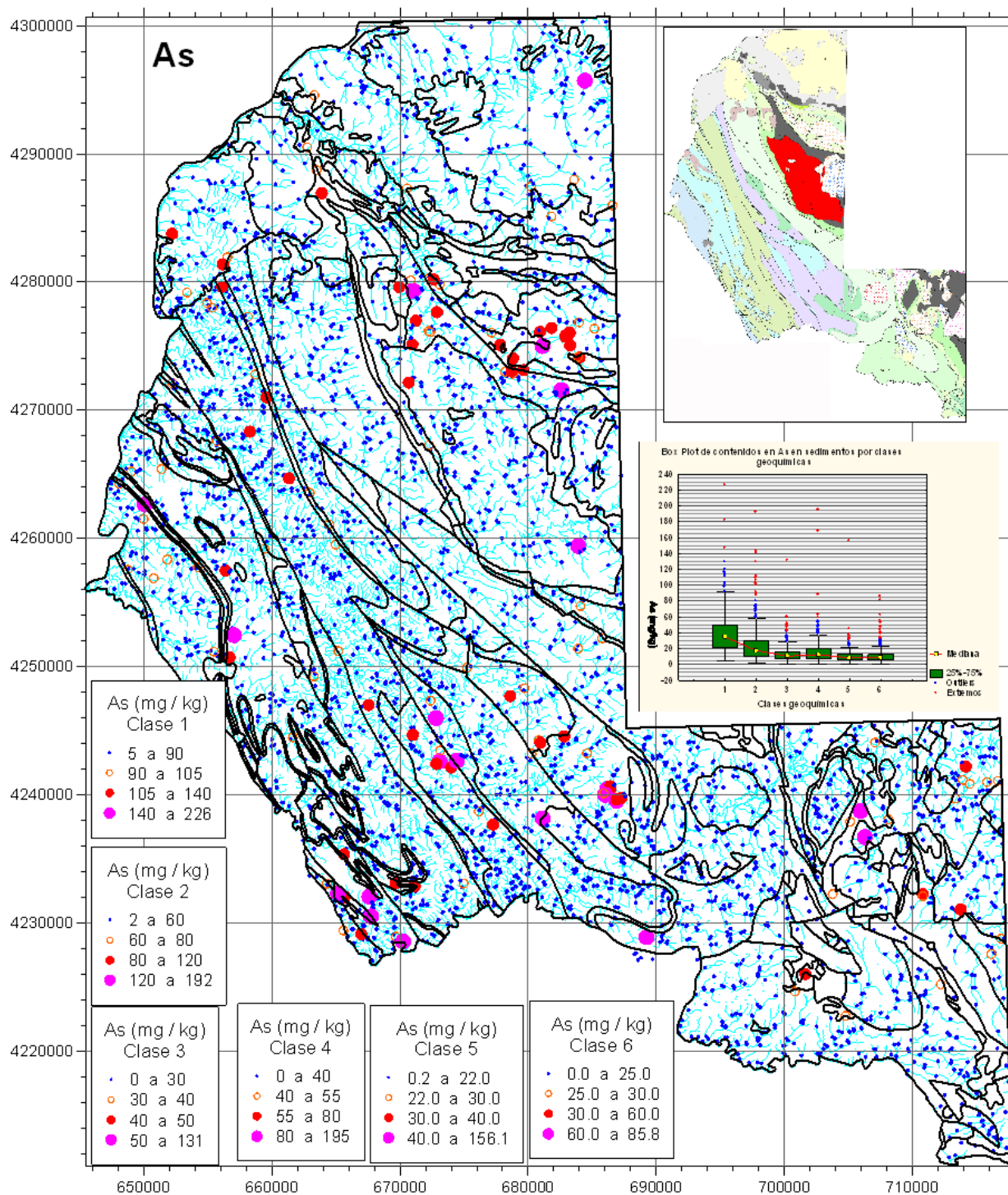


Figura 6.504. Mapa de anomalías de As en sedimentos y suelos por clases geoquímicas

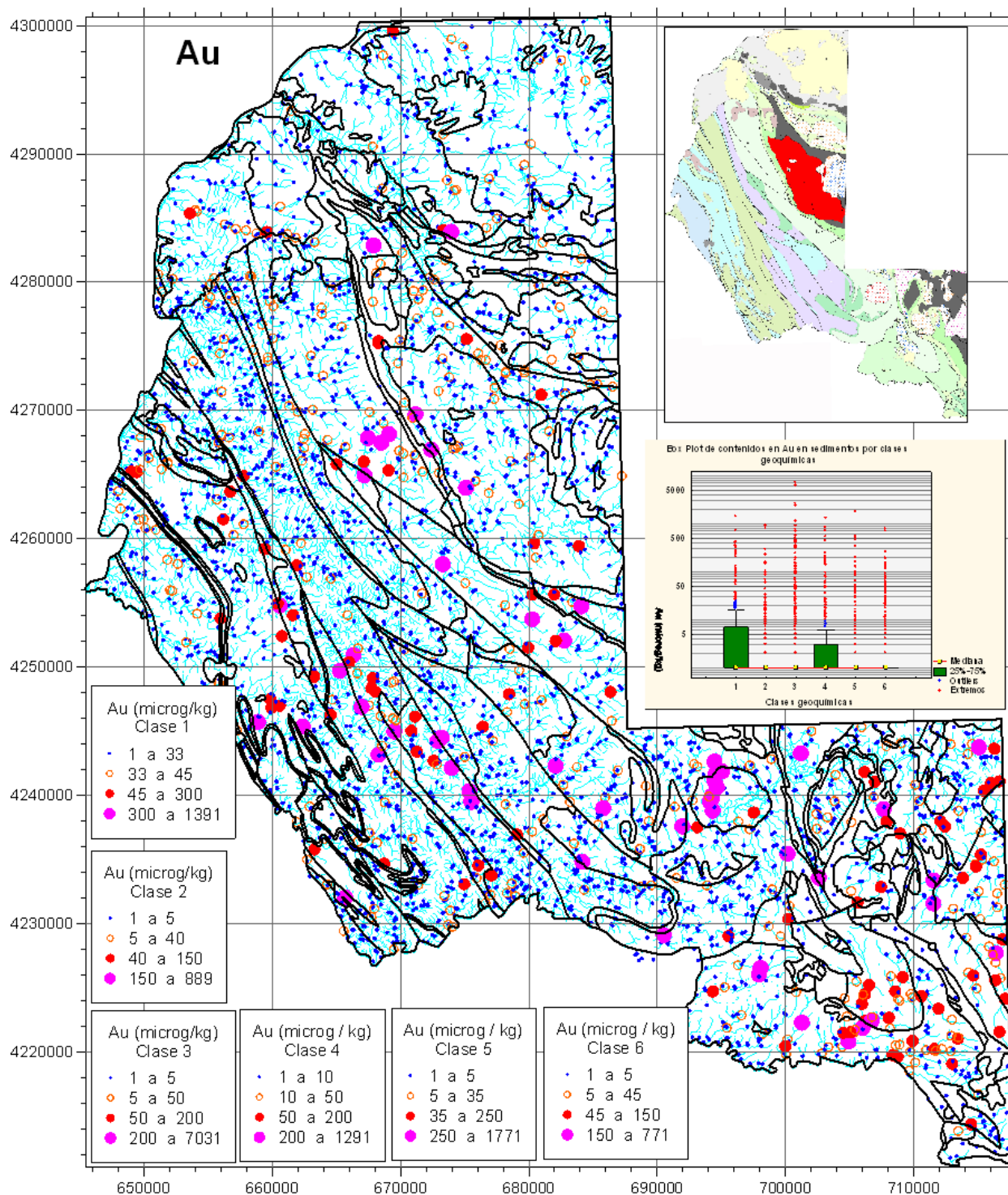


Figura 6.505. Mapa de anomalías de Au en sedimentos y suelos por clases geoquímicas

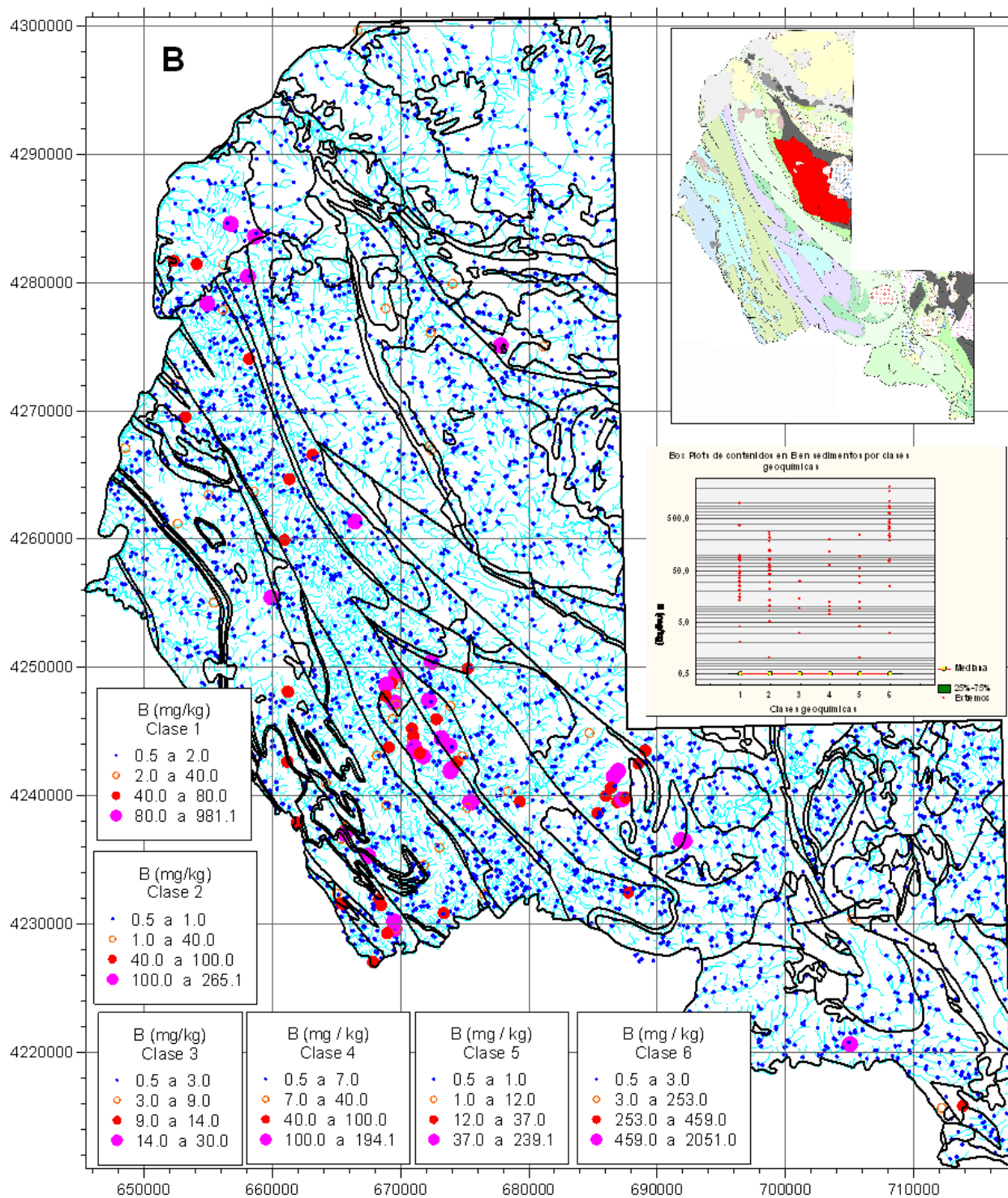


Figura 6.506. Mapa de anomalías de B en sedimentos y suelos por clases geoquímicas

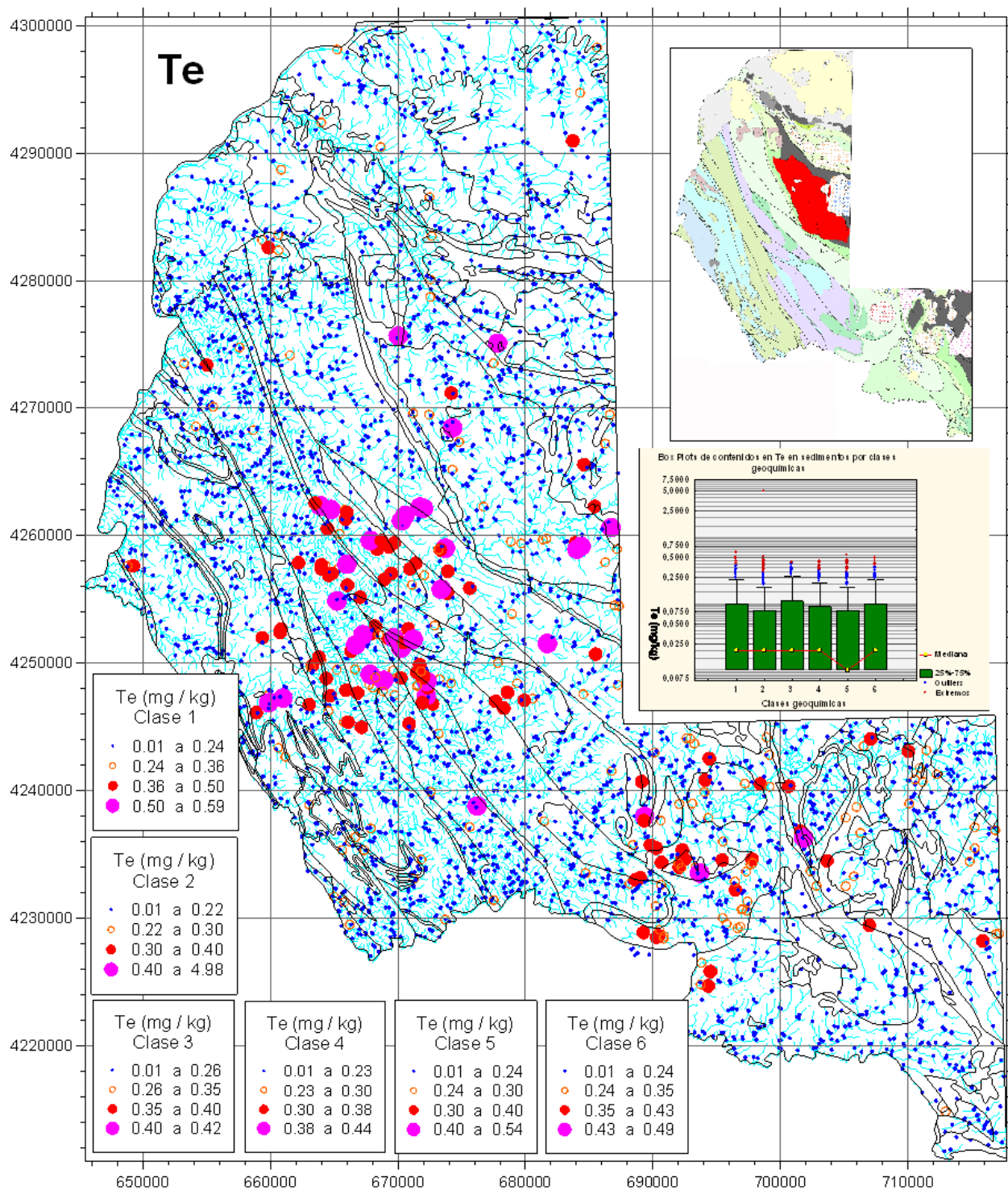


Figura 6.532. Mapa de anomalías de Te en sedimentos y suelos por clases geoquímicas

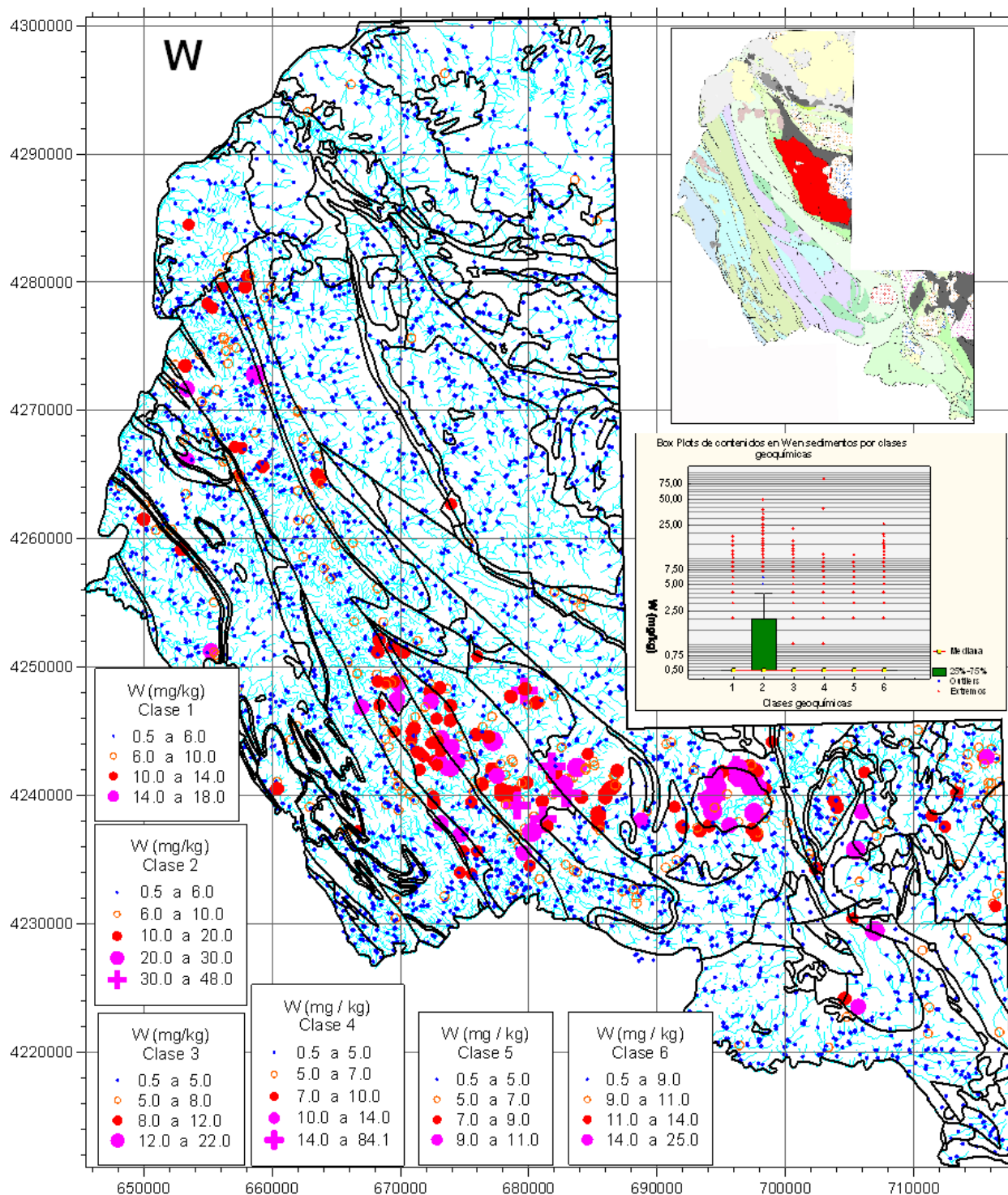


Figura 6.535. Mapa de anomalías de W en sedimentos y suelos por clases geoquímicas

7.- MINERALOMETRÍA Y GEOQUÍMICA DE CONCENTRADOS DE MINERALES PESADOS

El estudio efectuado sobre concentrados de minerales pesados de batea, obtenidos de sedimentos de arroyo, es un **estudio complementario al de geoquímica multielemental de sedimentos**. Tiene por objeto detectar las **anomalías de concentraciones de minerales pesados** que, en la mayor parte de los casos, son **resistatos**, minerales resistentes a la meteorización química y cuyos componentes sólo son detectados parcialmente por el análisis químico multielemental de sedimentos (a causa del carácter generalmente refractario a los ataques y extracciones químicos). Asimismo, tiene por objeto definir anomalías geoquímicas de elementos de mineralización presentes en resistatos o minerales pesados, mediante el **análisis químico multielemental** de los concentrados de minerales pesados.

7.1.- TOMA DE MUESTRAS

Las muestras de minerales pesados para dichos estudios se han recogido, dado su carácter complementario y la dispersión mecánica importante que cabe esperar en el área de trabajo, con una densidad de muestreo mucho más baja que las de sedimentos. Se han tomado, en total, **535 muestras en un área de aproximadamente 2.465 km²**. Ello supone pues una **densidad de muestreo de 0,217 m/km²** o, lo que es equivalente, se ha tomado **1 muestra / 5,44 km²**, es decir en cuencas de aproximadamente **5 km² de media**. La toma de muestras de sedimentos para la obtención de concentrados de minerales pesados se ha hecho en paralelo a la de sedimentos de corriente. El punto de muestreo para minerales pesados ha coincidido siempre con el de toma de un sedimento de corriente. En el terreno se ha elegido el punto de toma idóneo entre los lugares favorables de acumulación de minerales pesados (resaltes o barreras en el lecho del cauce, convexidad del cauce, cambios bruscos de pendiente,...). En cada estación de muestreo, y a partir de 4 o 5 incrementos de material arenoso recogido, al menos a 10-20 cm. de profundidad (a una profundidad lo mayor posible, encima del nivel de grava), se ha tomado un volumen de 10 l de sedimento de fracción predominantemente arenosa. La muestra ha sido tamizado in situ a con un tamiz de 5 mm de luz. La fracción inferior ha sido desenlodada en el agua del cauce por agitación en cubeta de plástico y luego, bateada en una batea de acero, del tipo pan o batea californiana. El bateo se ha detenido al llegar a 500-1000 g de concentrado. Posteriormente, en laboratorio, y a cargo de un único bateador para evitar diferencias en la forma de bateado y conseguir unos productos homogéneos, se ha apurado la concentración de minerales pesados hasta alcanzar concentrados con pesos variables entre unos pocos gramos y 200 g, estando los pesos medios en torno a 20-50 g. La ubicación de los puntos de muestreo puede verse en la figura 7.1 y en el mapa a escala 1/150.000 correspondiente.

Como puede verse en la **figura 7-1**, la distribución de puntos de muestreo es bastante uniforme exceptuando algunos sectores localizados en la parte N del área en los que la densidad de toma de muestras es más baja, por corresponder a zonas de relieve llano, en las cuales la red hidrográfica está menos desarrollada (Táliga), o es muy baja (zonas cubiertas por los materiales modernos de la cuenca del Guadiana).



Foto 7.1. Pocillo en arroyo seco para la toma de muestra del concentrado de minerales pesados



Foto 7.2. Muestra heterogranular de 10 litros de sedimento sin tamizar

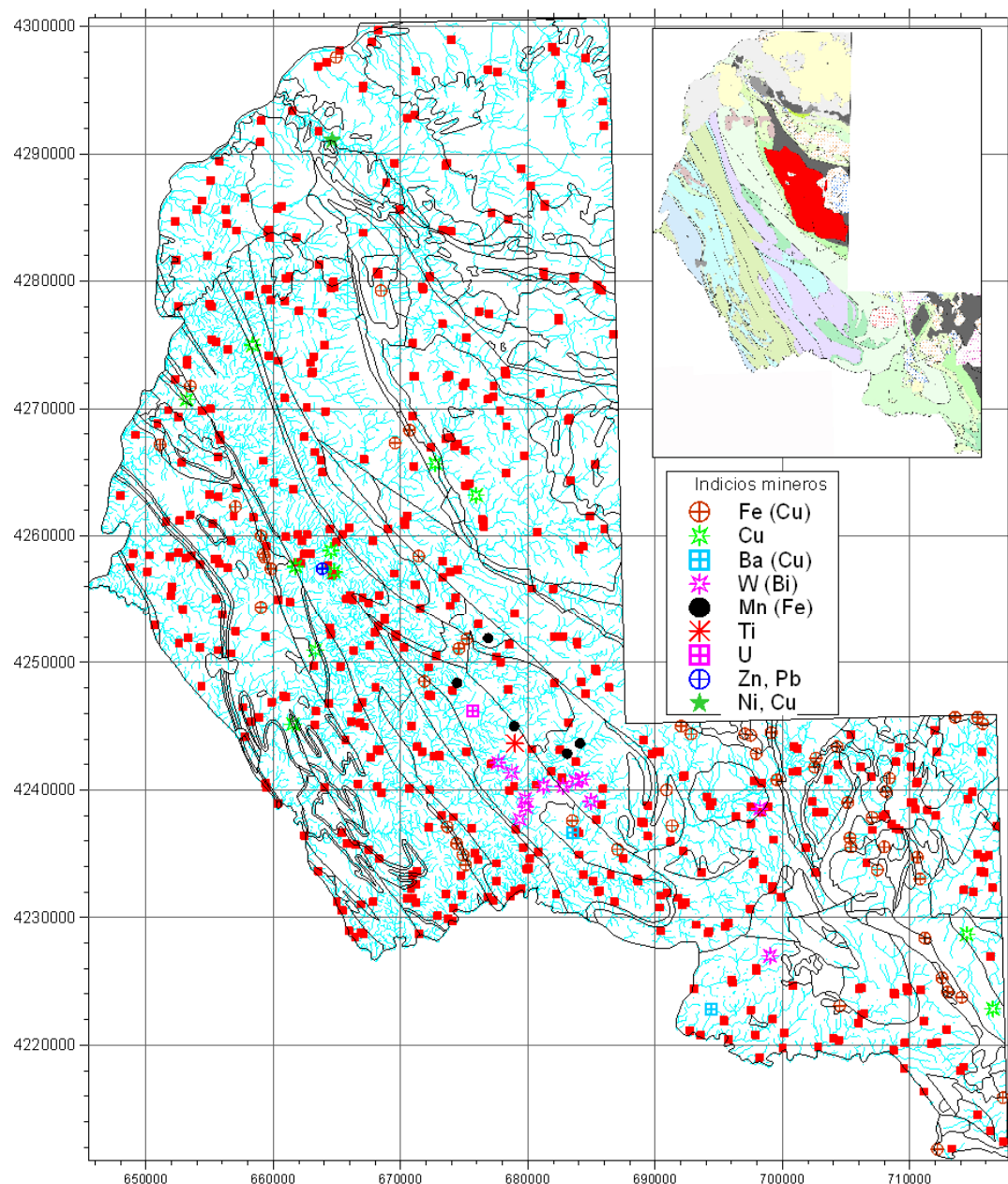


Figura 7.1. Distribución de los puntos de toma de concentrados de minerales pesados



Foto 7.3. Operación de excavación de pocillo en punto resguardado por grandes bolos de roca, y toma de muestra en un cauce con agua



Foto 7.4. Operación de tamizado de la muestra de sedimento por vía húmeda



Foto 7.5. Operación de bateado y de obtención del concentrado con pan californiano



Foto 7.6. Obtención del concentrado y operación de afino del lavado. Se ven ya franjas oscuras de minerales pesados en la parte superior.

7.2. -PREPARACION DE MUESTRAS

Previamente al estudio mineralométrico de los concentrados de batea, se han realizado varios procesos de preparación mecánica y química para una mejor determinación y reconocimiento de los minerales, evitándose con ellos el enmascaramiento por otros con parecidas características. El preconcentrado de batea ha sido secado, pesado, tamizado a 1 mm. La fracción menor de 1 mm y la superior a este tamaño, previamente molida, pasan a la fase siguiente de separación por líquidos densos.

- **Separación por líquidos densos**, utilizándose como líquido denso el bromoformo (CHBr_3 , tribromometano), de densidad 2,89, y obtención de una fracción ligera y de una fracción pesada. Esta fracción pesada, que es la que va ser estudiada, ha sido depurada por la eliminación de la mayor parte de los minerales ligeros. Teniendo en cuenta que el Br es un elemento que posteriormente se determinará en la fase de análisis químico de los concentrados y el riesgo de posibles contaminaciones que el uso del tribromoetano implica, los concentrados se han lavado cuidadosamente con agua destilada.
- **Separación magnética**. La fracción pesada se hace pasar por un campo magnético a través de un imán o separador magnético de tipo Frantz, obteniéndose dos fracciones, una con gran susceptibilidad magnética (fracción magnética) y otra de escasa o nula susceptibilidad magnética (diamagnética).
- Para la identificación de casiterita y apatito, se ha atacado la fracción diamagnética con ácido clorhídrico 0,2 N en presencia de cinc, por lo que los gramos de casiterita se recubren superficialmente de una película de estaño, fácilmente identificable a la lupa binocular. Igualmente el apatito es atacado por dicho ácido.
- Para la identificación de algunos minerales, y simultáneamente a su estudio en lupa binocular, se ha empleado la lámpara de rayos ultravioletas, con onda corta, que permite detectar la presencia de minerales como scheelita, circón, xenotima y otros, por el color de su fluorescencia.

7.3.- ESTUDIO MINERALOMÉTRICO CON LUPA BINOCULAR

Como apoyo al estudio geoquímico multielemental se ha efectuado un análisis o determinación semicuantitativa, esto es aproximada, de la proporción y peso de los minerales existentes en las fracciones pesadas de los concentrados de batea. El análisis y estudio de los granos se ha efectuado con la lupa binocular. El cálculo de concentración de cada mineral se establece a partir de una estimación de su peso, que a su vez proviene de una estimación de su volumen, por la determinación semicuantitativa del

número de granos/superficie, correspondiente a ese mineral. Conociendo este dato, se calcula la concentración de los minerales pesados en cada m^3 de sedimento, habida cuenta de que la estimación de peso efectuada se refiere a 10 l de sedimento.

En el Anexo figura un fichero en el que se encuentran las coordenadas de toma de muestras, el peso del concentrado y las concentraciones de minerales pesados por metro cúbico. En las fotografías 7-7 a 7-36 puede verse la forma de aparición de algunos de los minerales más frecuentes en los sedimentos de la zona de estudio, tal como se presentan en el reconocimiento a la lupa binocular.

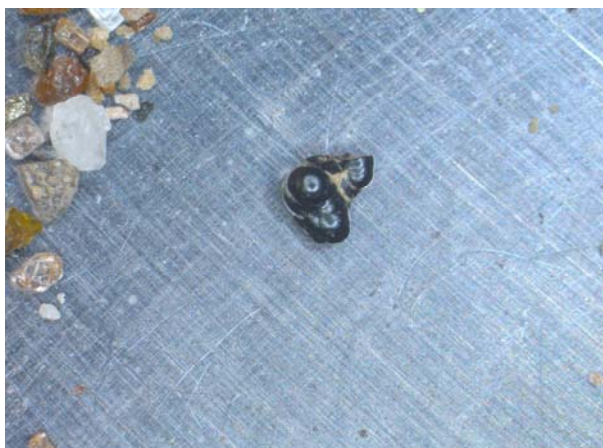


Foto 7.13. Fotomicrografía de un grano de goethita con estructura coloforme (Lupa binocular. 50 aumentos)



Foto 7.14. Fotomicrografía de granos de esfalerita acaramelada (Lupa binocular. 50 aumentos)



Foto 7.15. Foto micrografía de granos de casiterita (Lupa binocular. 40 aumentos)



Foto 7.16. Fotomicrografía de un granate con su típico hábito (lupa binocular. 25 aumentos)



Foto 7.25. Fotomicrografía de granos octaédricos idiomorfos de magnetita (Lupa binocular. 50 aumentos)

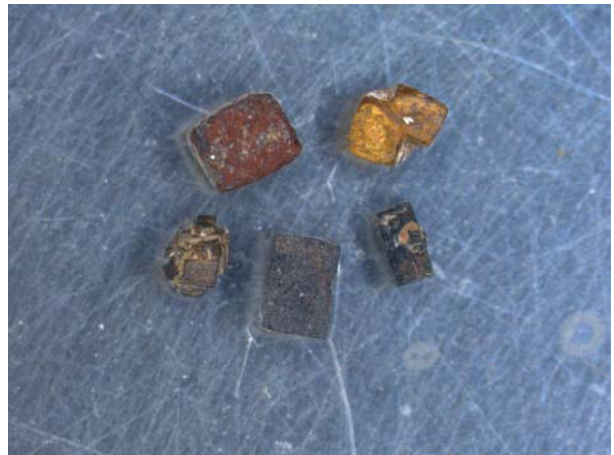


Foto 7.26. Fotomicrografía de granos idiomorfos de pirita con hábito cúbico, oxidados (Lupa binocular. 50 aumentos)



Foto 7.27. Fotomicrografía de granos de Berilo y/o crisoberilo en un concentrado (Lupa binocular. 40 aumentos)



Foto 7.28. Fotomicrografía de granos de monacita de color verde amarillento claro (Lupa binocular. 40 aumentos)



Foto 7.29. Fotomicrografía de un grano de rutilo (Lupa binocular. 30 aumentos)



Foto 7.30. Fotomicrografía de un cristal de ilmenita implantado en cuarzo (Lupa binocular. 40 aumentos).



Foto 7.31. Fotomicrografía de granos de epidota en un concentrado (Lupa binocular. 60 aumentos)

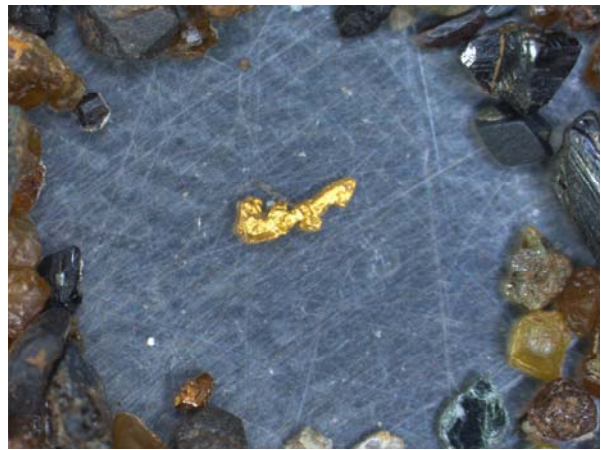


Foto 7.32. Fotomicrografía de un grano de oro nativo en un concentrado con granos de goethita. Muestra 5349 (Lupa binocular. 50 aumentos).

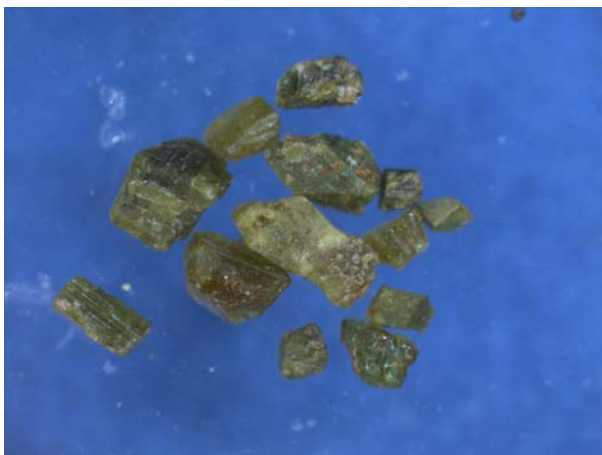


Foto 7.33. Fotomicrografía de granos de epidota (Lupa binocular. 50 aumentos)



Foto 7.34. Fotomicrografía de un grano de oro nativo en un concentrado. Muestra 8540 (Lupa binocular. 40 aumentos)



Foto 7.35. Fotomicrografía de un grano de oro nativo en el concentrado de la muestra 8540. (Lupa binocular. 40 aumentos)

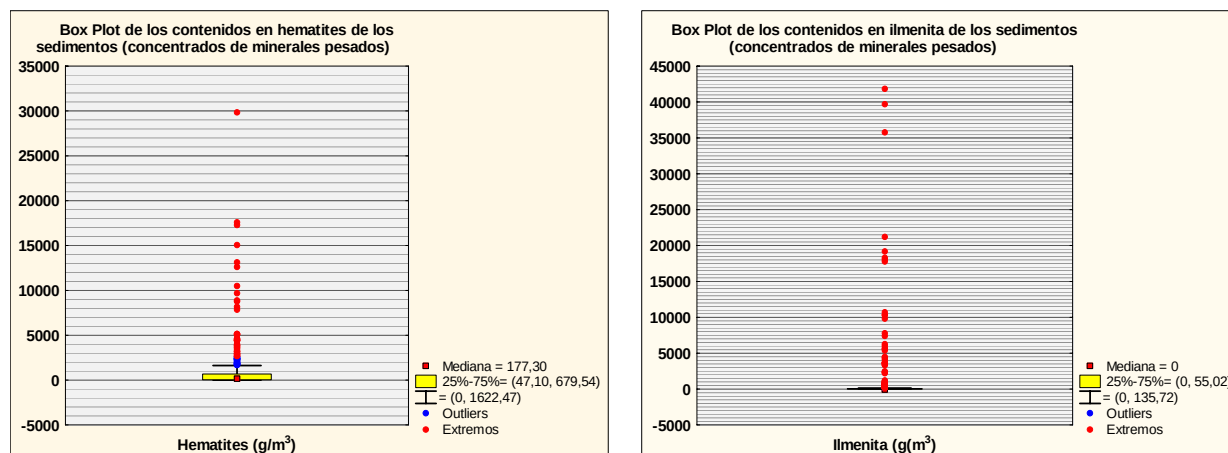


Foto 7.36. Fotomicrografía de un grano de oro poco rodado en el concentrado de la muestra 8594)

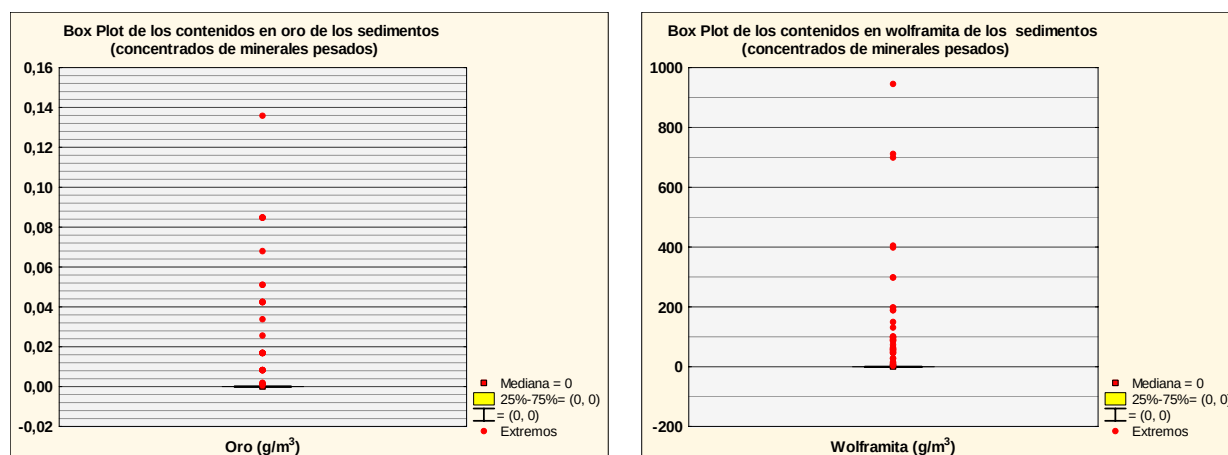
7.4.- MAPAS MINERALOMÉTRICOS

La representación de la distribución de los diferentes minerales pesados en el área de estudio se ha efectuado a dos escalas. Se presentan en mapas a DIN A 4 y en mapas a escala 1/150.000.

Previamente, se han elaborado los diagramas de cajas o boxplots de los contenidos de minerales en los concentrados de minerales pesados (figuras 7.2. a 7.39) en los que puede verse la extrema asimetría de sus distribuciones. La mayor parte de ellas tiene un altísimo porcentaje de la población en valores nulos (ausencia o escasísima aparición del mineral) constituyendo el resto una cola de valores atípicos.



Box plots de los contenidos de Hematites (figura 7.23) e Ilmenita (figura 7.26) en los concentrados de batea (g/m³)



Box plots de los contenidos de Oro (figura 7.31) y Wolframita (figura 7.37) en los concentrados de batea (g/m³)

Para reflejar la distribución y abundancia de los minerales se han marcado cuatro clases en el grado de concentración expresado en g/m³, definiéndose tres umbrales. Se ha pretendido diferenciar las muestras en las que el mineral en cuestión no está presente o es casi inexistente (**0-1 g/m³**), aquellas en las que se presenta el mineral con concentraciones que van desde **0 al 95%** dentro de la función de distribución de la población total, aquellas en las que la concentración está entre el **95 y el 97,5%** de la función de distribución y aquellas totalmente anómalas en las que la concentración **supera el 97,5%**.

En el caso de algunos minerales, muy poco frecuentes o abundantes, se han establecido únicamente dos clases (presente-no presente).

Dada la menor densidad del muestreo llevado a cabo para los concentrados de minerales pesados, se han elaborado únicamente mapas de puntos, no habiéndose realizado mapas de contornos. Los minerales pesados (y algunos no pesados) encontrados con mayor o menor abundancia, ascienden a 47. Entre ellos se encuentran los clásicos minerales pesados y resistentes a la meteorización (minerales nativos, óxidos y

algunos silicatos, como oro, magnetita, scheelita, casiterita, granate, etc.), minerales de mineralización alterables en proceso de descomposición (sulfuros como galena, arsenopirita, etc.) y algunos minerales ligeros o semi-ligeros como cuarzo, moscovita que aunque sin interés directo pueden aportar información por ir frecuentemente asociados a mineralizaciones. En este caso y a diferencia del proyecto CEGOM-Fase 1 no se incluye un mapa con la distribución de escorias, que a todos los efectos se comportan como los minerales pesados y que puede aportar información sobre la ubicación de antiguas labores, por no haber sido detectadas en los concentrados.

Los mapas aparecen en las figuras 7.40 a 7.78, en formato DIN A4, habiéndose elaborado asimismo los mapas a escala 1/150.000 (ver volúmenes de Mapas 1/150.000).

El estudio de los mapas de distribución de los minerales pesados sugiere diversas observaciones de las cuales las más significativas se comentan a continuación. En lo que se concierne a los minerales pesados o semipesados, formadores de rocas o a los minerales accesorios de ellas (silicatos y óxidos), varios tienen una relación clara con los tipos de rocas de los que proceden o con los ambientes geológicos apropiados, mostrando una distribución clara en función de ellos. Otros, tienen una presencia ubicua que puede ser debida, en parte, a que son a minerales resistentes procedentes de las unidades sedimentarias y pueden haber sufrido varios ciclos sedimentarios.

- Los **agregados micáceos o arcillosos** (figura 7.40) aparecen en sedimentos localizados en su casi totalidad en la SAOM, en zonas formadas por unidades sedimentarias, fundamentalmente, el Flysch de Terena, la Fm. Xistos Raiados, la Fm. Barrancos, La Fm. Fatuquedo y, ocasionalmente en la Fm. Esquistos de Jerez. Las mayores concentraciones se encuentran en la Fm. Barrancos y en la Fm. Xistos Raiados y aparecen sobre todo en la parte más meridional de sus afloramientos. En forma más dispersa aparecen también en algunos puntos en la Serie Negra y en el C.V.S.
- La **anatasa** (figura 7.41) tiene una distribución dispersa y algo errática, y se manifiesta, dentro de las unidades sedimentarias, únicamente en las Fm. Fatuquedo, en la Fm. Esquistos de Jerez y en el Flysch de Terena. La única manifestación coherente y cohesionada de muestras anómalas se produce en un sector del afloramiento de Serie Negra situado al S del granitoide de Almendral y dentro de éste (4 muestras).
- Los **anfíboles** (figura 7.42) muestran una distribución mucho más controlada por los factores litológicos. Ausente o con contenidos muy bajos ($< 150 \text{ g/m}^3$) en las muestras de las unidades sedimentarias del SO, delimita muy bien a los intrusivos ácidos (Táliga, Almendral, Barcarrota, La Bazana, Valencia del Ventoso, Los Remedios, Brovales) con contenidos medios ($150\text{-}1250 \text{ g/m}^3$) y a las facies gabroideas (Barcarrota, Fregenal) con contenidos altos ($1250 \text{ a } 2500 \text{ g/m}^3$). El C.V.S. se identifica asimismo claramente por sus valores medios a medios,. La Fm. Esquistos de Jerez también muestra contenidos medios en anfíboles en el tramo de afloramiento situado al S de Táliga, pudiendo proceder del mismo granito de su aureola de contacto.
- El **apatito** (figura 7.43) tiene, sorprendentemente, contenidos muy bajos en toda la zona, estando todos los valores, salvo dos, por debajo de 8 g/m^3 . Las dos muestras con contenidos algo más elevados se encuentran relacionadas con un afloramiento de Carbonífero Superior, en la zona NO, y con el granito de Táliga.
- La **biotita** (figura 7.47), delimita con bastante nitidez a determinadas unidades a pesar de su ubicuidad. Los contenidos bajos a medios ($1 < 50 \text{ g/m}^3$) de la Fm. Xistos Raiados y de la Fm. Barrancos y de la unidad del C.V.S., las separan netamente del Flysch de Terena, de la Fm. Fatuquedo y de la Fm. Esquistos de Jerez, con contenidos muy bajos ($< 1 \text{ g/m}^3$). Los granitoides de Táliga, La Bazana, Brovales, Valencia del Ventoso y la corona de rocas ácidas del intrusivo de Barcarrota ($50 \text{ a } 500 \text{ g/m}^3$) se diferencian, asimismo de forma neta, de los cuerpos predominantemente sieníticos del intrusivo de Almendral, de las albititas predominantes en el intrusivo de Los Remedios y de las facies básicas del de Fregenal y Barcarrota ($< 50 \text{ g/m}^3$).
- La **brookita** (figura 7.48) aparece en una única muestra situada en el Flysch de Terena con una concentración de 5 g/m^3 .

- La **calcita** (figura 7.49) presenta unas pautas de distribución que, aunque controladas por el factor geológico, tienen un cierto factor errático. Los contenidos más elevados en calcita de los concentrados (entre 40 y cerca de 2.000 g/m³) se ubican en muestras situadas en contexto de rocas intrusivas, ácidas, intermedias o preferentemente básicas (Almendral, Táliga en su parte más nuclear, de composición más intermedia a básica, Barcarrota, Brovales, Valencia del Ventoso, borde Sur del intrusivo de Burguillos, La Bazana, Los Remedios, Fregenal) y en la Fm. Carbonatada y, en forma más errática, en el C.V.S. y en la Fm. Fatuquedo. Aparecen dos muestras anómalas sobre el supuesto granito subaflorante de Oliva y otras varias dispersas en la Fm Esquistos de Jerez, en el tramo de afloramiento situado al O de Táliga y en su cierre periclinal en la zona SE. La Serie Detrítica Superior muestra, de forma bastante regular, muestras con contenidos bajos ($1 < < 40 \text{ g/m}^3$).
- El **circón** (figura 7.52), mineral accesorio en las rocas ígneas y de origen detrítico en muchas rocas sedimentarias, presenta una distribución que cumple parcialmente estos principios, pues introduce claras diferencias entre ciertas unidades. En el caso de las rocas intrusivas ígneas, discrimina netamente a ciertos cuerpos intrusivos con valores de contenidos altos a muy altos, como en el caso del de Almendral ($300 < < 800 \text{ g/m}^3$), Barcarrota (en el que marca la diferencia entre la corona más ácida ($300 < < 800 \text{ g/m}^3$) y el núcleo gabroideo ($> 8800 \text{ g/m}^3$), borde meridional de Burguillos y, sobre todo Valencia del Ventoso (de 150 g/m^3 a $> 800 \text{ g/m}^3$). El C.V.S. presenta una respuesta similar. Sin, embargo, otros cuerpos intrusivos muestran una respuesta prácticamente nula, como La Bazana, Brovales, Los Remedios o Fregenal, mientras que el de Táliga sólo contiene unas pequeñas anomalías en parte de su núcleo. También aparecen algunos valores anómalos aislados en la Fm. Barrancos (al SE), en la Fm. Fatuquedo y en la de Esquistos de Jerez. La anomalía máxima, de 25.503 g/m^3 , se localiza en una muestra aislada en la Fm. Fatuquedo, al Sur del campo filoniano de Oliva y cercana a él.

La discriminación entre contenidos en circón mostrada en algunos cuerpos intrusivos muestra una cierta concordancia con los contenidos en Zr, figura 6.341 y Hf, figura 6.314, en las distribuciones en los sedimentos de corriente.

- La **cromita** (figura 7.53) presenta pocos valores superiores a 5 g/m^3 y con una distribución muy errática. Los contenidos más elevados ($25 < < 40 \text{ g/m}^3$) aparecen en la Fm. Fatuquedo, en el entorno del supuesto granito subaflorante al O de Zahinos.
- El **cuarzo** (figura 7.54) muestra una distribución de contenidos muy errática.
- La **distena** (figura 7.55) muestra también una distribución dispersa y errática de los escasos contenidos significativos ($> 1 \text{ g/m}^3$).
- La **epidota** (figura 7.56) presenta una distribución más estructurada y con un cierto control geológico, al margen de la existencia de muestras con contenidos significativos aisladas y dispersas. En general las muestras con contenidos altos o muy elevados (350 a 76.000 g/m^3) aparecen relacionadas con el C.V.S., así como a zonas próximas a cuerpos intrusivos (aureolas de metamorfismo de contacto) como es el caso de la Fm. Bodonal y de la Serie Negra en las zonas de Táliga, Brovales o Valencia del Ventoso. Esto también puede ser válido para las numerosas muestra con contenidos anómalos en la Fm. Esquistos de Jerez o en la Fm. Fatuquedo en las proximidades del granito de Táliga (S y SO). Dada la anterioridad del granito de Táliga con respecto a estas formaciones, cabe pensar en la posibilidad (ya vislumbrada en la discusión sobre las distribuciones elementales en sedimentos de corriente) de la presencia de intrusivos subaflorantes similares a los de Almendral bajo la Fm. Esquistos de Jerez.

Un contenido totalmente atípico de 76.890 g/m^3 de epidota se localiza en la muestra 6561, ubicada en la Fm. Fatuquedo, en una cuenca que drena al C.V.S. (originado probablemente por retromorfismo de minerales feromagnesianos de las rocas efusivas básicas del complejo volcano sedimentario cámbrico).

- La **estauroлита** (figura 7.59) manifiesta una distribución controlada por factores geológicos. Los contenidos en estauroлита discriminan con total nitidez ala Fm. Xistos Raiados, con valores elevados (35 a 500 g/m³) con respecto a las unidades sedimentarias contiguas que también presentan valores de fondo medios (1 a 35 g/m³), aunque con distribución más irregular. Esta fuerte identificación de este mineral, de origen metamórfico y cuya blastésis tiene un requerimiento composicional de los materiales afectados cual es una cierta abundancia de Fe, con la Fm. Xistos Raiados, se explica por sus fondos más elevados en Fe que los de las unidades sedimentarias contiguas (figura 6.313). La Fm. Barrancos, la Fm. Fatuquedo y la Fm. Esquistos de Jerez presentan contenidos algo menores ($1 < < 200$ g/m³) y con una distribución menos consistente. Algunos valore aislados aparecen también en la Serie Negra y en la Serie Detrítica Superior. Los cuerpos intrusivos contienen alguna muestra anómala aislada (Barcarrota), pero no tienen en general valores significativos.
- El **granate** (figura 7.61) manifiesta unas distribuciones algo erráticas, aunque define en cierta forma a los cuerpos intrusivos ígneos (salvo La Bazana y Los Remedios) y al C.V.S., en los cuales las pautas son más consistentes, con contenidos elevados a muy elevados (250 a 11.100 g/m³). En las restantes unidades aparecen escasas muestras con granate, salvo en la Fm. Fatuquedo y en la Serie Negra, en las cuales, aunque dispersas, son más frecuentes. El contenido más elevado, de 11.100 g/m³, se encuentra en la muestra 6561, en la cual se han visto anteriormente contenidos máximos en otros minerales de significación litológica (Fm. Fatuquedo, pero proveniente del drenaje del C.V.S.).
- La **hornblenda** (figura 7.63), discrimina, por sus contenidos medios a altos (30 a 9.150 g/m³), aunque con consistencias muy dispares, al C.V.S. y a los cuerpos intrusivos ígneos como el de Almendral, Táliga (pauta más inconsistente), Barcarrota, Brovales, Valencia del Ventoso, borde S del de Burguillos, Valencia del Ventoso, La Bazana. El de Los Remedios no suministra ninguna respuesta en este sentido. La Serie Detrítica Superior se expresa con fondos bajos pero regulares ($1 < < 30$ g/m³), mientras que las restantes unidades presentan valores bajos a medios pero en forma aislada y errática. La muestra con contenido más elevado en hornblenda vuelve a ser la 6561, con 9159 g/m³, en drenaje de C.V.S.
- La **muscovita** (figura 7.69) da lugar a unas pautas de distribución muy erráticas, formadas por muestras dispersas y aisladas con valores significativos. Únicamente merece mencionarse la respuesta consistente del granito de La Bazana, con contenidos altos a muy altos (> 100 g/m³) y la presencia de dos muestras con valores altos sobre el campo filoniano de Oliva de La Frontera.
- El **piroxeno** (figura 7.72) está presente en sólo tres muestras dentro de la zona y con contenidos muy bajos (< 19 g/m³). Aparecen aisladas en la Fm. Barrancos y en la Fm. Xistos Raiados.
- La **sillimanita** (figura 7.75), al igual que los piroxenos, aparece únicamente en los concentrados de cuatro muestras y con valores muy bajos (< 17 g/m³). Se localizan en la Fm. Fatuquedo y en relación con la Serie Negra.
- La **turmalina** (figura 7.76) muestra unas pautas bastante erráticas, discriminando únicamente y en forma negativa, por sus contenidos nulos, a los cuerpos intrusivos ígneos. Aparece por el contrario en todas las restantes unidades y, en particular, en el C.V.S. en el cual presenta quizás la respuesta más intensa y consistente. Llama la atención la respuesta, asimismo significativa, de los materiales cuaternarios de Cuenca del Guadiana, al N de la zona.

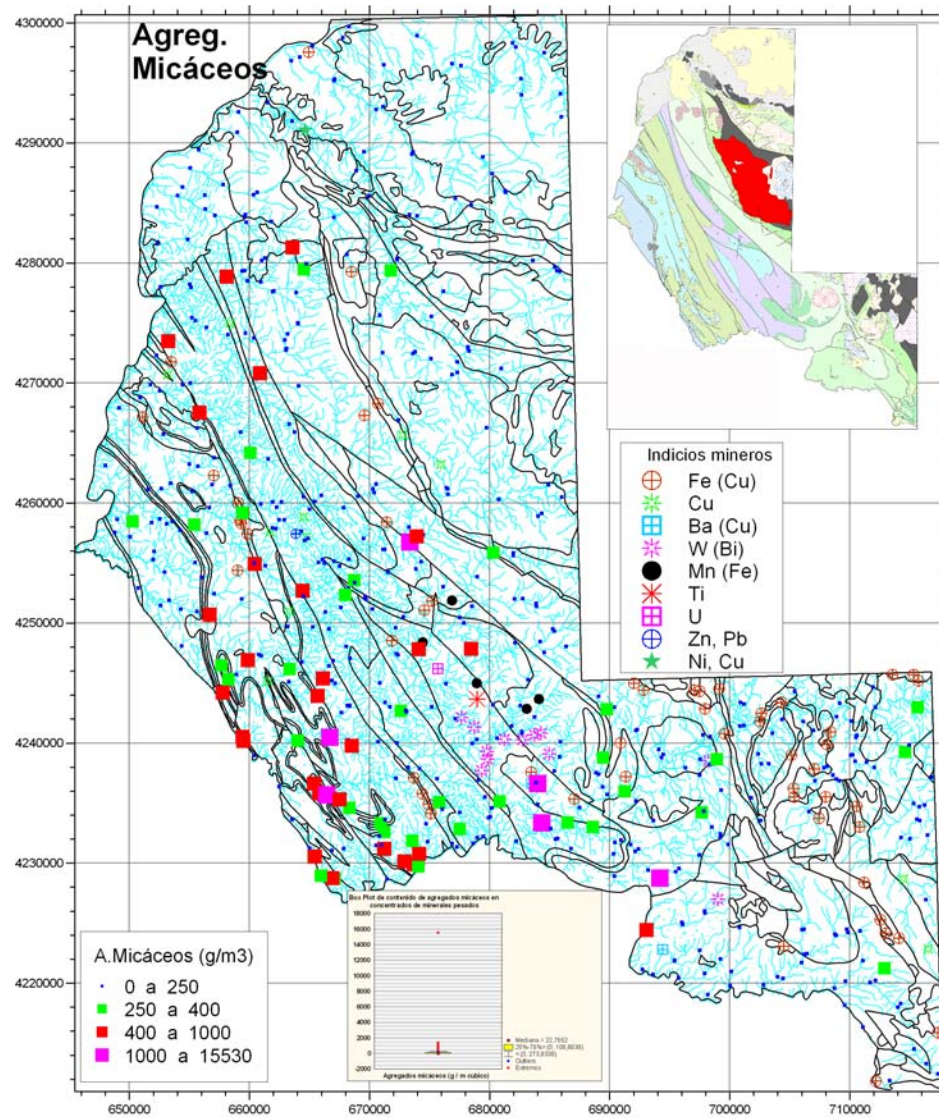


Figura 7.40. Distribución de anomalías mineralométricas de A. Micáceos. Concentrados de minerales pesados.

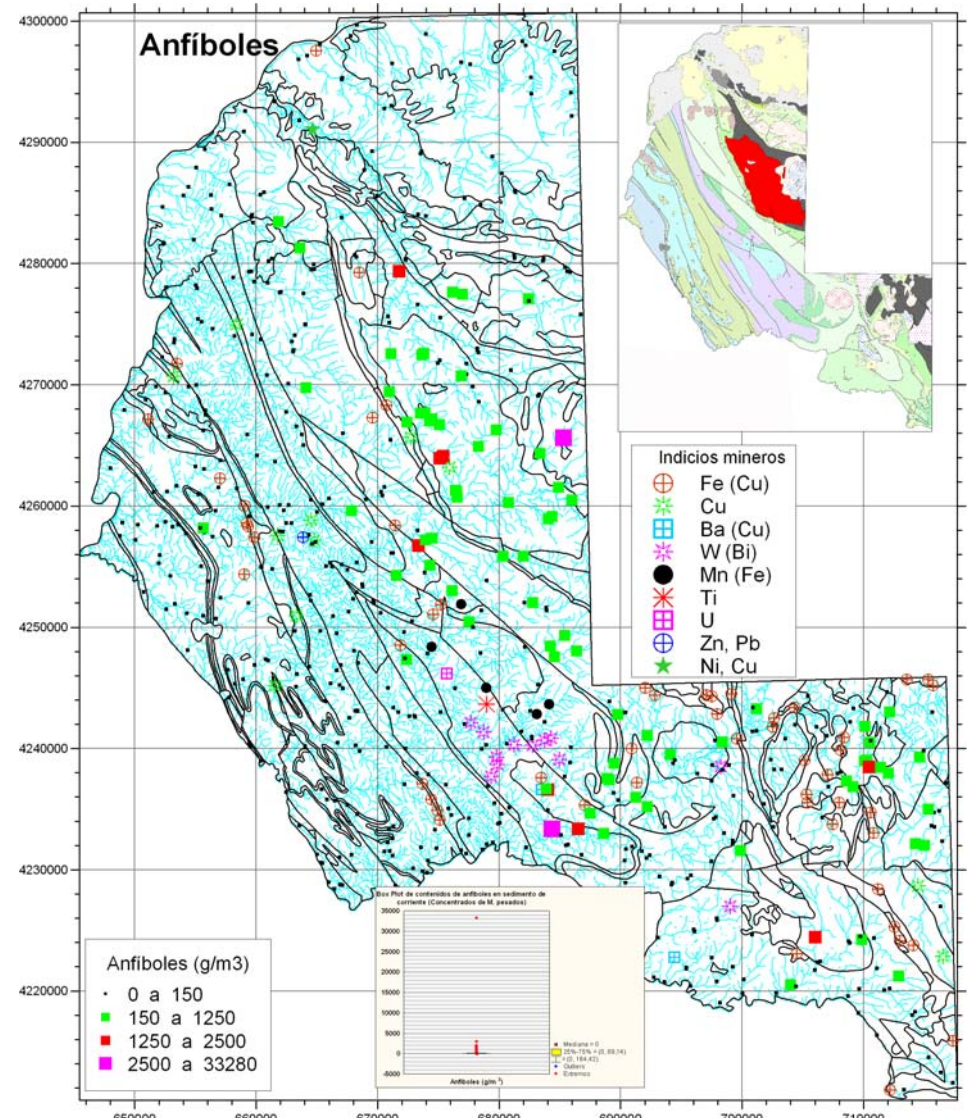


Figura 7.43. Distribución de anomalías mineralométricas de Anfíboles. Concentrados de minerales pesados.

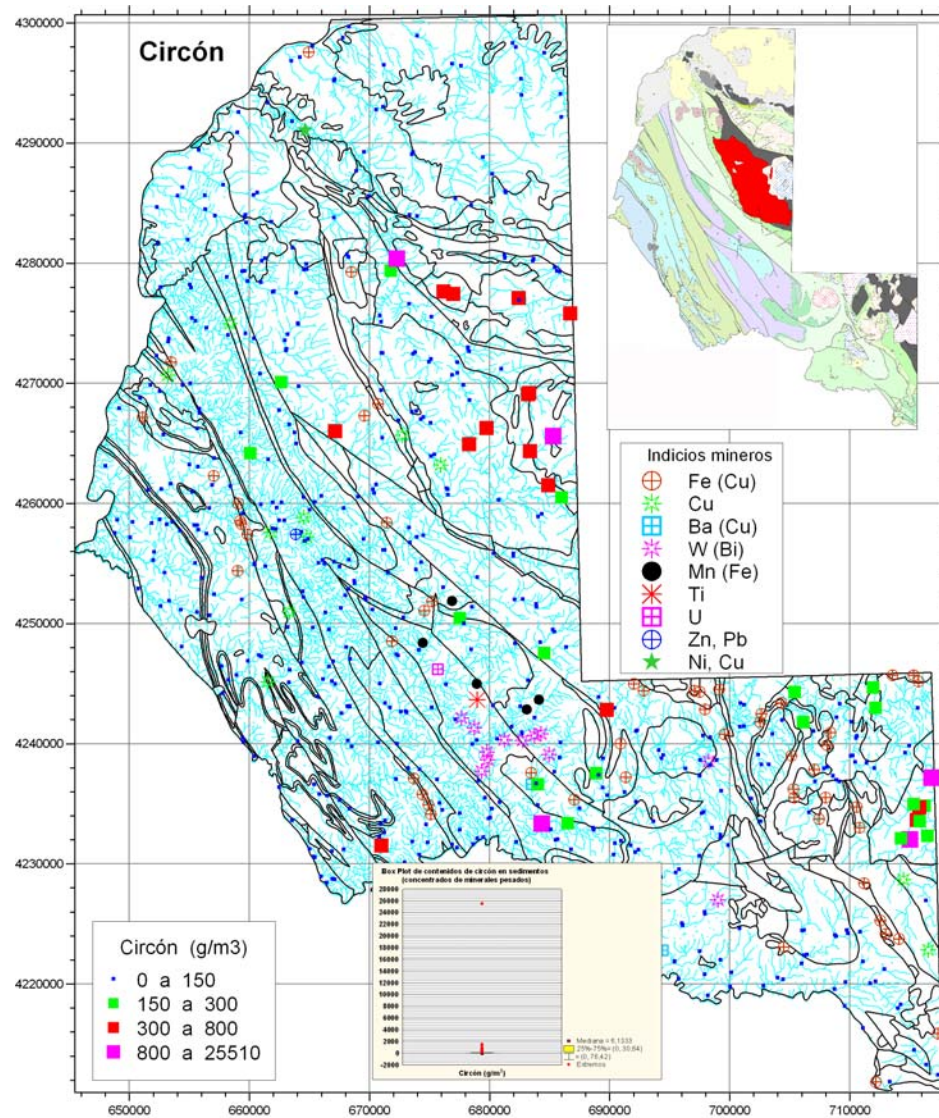


Figura 7.52. Distribución de anomalías mineralométricas de Circón.
Concentrados de minerales pesados.

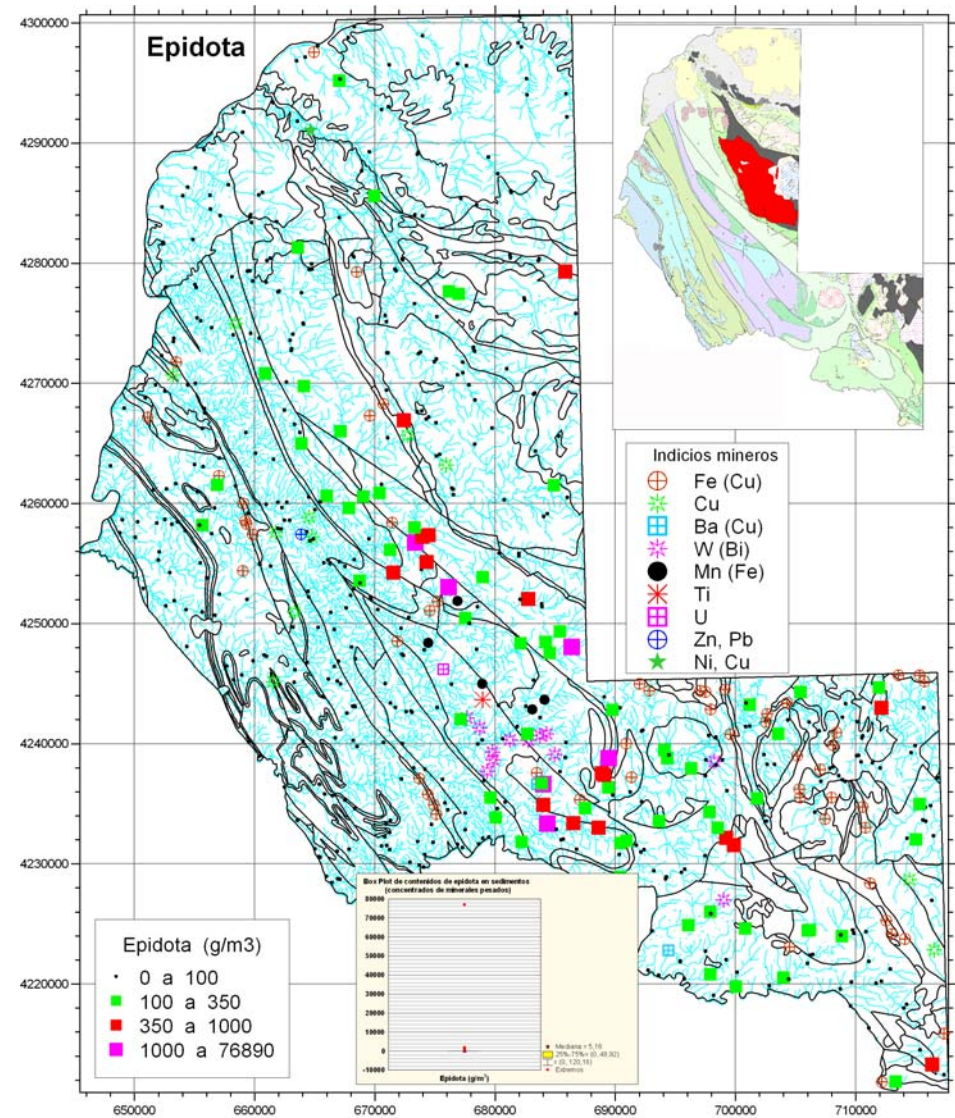


Figura 7.56. Distribución de anomalías mineralométricas de Epidota.
Concentrados de minerales pesados.

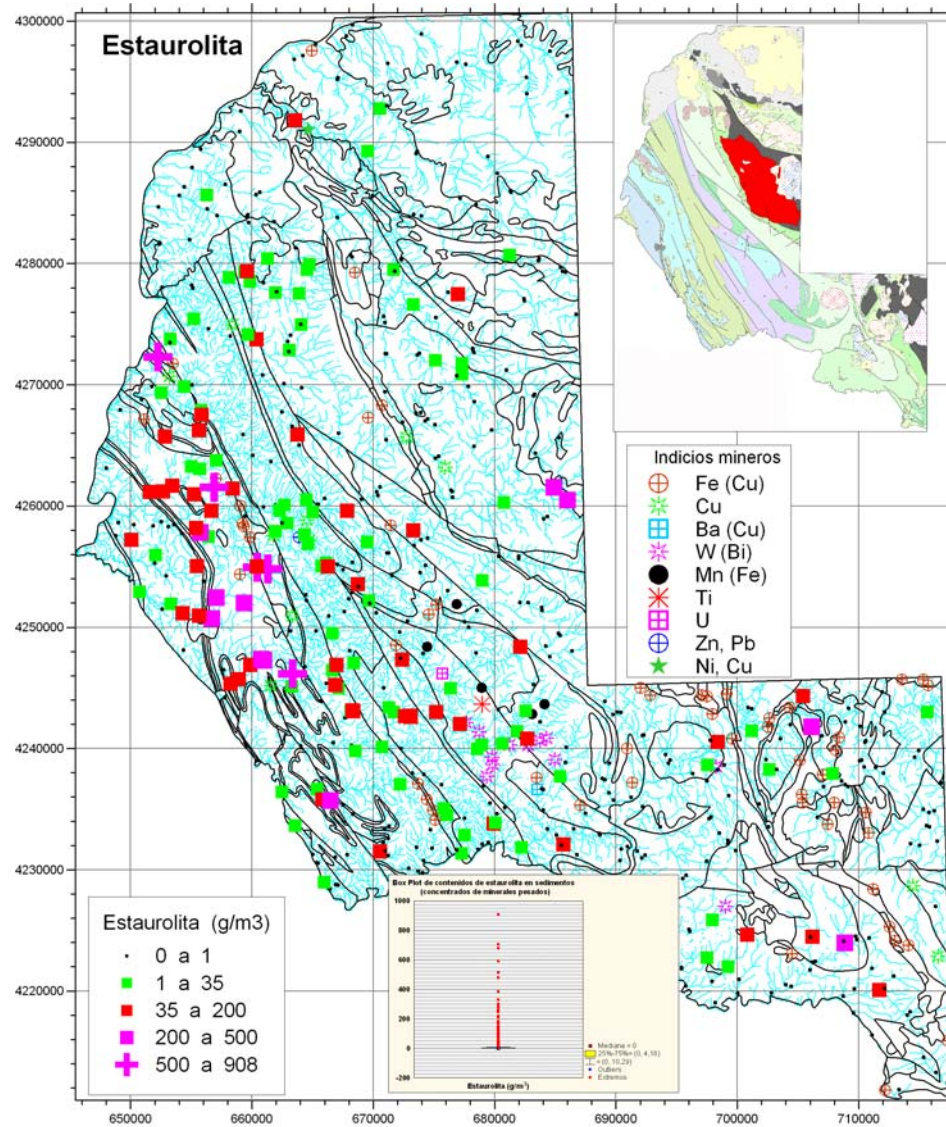


Figura 7.59. Distribución de anomalías mineralométricas de Estaurolita. Concentrados de minerales pesados.

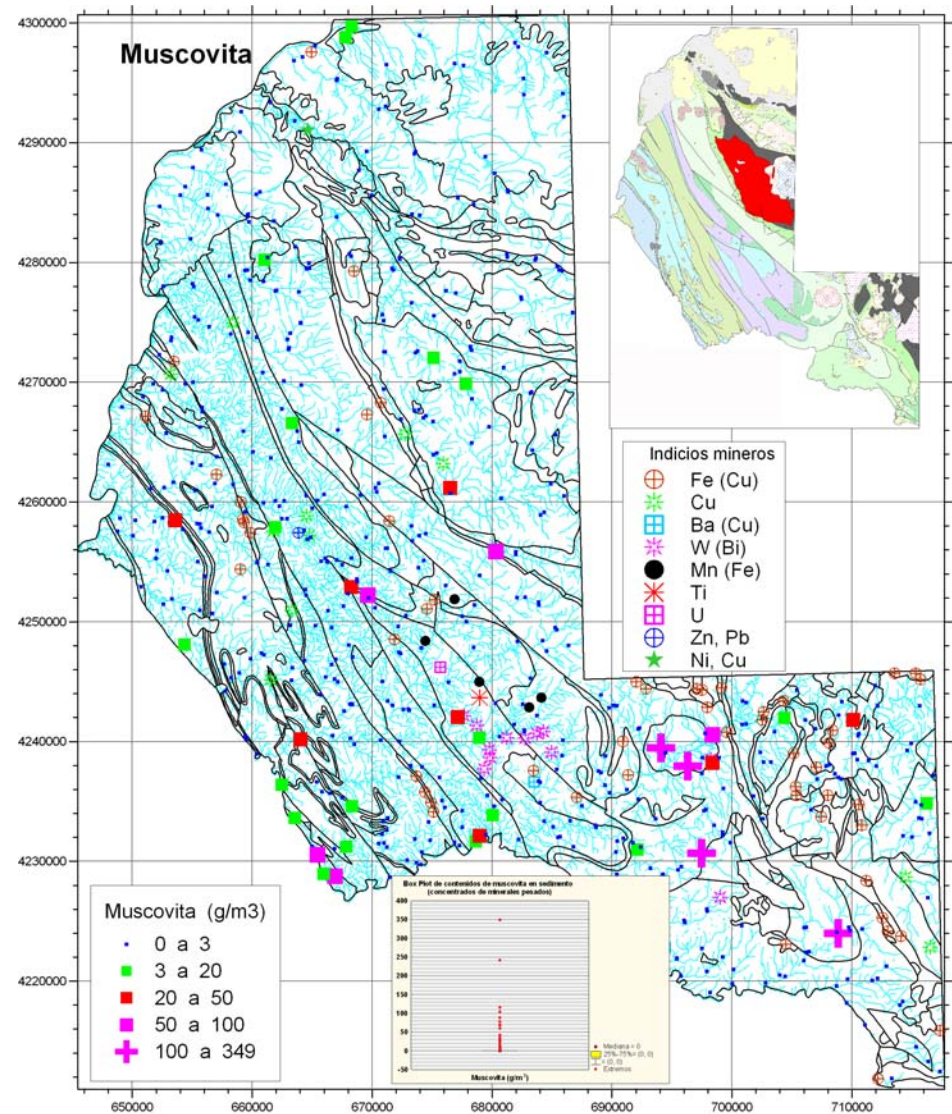


Figura 7.69. Distribución de anomalías mineralométricas de Muscovita. Concentrados de minerales pesados.

A continuación se analizan los rasgos más importantes de las distribuciones de los minerales pesados más significativos y **relacionados, en mayor o menor medida, con los procesos de mineralización**. En general, y por su asociación específica con procesos locales, deben tener distribuciones más erráticas y con anomalías locales, aunque algunos de ellos, por tener una relación a la vez con litologías y mineralizaciones pueden mostrar unas pautas de distribución complejas.

- La **barita** (figura 7.45) presenta muestras anómalas, aunque con bajos contenidos (máximo de 90 g/m³), en escasos puntos aislados y dispersos. Uno en el granito de Táliga en el drenaje de una mineralización de Cu, dos en la Fm. Fatuquedo, en el drenaje del campo filoniano de Oliva, tres más o menos agrupadas en el granito de la Bazana, y dos puntos agrupados en la Fm. Xistos Raiados.
- El **berilo** (figura 7.46) presenta una distribución bastante errática con muchas muestras conteniendo berilo en proporciones significativas y distribuidas en varias de las unidades geológicas que conforman la zona. Entre ellas las que tienen una respuesta más significativa son el granito de Táliga (en contraposición al de Almendral), el granito de La Bazana y el de Brovales, la Fm. Esquistos de Jerez, la Fm. Fatuquedo, la Fm. Barrancos, la Serie Negra y el C.V.S. Los granitoides de Valencia del Ventoso y de Barcarrota dan respuestas negativas. Hay que destacar que la anomalía más cohesionada y consistente, y afectando a un área más amplia aparece sobre el campo filoniano de W-Bi de Oliva de la frontera, al que trasciende en sus dimensiones, prolongándose hacia el supuesto granito subaflorante al O de Zahinos ONO de dicho campo filoniano. Merece destacarse el hecho de que la anomalía más elevada (6.156 g/m³) se encuentre en la muestra 6561, en la Fm. Fatuquedo, coincidiendo en ella otras anomalías máximas.
- La **casiterita** (figura 7.50) muestra un escaso número de anomalías, apareciendo todas ellas aisladas y desconectadas, siendo el contenido máximo de 256 g/m³ en la muestra 4150, situada en el granitoide de Almendral.
- El **cinabrio** (figura 7.51) aparece como mineral pesado en un escasísimo número de muestras. Por ello, probablemente, sus anomalías aparecen totalmente dispersas y desconectadas espacialmente. Además, sus concentraciones en aquellos concentrados en las que aparece son muy bajas (máximo de 0,085 g/m³). Los contenidos mayores se encuentran en la Fm. Esquistos de Jerez, aunque la cuenca de drenaje tiene su cabecera en la Fm. Bodonal, y en la Serie Negra al N del granitoide de Almendral. Otros contenidos más bajos aparecen en el Flysch de Terena, en el C.V.S. (éstos, con una cierta consistencia por aparecer en la misma cuenca de drenaje) y en la Fm. Barrancos. Hay que señalar la presencia de uno de los mayores contenidos en el terciario de la Cuenca del Guadiana. El cinabrio procede probablemente por evolución supergénica, del Hg presente en sulfuros meteorizados.
- La **cromita** (figura 7.53) aparece en dos puntos relativamente conectados de una misma cuenca en la Fm. Fatuquedo y la Fm. Barrancos, cerca del supuesto granito subaflorante al ONO de Oliva. Otros puntos anómalos aislados se encuentran en el granito de Táliga, en un afloramiento de Carbonífero Superior en el sector NO, en la Fm. Esquistos de Jerez y en el C.V.S.
- La **esfalerita** (figura 7.57), con contenido máximo de 271 g/m³, aparece con una distribución descohesionada y errática, similar a las anteriores. Algunas de sus anomalías de grado medio tienen una relación con indicios de Zn-Pb (Fm. Barrancos), de Fe (Fm. Xistos Raiados) y de W (La Bazana).
- La **especuladita** (figura 7.58), en sus valores significativos aparece distribuida fundamentalmente en la mitad SO de la zona. En el sector NE, se encuentran escasas muestras con concentraciones superiores a 1g/m³, y entre ellas están algunas relacionadas espacialmente con afloramientos de Carbonífero Superior, con un indicio minero de Fe en la Fm. Carbonatada y con un indicio de Cu en el granito de Táliga. Otras dos muestras anómalas aparecen en la Serie Negra.

En la mitad SO y S de la zona las muestras anómalas se reparten en dos grandes sectores, en el área central y otro en el área de Bodonal. En el área central se acumula un elevado porcentaje de las

muestras anómalas, cubriendo fundamentalmente al complejo filoniano de Oliva y trascendiéndolo. Al NO de esta zona anómala se encuentra otra zona con varios valores anómalos pero menos cohesionados, en la F. Barrancos, en la Fm. Fatuquedo y en la F. Xistos Raiados (algunos en clara relación con los estrechos afloramientos de esquistos negros del Silúrico que flanquean o están incluidos en los Xistos Raiados). Al SO del campo filoniano de Oliva se encuentra otra agrupación de anomalías fuertemente cohesionadas en la Fm. Barrancos y en el Flysch de Terena. El C.V.S. presenta asimismo una fuerte relación con anomalías de especuladita. Finalmente, en la esquina SE de la zona (Bodonal) existe otra gran asociación, muy cohesionada, de valores anómalos, sobre materiales de los Esquistos de Jerez, de la Fm. Detrítica Superior, de la Fm. Carbonatada y de la Serie Negra.

Sin duda, muchas de las anomalías halladas corresponden a la cercanía de mineralizaciones conocidas (o desconocidas) de las cuales derivan. Pero otra parte importante proviene probablemente de litologías muy especializadas geoquímicamente y enriquecidas en Fe (Fm. Xistos Raiados y C.V.S.).

- La **goethita** (figura 7.60) presenta una agrupación de muestras anómalas en el extremo S del principal afloramiento de la Fm. Barrancos (Valencia de Mombuey), así como unas anomalías aisladas en la Fm. Esquistos de Jerez y una más en la Fm. Xistos Raiados y en el Silúrico, asociada a un indicio de Fe (zona de Cheles). En términos generales, los contenidos de las muestras anómalas son bajos ($< 58 \text{ g/m}^3$).
- La **hematites** (figura 7.62) muestra una distribución condicionada, en general, por la estructura geológica y sus concentraciones alcanzan valores elevados. Todas las muestras contienen hematites en mayor o menor medida. La aparición de este mineral en concentraciones elevadas (entre 250 y 11.100 g/m^3) identifica fundamentalmente a determinados cuerpos intrusivos ígneos, generalmente básicos o intermedios, como el de Almendral, Barcarrota, Brovales, La Bazana, Valencia del Ventoso y Fregenal. Valores similares discriminan también al C.V.S. El granitoide de Tálga presenta contenidos más bajos de manera uniforme ($< 1.500 \text{ g/m}^3$).

El resto de las unidades, esencialmente sedimentarias, se manifiestan de forma bastante uniforme con contenidos medios a bajos ($< 1.500 \text{ g/m}^3$), con la excepción de algunos contenidos superiores aislados, algunos de los cuales se relacionan con la presencia de indicios de Fe, como es el caso de alguna anomalía en la Fm. Xistos Raiados y más concretamente con afloramientos de Silúrico.

La muestra con contenido máximo es la 7.582, con 29.852 g/m^3 localizada en Serie Negra-granito de Brovales y drenando un área con indicios de Fe.

En conclusión, este mineral tiene un fuerte control litológico, matizado por anomalías fuentes puntuales asociadas a mineralizaciones de Fe.

- La **ilmenita** (figura 7.64) muestra unas pautas de distribución de sus concentraciones similar a la anterior, estando controladas fundamentalmente por la estructura geológica. Se discriminan netamente, por sus muy altos valores ($> 10.000 \text{ g/m}^3$) los intrusivos ígneos de naturaleza intermedia o básica (Almendral, Barcarrota), mientras que los más ácidos (Tálga, Brovales, La Bazana, Valencia del Ventoso, Los Remedios y el básico de Fregenal) dispensan contenidos algo inferiores ($500 < < 10.000 \text{ g/m}^3$). Los materiales del C.V.S. tienen también, y de manera uniforme, valores similares a los de los intrusivos ácidos. El resto de las unidades, sedimentarias, manifiestan respuestas uniformes y positivas, pero en rangos más bajos ($< 500 \text{ g/m}^3$), salvo alguna ocurrencia puntual y aislada con valores elevados (Fm. Esquistos de Jerez o Flysch de Terena). Dentro de los materiales más modernos de la Cuenca del Guadiana, los contenidos en ilmenita diferencian netamente a los del Terciario (valores altos) de los cuaternarios, con contenidos nulos o muy bajos-
- La **magnetita** (figura 7.66), presenta una distribución bastante similar a la de la hematites, diferenciando netamente a los cuerpos intrusivos y a las unidades sedimentarias. Sin embargo, en

este caso, la discriminación más nítida, por sus valores extremos ($5.000 < < 38.090 \text{ g/m}^3$), se produce en los materiales del C.V.S. con respecto a todos los demás.

- La **malaquita** (figura 7.67) aparece en un único concentrado de batea en la Fm. Fatuquedo y con concentraciones muy bajas (5 g/m^3). No está asociado a ningún indicio minero conocido próximo, aunque existen en su cuenca de drenaje algunos indicios de Ba y de Fe.
- La **monacita** (figura 7.68) aparece en numerosos muestras de concentrados de batea y, al margen de algunos puntos con respuesta positiva aislados y dispersos en otras unidades (granito de Táliga, Fm. Esquistos de Jerez), su distribución más uniforme e identitaria se verifica en las unidades sedimentarias de la Fm. Xistos Raiados y en la Fm. Barrancos ($20 \text{ a } 240 \text{ g/m}^3$). La agrupación de muestras positivas más cohesionada se encuentra en el SE del afloramiento de la Fm. Barrancos Valencia del Mombuey). Esta distribución es coherente con las pautas de distribución de las Tierras Raras ligeras en los sedimentos que también identifican a la Fm. Xistos Raiados y, en parte, a la Fm. Barrancos.
- La **muscovita** (figura 7.69), al margen de algunos puntos aislados con respuesta claramente positiva, delimita algunas agrupaciones de puntos muy cohesionadas y consistentes en el granito de La Bazana (facies moscovíticas o procesos de greisenización?), en el extremo SE del afloramiento de la Fm. Barrancos, que constituye, por varios motivos un área singular, y en el campo filoniano de Oliva (¿procesos locales de greisenización?).
- El **oro** (figura 7.70) muestra, como cabe esperar, unas pautas de distribución muy erráticas. Aunque existen muestras con oro aisladas (por ejemplo, en la Serie Negra al N de Táliga), las muestras con contenidos en oro nativo se concentran en dos grandes áreas principales, en la zona central y en la zona SE del área de estudio. Aunque ligeramente desconectadas las unas de las otras existe una cierta agrupación de valores en los materiales de la Fm Xistos Raiados y de la Fm. Barrancos, con valores altos y más cohesionados espacialmente en el SE de la Fm. Barrancos. En la Fm. Fatuquedo existen algunos valores anómalos en el campo filoniano de Oliva y sus alrededores. También los hay, en la zona SE, en la Serie Detrítica Superior, en la Fm. Esquistos de Jerez, en los granitos de Los Remedios y de Valencia del Ventoso y en la Serie Negra.
- La **pirita** (figura 7.71) es ubicua en todas las muestras de la zona exceptuando el área desde el granito de Táliga hacia el N. Es posible diferenciar, en función de los valores de las concentraciones, a la Fm. Xistos Raiados y a la parte meridional de la Fm. Barrancos. Al SE de estos afloramientos existen agrupaciones de muestras cohesionadas que definen cuencas de drenaje claramente anómalas. Otras agrupaciones cohesionadas y con valores elevados las constituyen los afloramientos de C.V.S. En el resto de la zona, los contenidos son bajos a medios ($< 200 \text{ g/m}^3$) con presencia ocasional de contenidos más elevados ($200 \text{ a } 500 \text{ g/m}^3$). El control de la distribución de pirita es litológico y puede, localmente, ser incrementado por procesos de mineralización.
- El **rutilo** (figura 7.73), aparece en forma ubicua en los concentrados de minerales pesados de toda la zona. Sus mayores o menores concentraciones no discriminan de forma clara a unidades geológicas. Cabe señalar, sin embargo una mayor presencia de valores elevados ($600 \text{ a } 1424 \text{ g/m}^3$) en la parte central de los afloramientos de la Fm Xistos Raiados, Fm. Barrancos, Fm. Fatuquedo, Fm. Esquistos de Jerez. Parece definirse una banda de unos 10 km de anchura y dirección $N60^\circ$ que es secante con respecto a los contactos geológicos y que se prolonga hasta el granitoide de Barcarrota, en la cual los contenidos en Rutilo son netamente superiores a los fondos regionales ($< 164 \text{ g/m}^3$).

Si se tiene en cuenta que el rutilo es una forma de transformación de los minerales de Ti que suele ser característico de grandes estructuras de deformación o de desgarres, puede apoyar la hipótesis de una zona de discontinuidad geoquímica/estructural coincidente con la banda de enriquecimiento en rutilo.

- La **scheelita** (figura 7.74) y la **wolframita** (figura 7.77), minerales de W y frecuentemente asociados en los yacimientos de este elemento, muestran en la zona de estudio algunas diferencias sensibles en sus pautas de distribución espacial. La primera diferencia que se observa es que, pese a ser la

wolframita el mineral que dio lugar a una minería relativamente importante en la zona, la distribución espacial de la scheelita en los concentrados de batea es mucho más amplia que la de la wolframita (más localizada), y que las concentraciones en los concentrados de minerales pesados son también sensiblemente mayores en el caso de la scheelita (máximo de 6.655 g/m³) que en el de la wolframita (máximo de 995 g/m³).

La **scheelita** aparece en prácticamente todas las unidades geológicas de la zona, aunque en varias de ellas lo hace en muestras aisladas (aunque con contenidos que pueden ser altos) y otras veces en asociaciones cohesionadas. Así, se observa la existencia de una anomalía, pese a todo, estructurada y cohesionada, al N del granito de Táliga (4 muestras en una misma red de drenaje con valores de hasta 200 g/m³). Al O de la anterior, y en la Fm. Esquistos de Jerez y en la Fm. Fatuquedo, hay 4 muestras anómalas en dos cuencas que provienen de un mismo relieve topográfico, con valores similares. Otras agrupaciones coherentes aparecen en la Fm. Fatuquedo y el C.V.S. al SE de las mencionadas anteriormente. Otra anomalía consistente se sitúa sobre el supuesto intrusivo subaflorante al O de Zahinos y al ONO de Oliva. El campo filoniano de Oliva dispensa una amplia respuesta anómala en scheelita. Destaca, al SE de ella, otra importante en los materiales del C.V.S. Algunas otras anomalías agrupadas aparecen en la Fm. Barrancos (área SE, Valencia del Mombuey).

Otras importantes áreas anómalas en el sector SE aparecen asociadas al granito de La Bazana, al de Brovales, al de Los Remedios y a la Serie Negra).

Además de estas anomalías agrupadas y consistentes, aparecen numerosos valores anómalos en muestras aisladas en diversos contextos.

La **wolframita** presenta un número mucho menor de anomalías, aisladas o agrupadas. Destaca la respuesta del campo filoniano de Oliva (valor máximo de 945 g/m³) que es, sin embargo, menos consistente que la de la scheelita. Otras áreas anómalas bien estructuradas aparecen en el granito de Brovales (valor de 711 g/m³), en la Serie Detrítica Superior, y en el C.V.S., todas ellas ubicadas en el sector SE de la zona. En el extremo SE de la Fm. Barrancos (Valencia del Mombuey) existe otra pequeña anomalía estructurada, correspondiendo todas las demás a anomalías puntuales dispersas.

- La **xenotima** (figura 7.78) muestra una distribución mucho más pobre de valores anómalos, que aparecen siempre en forma dispersa y aislada. La única anomalía estructurada que aparece en la zona está situada, sorprendentemente, en los materiales del Terciario de la Cuenca del Guadiana (3 puntos anómalos). Todas las demás se presentan en forma aislada, en la Fm. Esquistos de Jerez (muestra 5001, con contenido de 153 g/m³), en el granito de Brovales y en el de Los Remedios.

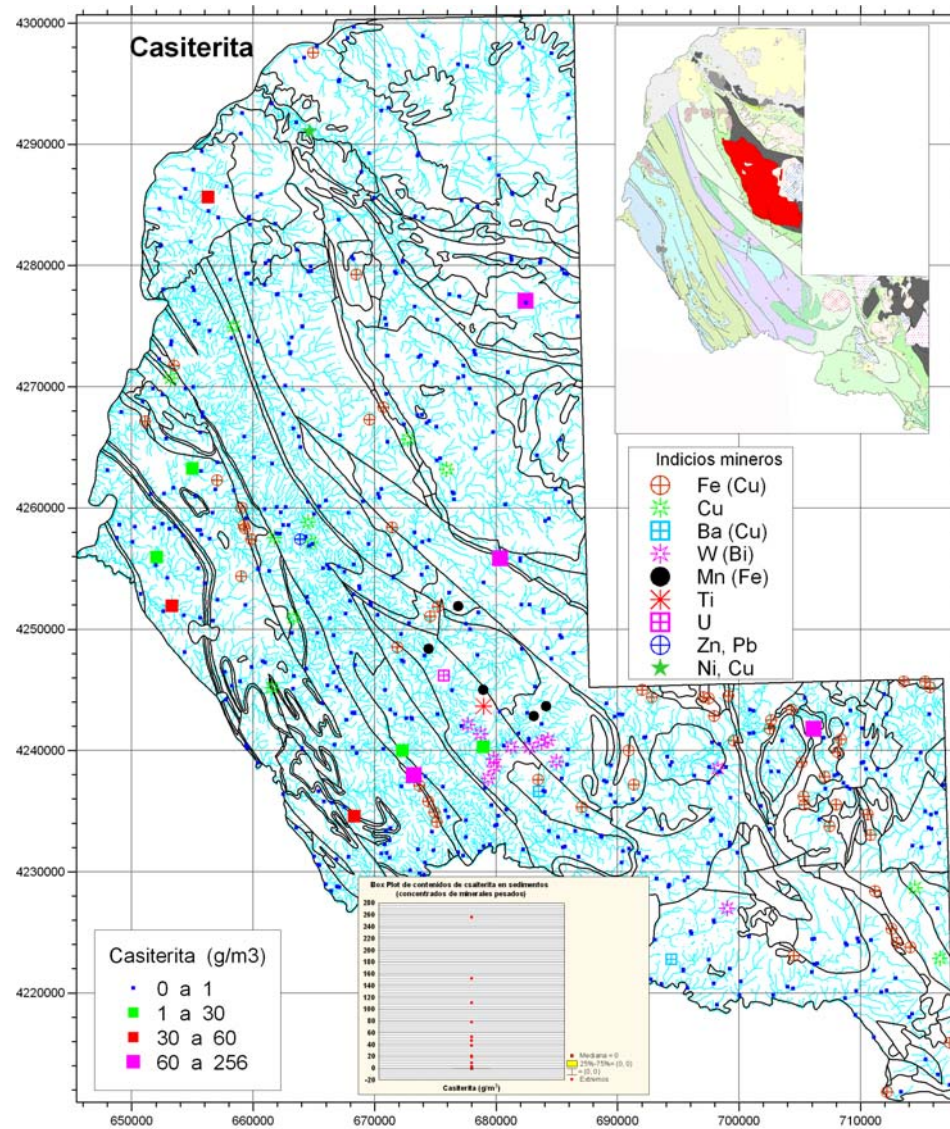


Figura 7.50. Distribución de anomalías mineralométricas de Casiterita
Concentrados de minerales pesados.

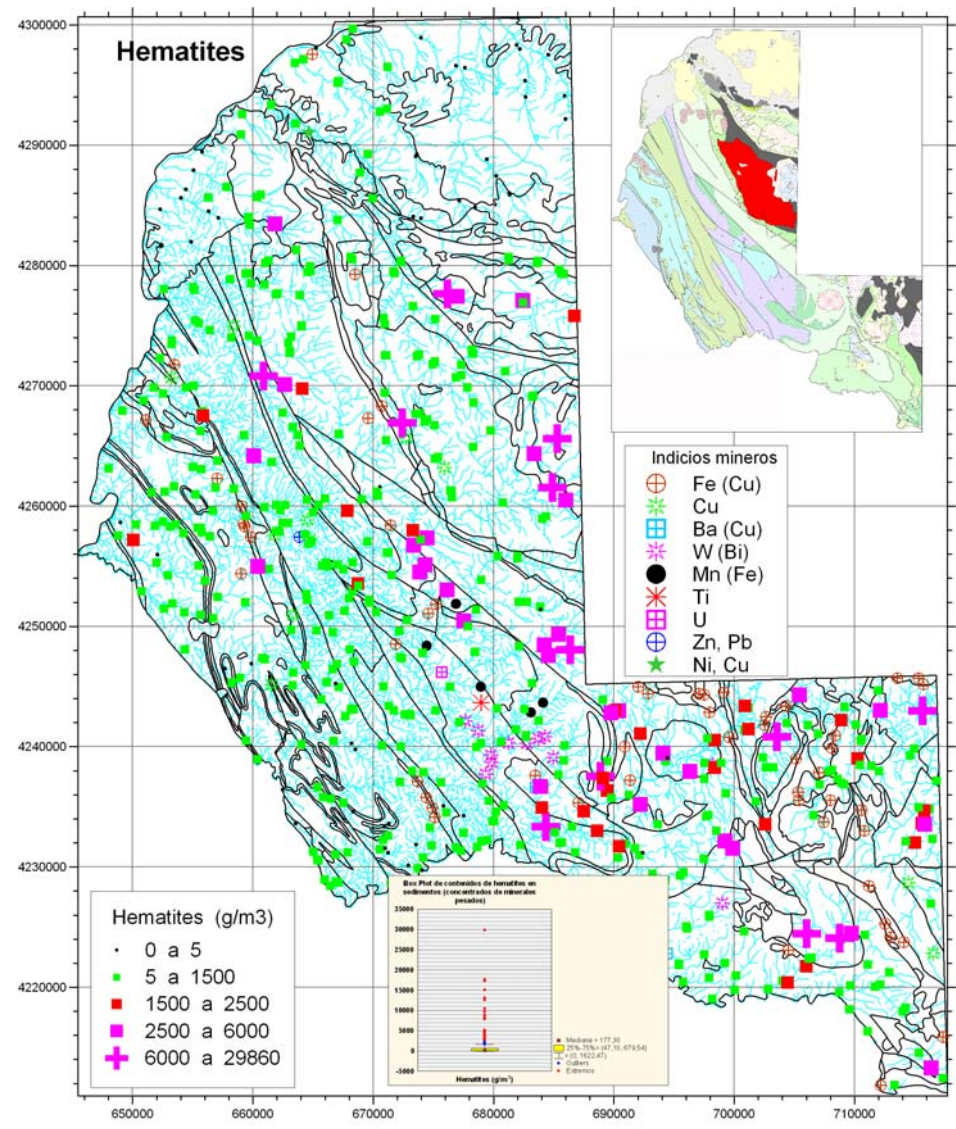


Figura 7.62. Distribución de anomalías mineralométricas de Hematites.
Concentrados de minerales pesados.

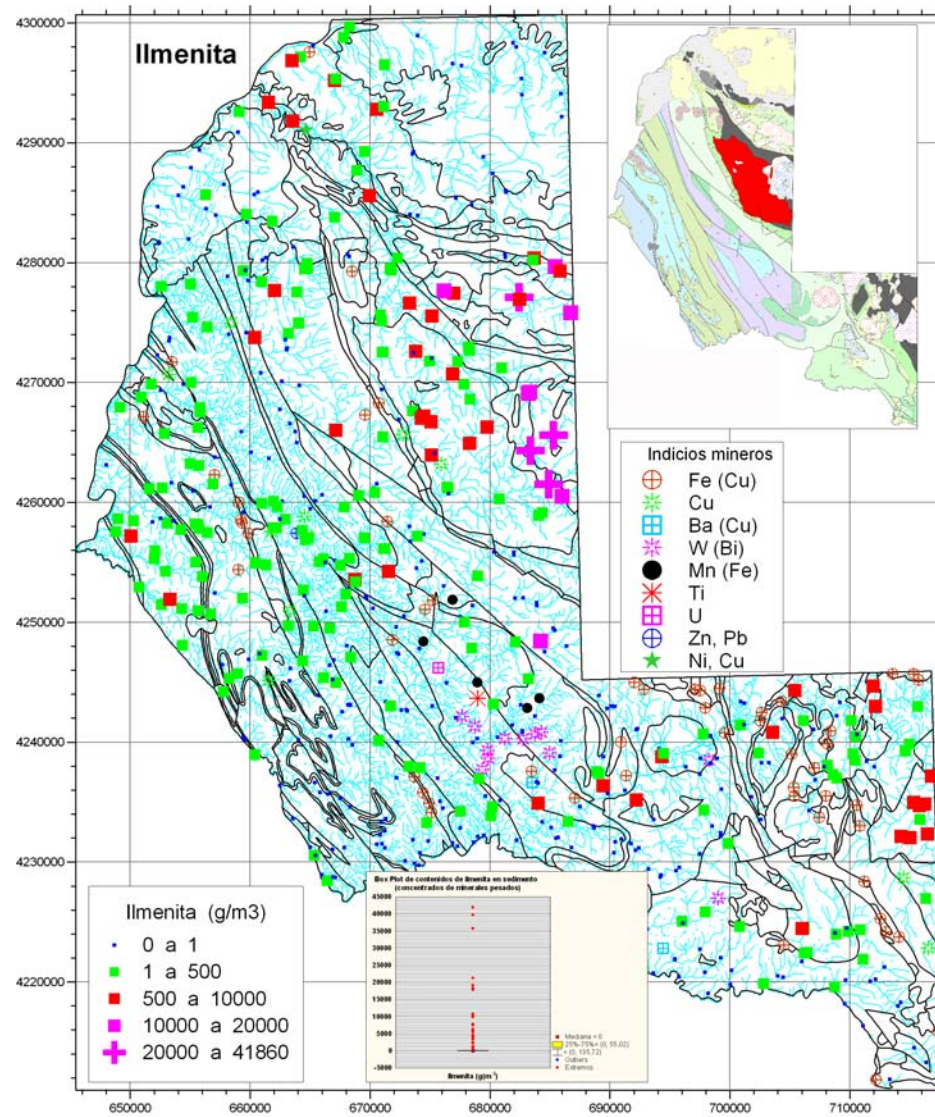


Figura 7.64. Distribución de anomalías mineralométricas de Ilmenita. Concentrados de minerales pesados.

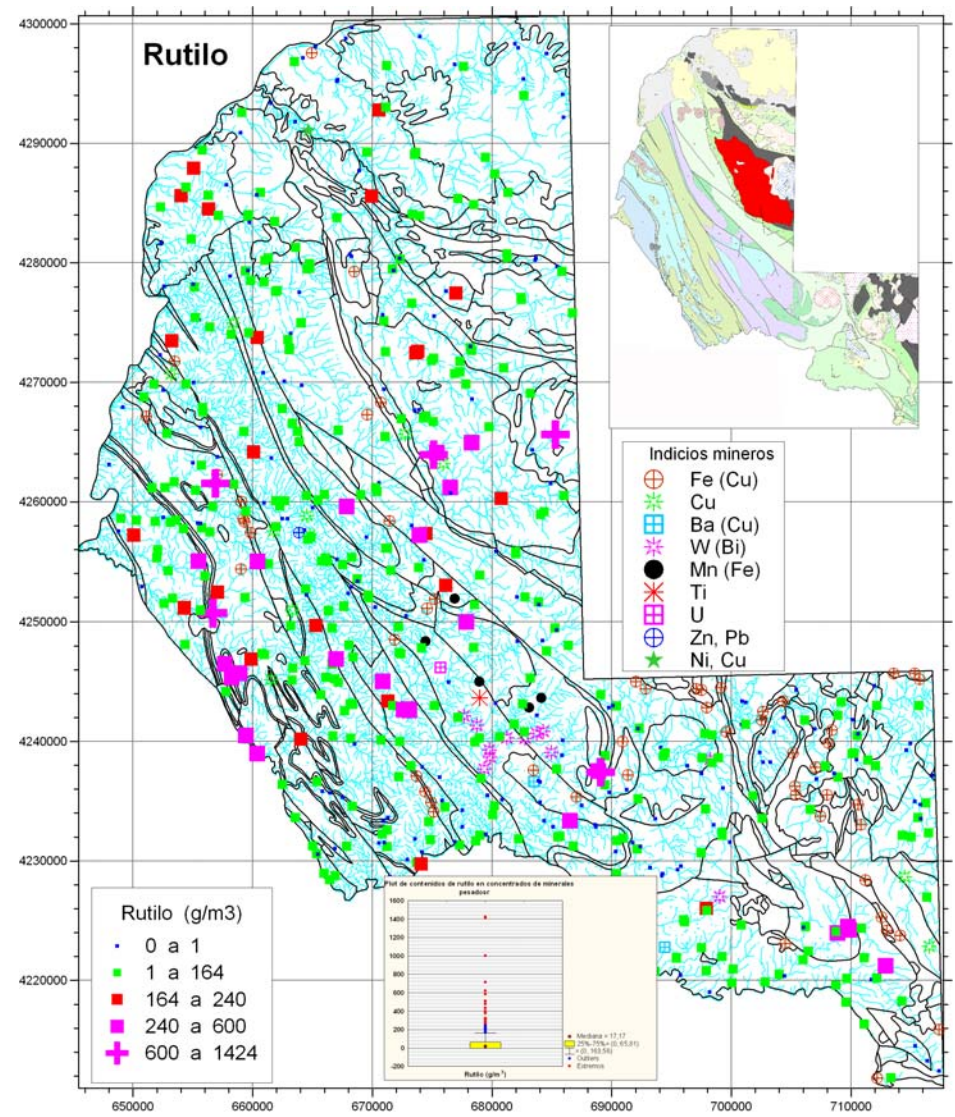


Figura 7.73. Distribución de anomalías mineralométricas de Rutilo. Concentrados de minerales pesados.

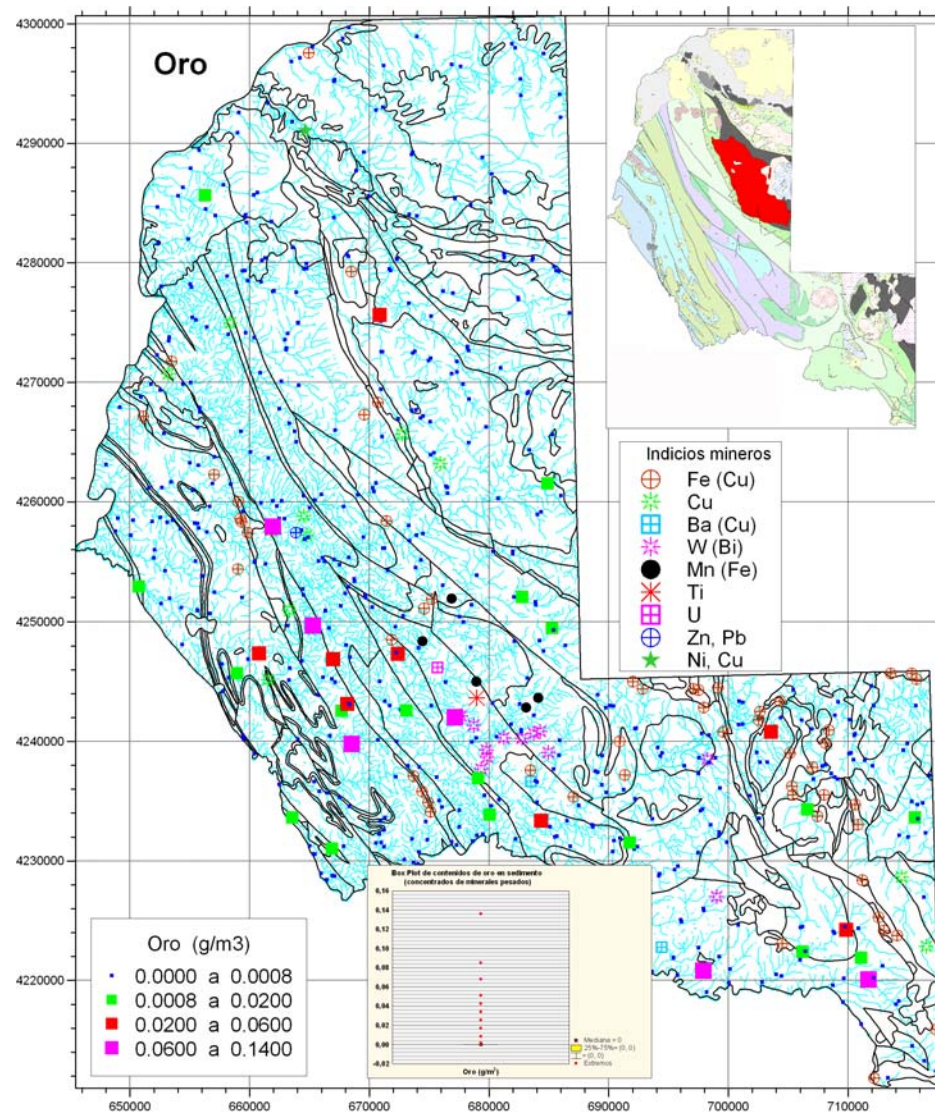


Figura 7.70. Distribución de anomalías mineralométricas de Oro.
Concentrados de minerales pesados.

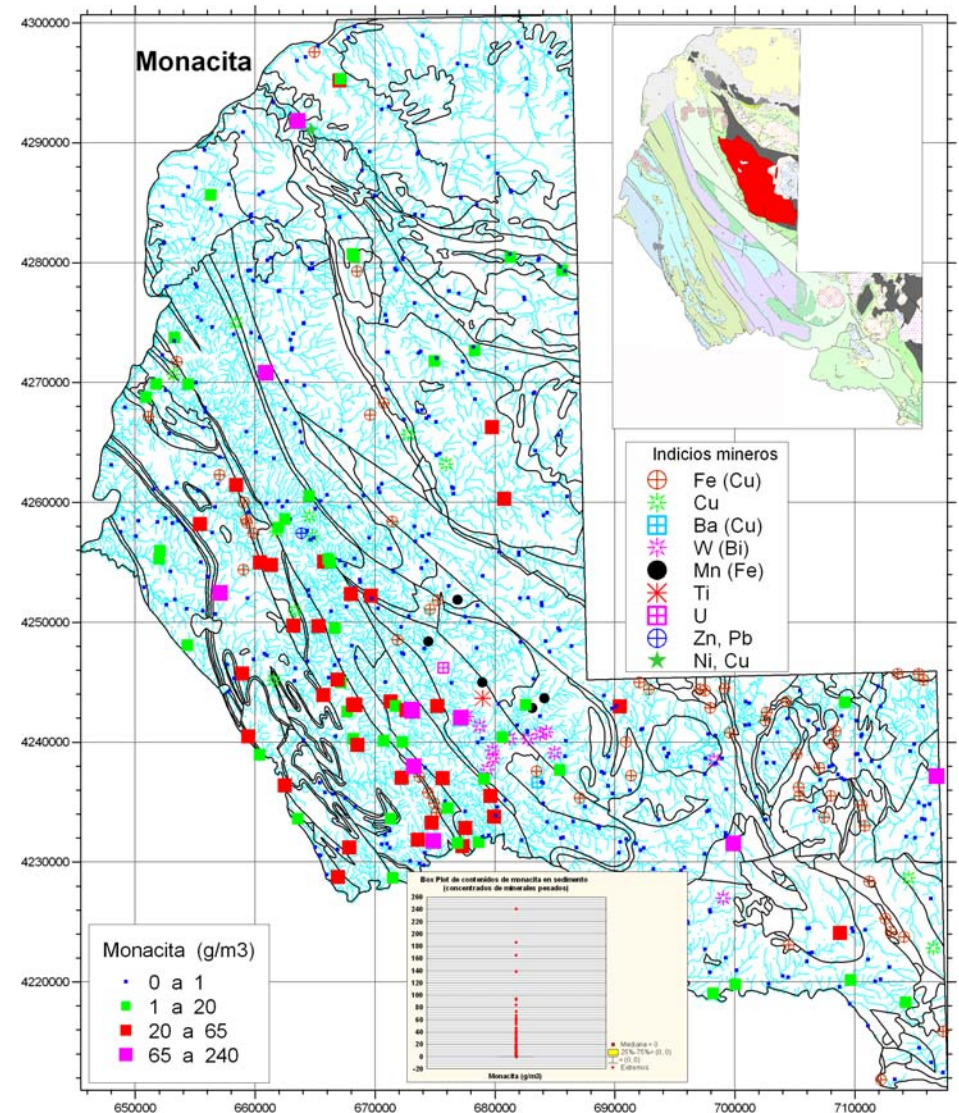


Figura 7.68. Distribución de anomalías mineralométricas de Monacita.
Concentrados de minerales pesados.

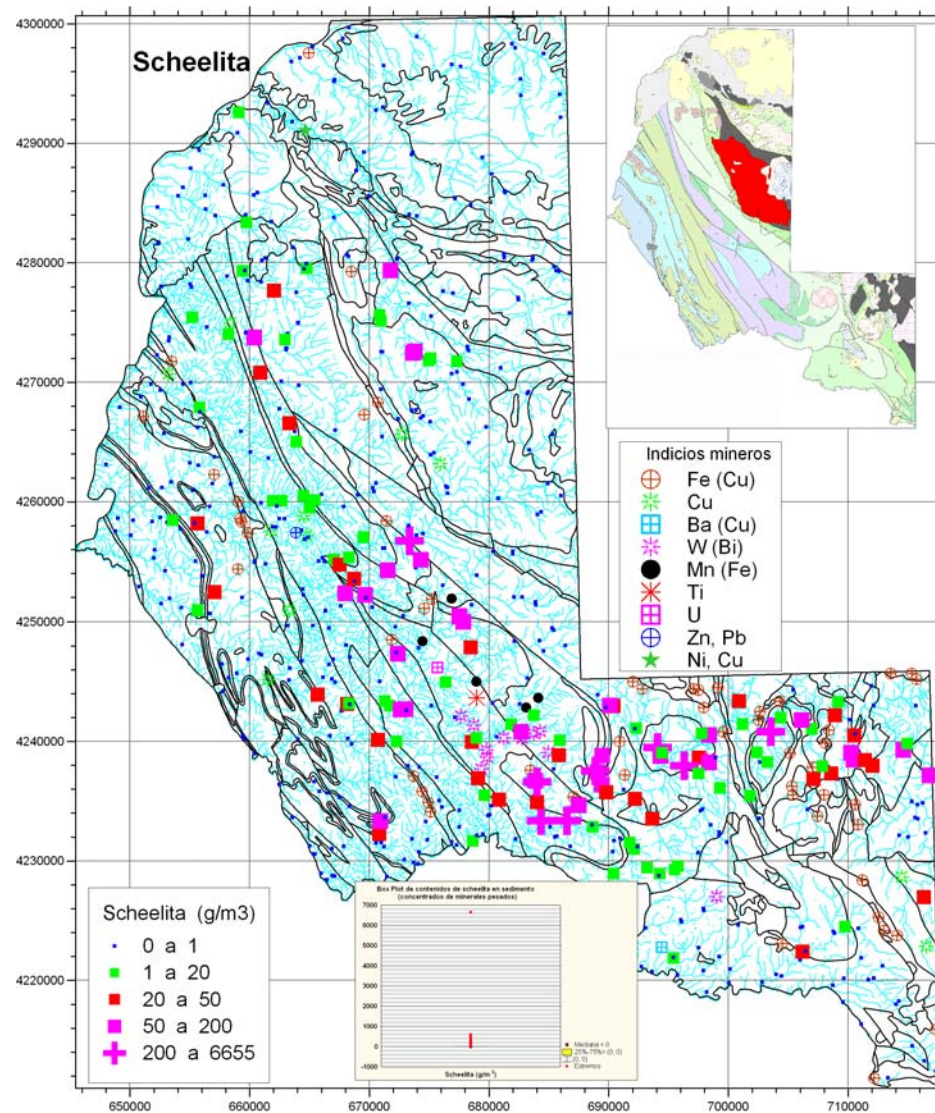


Figura 7.74. Distribución de anomalías mineralométricas de Scheelita. Concentrados de minerales pesados.

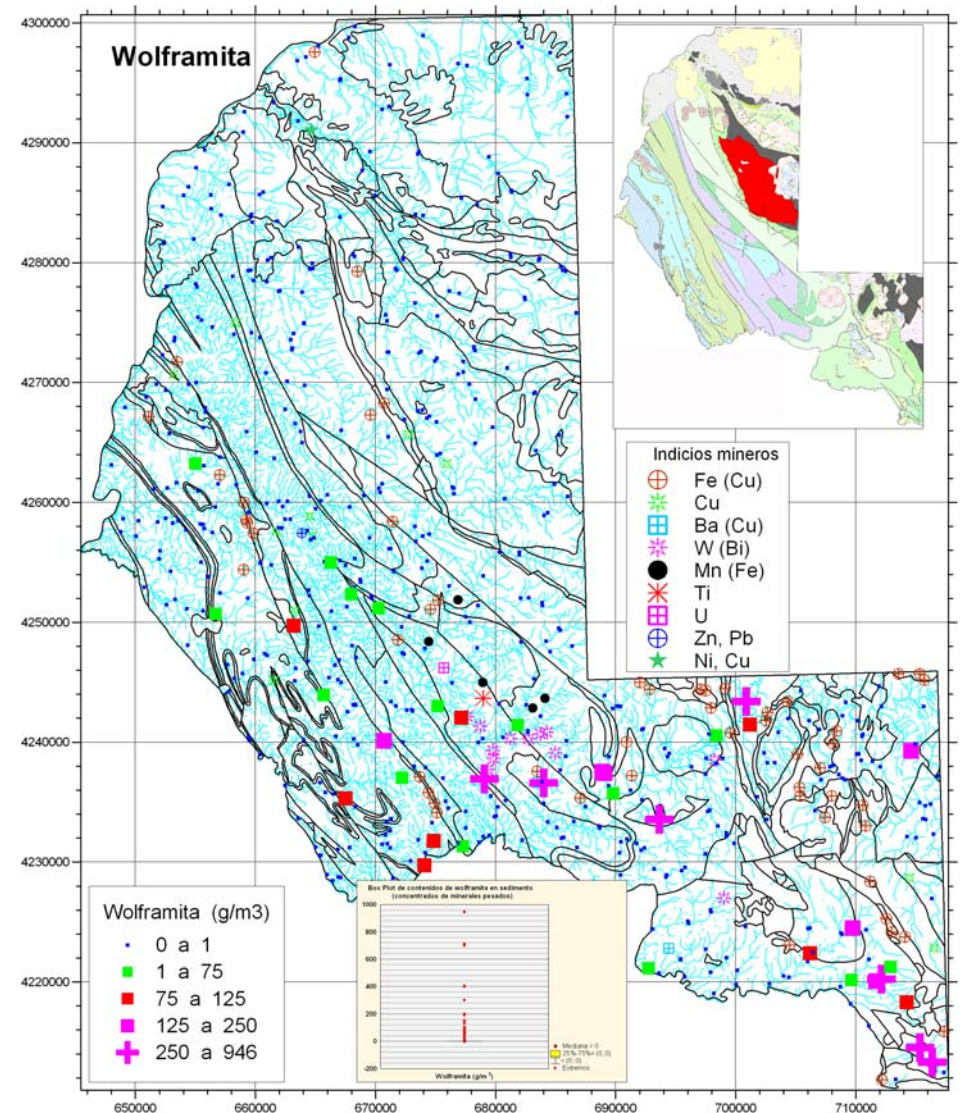


Figura 7.77. Distribución de anomalías mineralométricas de Wolframita. Concentrados de minerales pesados.

7.5.- ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS CONCENTRADOS DE MINERALES PESADOS

Una vez estudiados los concentrados de minerales pesados con la lupa binocular, se han enviado a los laboratorios analíticos para su análisis químico total. Las muestras no han sido molidas, sino que han sido analizadas para **38 elementos químicos** a partir de la granulometría original de los concentrados (< 2 mm para la mayor parte de los granos) por medio de dos técnicas analíticas.

Por **activación neutrónica (INAA)**, se han determinado las concentraciones de 30 elementos: As, Au, Ba, Br, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Hg, Ir, La, Lu, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, U, W, Yb.

Por **espectrometría de emisión en plasma con acoplamiento inducido (ICP-AES) y tras digestión ácida con agua regia**, se han determinado las concentraciones de 8 elementos: Ag, Cd, Cu, Mn, Mo, Ni, S, Zn.

Hay que señalar que de los 38 elementos determinados, en dos, el **Ir** (con límite inferior de detección igual a 50 µg/kg) y el **Se** (L.I.D. igual a 20 mg/kg) no se ha hallado ningún valor superior al L.I.D. (variabilidad nula), y en otro, el **Hg** (con L.I.D. de 5 mg/kg) sólo se ha encontrado un valor superior a él, de 78 mg/kg) en la muestra 6849. Por lo tanto Ir y Se, por su variabilidad nula han quedado eliminados de posteriores tratamientos.

Los resultados del análisis se encuentran en el Anexo. En él también pueden verse los límites de detección de los diferentes elementos.

El objetivo del análisis de concentrados de minerales pesados es complementario al de su estudio con lupa binocular. Este último suministra una valiosa información mineralógica y permite conocer y cuantificar la existencia de minerales específicos de mineralización. El estudio mineralométrico tiene, sin embargo, una limitación. Determinados minerales, normalmente escasos, pueden estar encapsulados en otros minerales más abundantes, como es, por ejemplo, el caso del oro incluido en cuarzo, de partículas finas de oro englobadas por óxidos de hierro, o de oro en la red cristalina de otros minerales pesados (oro en pirita). En estos casos, el estudio con lupa no detecta la presencia de ese importante elemento. Otro tanto puede ocurrir con otros elementos comunes y típicos de mineralización, incluidos o adsorbidos en óxidos o hidróxidos de Fe y de Mn.. Por ello, es conveniente conjugar estas dos aproximaciones al estudio de los minerales pesados.

Las 535 muestras de concentrados de minerales pesados han sido, tras su estudio con lupa binocular enviados a los laboratorios de análisis químico (ACTIABS) para la determinación de 43 elementos por técnicas de INAA e ICP-AES. Esta determinación se ha realizado sobre la granulometría original del concentrado, sin molienda previa. De la gama de elementos analizados, algunos (Ir, Se) tienen límites de detección demasiado elevados por lo que la totalidad de las muestras han proporcionado valores inferiores al L.D.I. y no han sido tenidas en cuenta en los tratamientos posteriores.

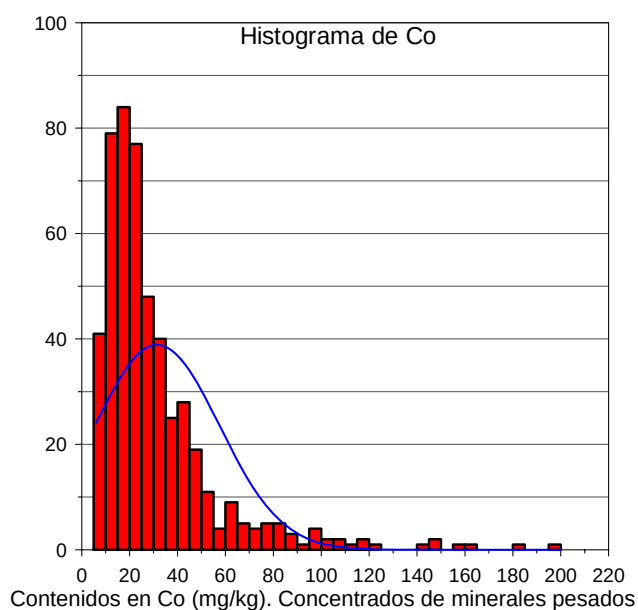
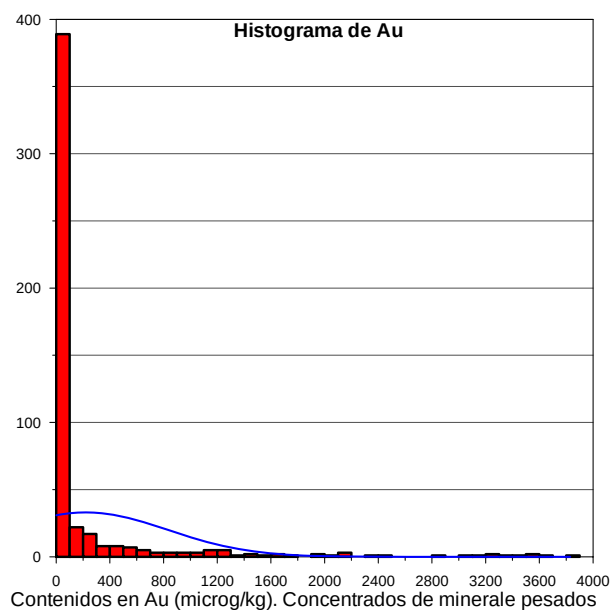
7.5.1.- Estudio estadístico univariante.

Con los resultados analíticos de los concentrados de minerales pesados se han efectuado tratamientos estadísticos elementales (parámetros estadísticos elementales, histogramas, boxplots). Éstos últimos aparecen incluidos en los mapas de representación de las distribuciones espaciales. Los parámetros estadísticos elementales aparecen en la tabla 7.1, los histogramas en las figuras 7.79 a 7.118. Los diagramas de cajas o boxplots de los diferentes elementos dan lugar a las figuras 7.119 a 7.152.

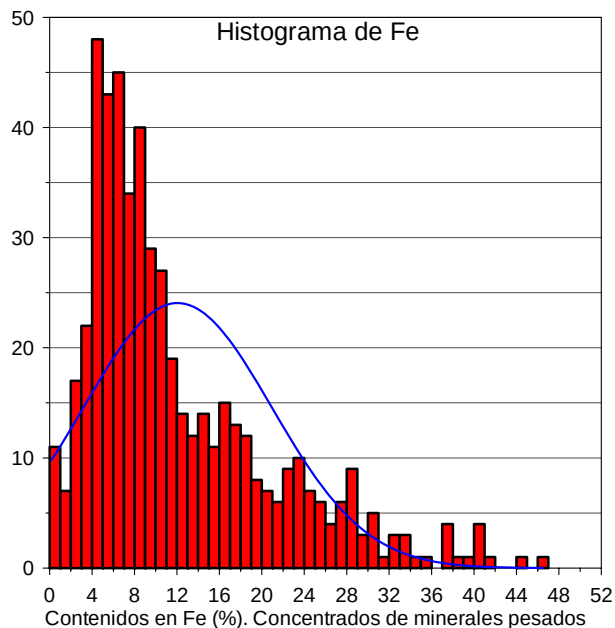
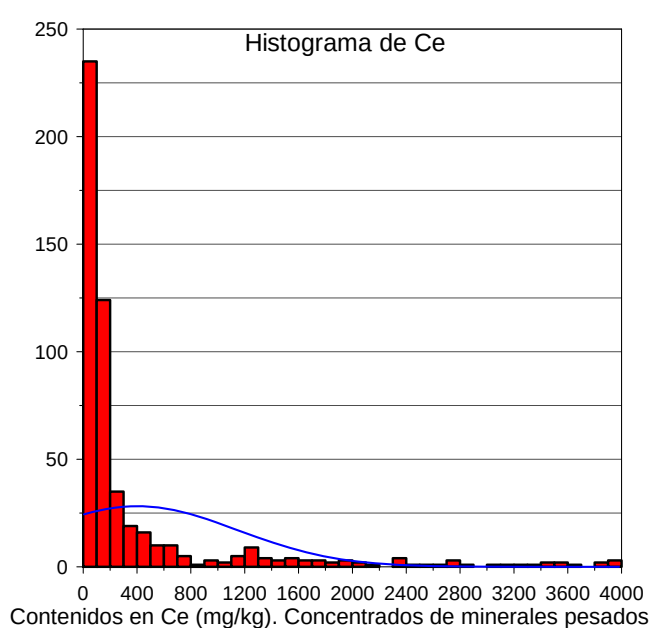
7.5.1.1.- Histogramas

Pueden observarse en los histogramas realizados (figuras 7.79 a 7.118) varios rasgos. La mayor parte de ellos tienen una fuerte asimetría, con una tendencia (s.l.) a distribuciones de tipo lognormal, y algunos presentan asimismo rasgos de polimodalidad (entre los más acusados, Ta, Lu, Hf, Eu, Fe, Ba). Destacan también algunos elementos con fuerte capacidad de concentración en los minerales pesados, que presentan concentraciones mucho más altas en este tipo de muestras que en los sedimentos, como es el caso de las

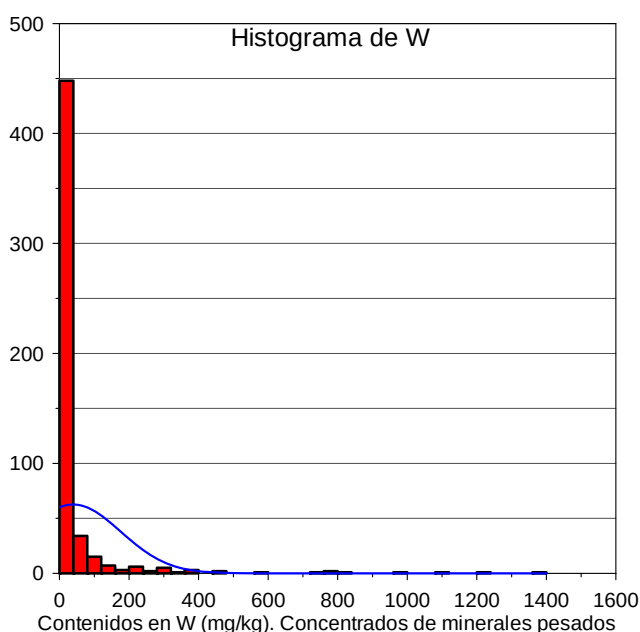
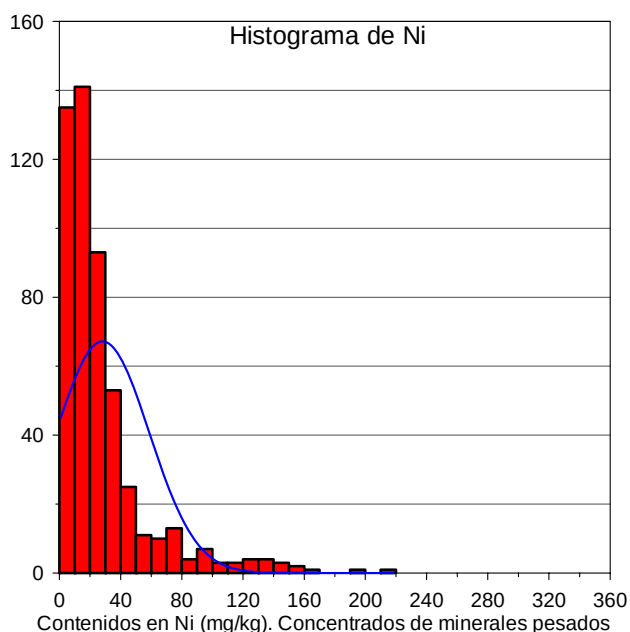
Tierras Raras, Br, Fe, Ni, Co, W, mientras que otros presentan valores máximos del mismo orden en ambos tipos de muestras (Cu, Pb y Zn).



Figuras 7.81 y 7.87. Histogramas de Au y Co en los concentrados de minerales pesados.



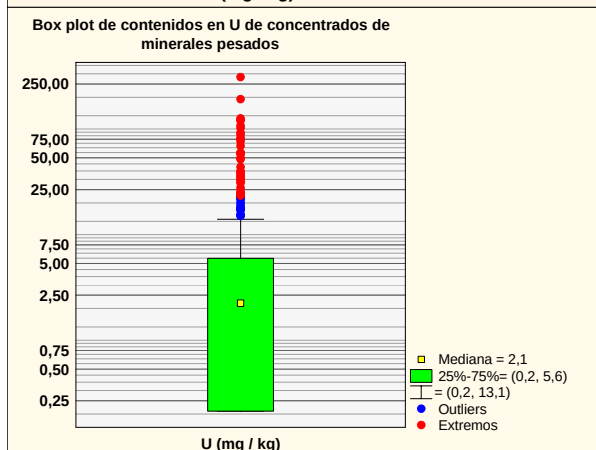
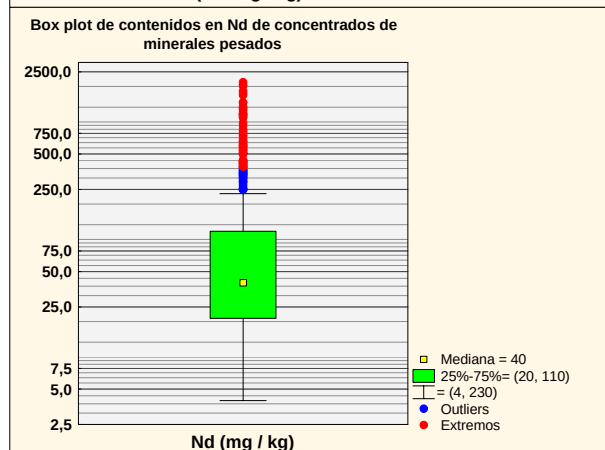
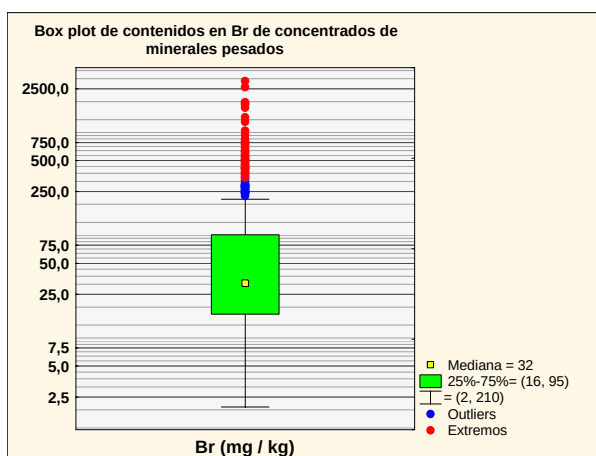
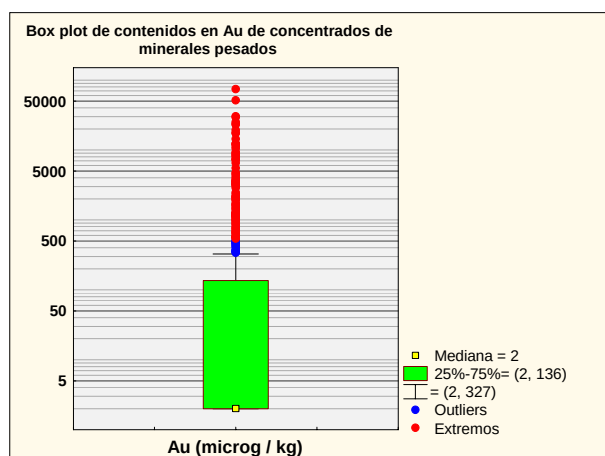
Figuras 7.86 y 7.92, mostrando los histogramas de Ce y Fe.

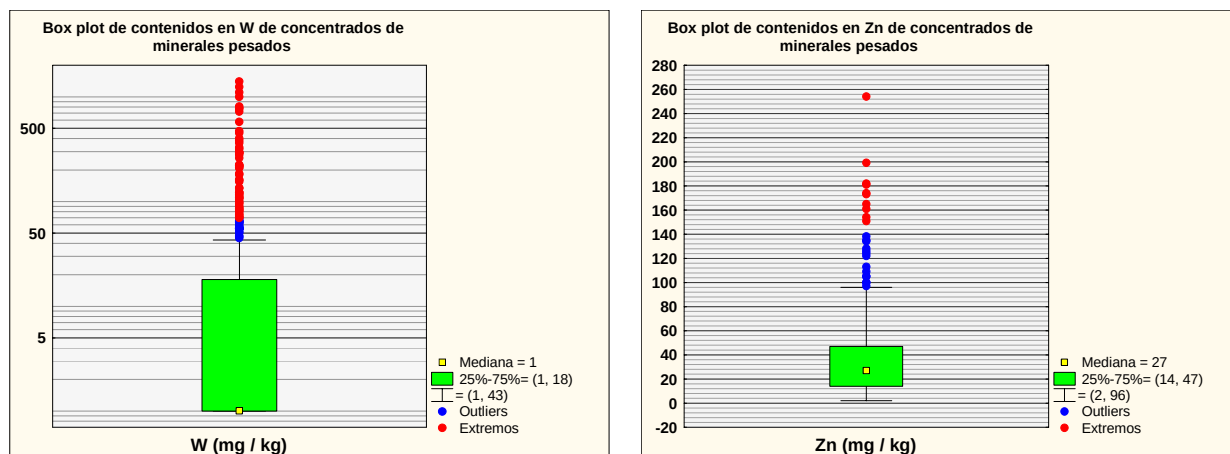


Figuras 7.105 y 7.116 mostrando los histogramas de Ni y W

7.5.1.2.- Diagramas de cajas (Box Plots)

En las figuras 7.119 a 7.152, en las que aparecen los box plots de los contenidos elementales en los concentrados, pueden confirmarse algunos de estos rasgos observados en los histogramas, como asimetría, rango de variación, pero además se puede apreciar el gran número de valores atípicos (outliers y extremos) de la mayoría de las distribuciones.





Figuras 7.121 (Au), 7.123 (Br), 7.138 (Nd), 7.149 (U), 7.151 (W), 7.152 (Zn), representando los respectivos box plots de contenidos químicos en concentrados de minerales pesados.

7.5.1.3.- Parámetros estadísticos descriptivos

En la tabla 7.1 se reflejan los principales parámetros estadísticos de las distribuciones de los diferentes elementos analizados. Puede observarse, tanto en la tabla de parámetros estadísticos como en los histogramas y en los boxplots, la extrema variabilidad de los datos analíticos de los concentrados de minerales pesados. Prácticamente la totalidad de los elementos analizados tienen coeficientes de variación superiores a 1 y algunos los tienen sensiblemente mayores (Ag, Au, Ba, Pb, S, U, W, Ce, La). Destaca también el amplio rango de variación del Fe, con valores máximos en los concentrados de 46,50%, muy diferente del que muestra en sedimentos (13%).

	N	Media	Media Geom.	Mediana	Mínimo	Máximo	Varianza	Desv.Stdt.	Asimetría	Kurtosis	Coef.Var.
Ag	535	0,294	0,11	0,100	0,100	45,80	6,06	2,46	15,32	251,87	8,38
As	535	39,036	19,17	20,000	1,000	676,00	2995,96	54,74	4,59	38,24	1,40
Au	535	1104,925	17,69	2,000	2,000	74100,00	25717042,04	5071,20	9,01	103,89	4,59
Ba	535	445,421	160,58	100,000	100,000	73800,00	12271809,51	3503,11	18,72	374,30	7,86
Br	535	115,897	37,25	32,000	2,000	2970,00	73735,68	271,54	5,93	45,36	2,34
Ca	535	0,883	0,62	0,500	0,500	14,00	1,72	1,31	4,39	25,45	1,49
Cd	535	0,324	0,26	0,200	0,200	1,70	0,08	0,28	2,34	4,70	0,88
Ce	535	495,964	157,62	114,000	6,000	8530,00	1066143,06	1032,54	3,73	16,63	2,08
Co	535	35,314	26,82	25,000	6,000	224,00	941,09	30,68	2,26	6,46	0,87
Cr	535	113,682	85,70	90,000	5,000	850,00	9227,15	96,06	3,02	13,68	0,84
Cs	535	1,602	1,28	1,000	1,000	19,00	2,71	1,65	4,40	29,73	1,03
Cu	535	22,050	8,89	11,000	0,500	227,00	1082,45	32,90	2,90	9,91	1,49
Eu	535	5,821	2,21	2,000	0,100	92,10	130,75	11,43	4,20	21,12	1,96
Fe	535	12,070	9,12	9,010	0,190	46,50	78,83	8,88	1,30	1,33	0,74
Hf	535	21,037	9,21	10,000	0,500	866,00	2585,20	50,84	10,44	150,36	2,42
Hg	535	2,144	2,01	2,000	2,000	79,00	11,08	3,33	23,13	535,00	1,55
La	535	240,686	74,30	51,000	3,000	6640,00	297537,14	545,47	5,06	40,22	2,27
Lu	535	0,847	0,54	0,580	0,020	33,40	2,64	1,62	15,70	305,12	1,92
Mn	535	518,004	321,31	312,000	23,000	7880,00	511125,97	714,93	4,98	36,42	1,38
Mo	535	1,729	1,29	1,000	1,000	27,00	5,31	2,30	5,43	41,03	1,33
Na	535	0,536	0,40	0,420	0,020	2,78	0,19	0,43	1,80	3,82	0,81
Nd	535	146,060	44,81	40,000	4,000	2040,00	82279,97	286,84	3,62	15,13	1,96
Ni	535	27,122	15,20	19,000	0,500	218,00	925,93	30,43	2,58	8,23	1,12
Pb	535	25,913	10,57	10,000	0,500	1170,00	8565,14	92,55	10,26	117,05	3,57
Rb	535	34,065	29,52	25,000	25,000	220,00	704,84	26,55	3,44	13,28	0,78
S	535	0,010	0,01	0,005	0,005	1,08	0,00	0,05	21,42	480,16	4,86
Sb	535	3,222	1,70	2,200	0,010	48,00	14,83	3,85	4,96	41,46	1,20
Sc	535	11,119	9,44	9,600	0,400	49,70	44,09	6,64	1,97	6,02	0,60
Se	535	10,000	10,00	10,000	10,000	10,00	0,00	0,00			0,00
Sm	535	29,452	11,19	8,200	0,600	453,00	3603,80	60,03	4,05	19,21	2,04
Sr	535	0,101	0,10	0,100	0,100	0,30	0,00	0,01	13,28	174,98	0,15
Ta	535	5,195	1,62	0,500	0,500	494,00	503,02	22,43	19,60	424,58	4,32
Tb	535	2,712	1,59	1,000	1,000	34,00	18,21	4,27	3,80	17,72	1,57
Th	535	31,968	13,64	11,000	0,200	1040,00	5602,66	74,85	7,76	82,06	2,34
U	535	7,133	1,33	2,100	0,200	290,00	427,37	20,67	7,61	79,90	2,90
W	535	39,477	3,53	1,000	1,000	1400,00	18647,61	136,56	6,27	46,04	3,46
Yb	535	5,796	3,90	3,700	0,100	218,00	117,33	10,83	14,99	280,61	1,87
Zn	535	35,252	24,99	27,000	2,000	254,00	1009,43	31,77	2,48	9,11	0,90

Tabla 7.1. Parámetros estadísticos básicos de los contenidos en elementos químicos de los concentrados de minerales pesados

7.5.2.- Estudio gráfico univariante

Se han elaborado dos tipos diferentes de mapas para plasmar la información geoquímica aportada por los análisis de concentrados de minerales pesados. Para cada elemento analizado se ha preparado un mapa de contornos con el fin de conocer la distribución espacial del elemento, basado en una escala de valores según los tramos de percentiles utilizados en los mapas de distribución espacial de los sedimentos (0-10%, 10-25%, 25-50%, 50-75%, 75-90%, 90-95%, 95-100%) y a partir del mismo método de mallado, variando únicamente el radio de búsqueda debido a la menor densidad de muestras (6.000 m). Ello da lugar a mapas de menor resolución pero indicadores de tendencias de distribución y que, con las reservas evidentes, pueden ser comparados a los de sedimentos.

Se han elaborado también mapas de anomalías a partir de los contenidos en los concentrados determinando umbrales de anomalía para el conjunto de muestras, pues una partición no sería viable dado el número total de muestras, mucho más reducido. Los mapas realizados, tanto de distribución espacial como de anomalías se representan en las figuras 7.153 a y b, a 7.185 a y b.

Los objetivos perseguidos son, por una parte, la comparación de la información geoquímica suministrada por los diferentes medios de muestreo y metodologías utilizadas y, por otra, la determinación de anomalías a partir de los análisis de concentrados de minerales pesados que pueden ayudar a valorar a las ya definidas gracias a la geoquímica de sedimentos y a la mineralometría.

Puede observarse en ellos que aportan una información muy rica, confirmando o matizando, en el caso de elementos con significación litológica, los rasgos ya manifestados en el estudio geoquímico de sedimentos. Permiten, asimismo, hacer una comparación y con el estudio mineralométrico y hacer una sinergia entre los dos métodos de tratamiento de ese medio de muestreo. En el caso de muchos elementos, puede sustentar y confirmar las tendencias de distribución ya manifestadas en los sedimentos de corriente. En el caso de los elementos de carácter metalogénico, permiten apoyar o ampliar la información sobre el sentido de muchas de las anomalías.

La **plata** (figura 7.153) define bien tres zonas anómalas que la mineralometría no ha detectado y que se vislumbran en el estudio de geoquímica de sedimentos (figuras 6.290 a y b), aunque no coincide el orden de importancia. Las zonas definidas en la geoquímica de concentrados se sitúan en la Fm. Barrancos (zona de pliegues en Silúrico), en el granito de La Bazana, en el granito de Valencia del Ventoso, en la Fm. Esquistos de Jerez (en proximidad a la población del mismo nombre), más al NO, en el pez tectónico C.V.S dentro de los Esquistos de Jerez, zona de Alconchel, en la Serie Negra cerca del borde Sur del intrusivo de Barcarrota, y finalmente en un pequeño afloramiento de Fm. Carbonatada y en proximidad a un indicio de Fe, al N de Villanueva del Fresno.

El **arsénico** (figuras 7.154 a y b) se manifiesta en forma anómala fundamentalmente en dos áreas, situadas en la Fm. Barrancos y en la Fm. Xistos Raiados. Los valores elevados en la Fm. Xistos Raiados se localizan cerca de afloramientos de Silúrico, pareciendo estar controlados aparentemente por la proximidad a éstos, que se produce en dos áreas, una al SE (Valencia del Mombuey) y otra en la zona central (al S de Cheles). La anomalía de la zona al SE de Cheles parece prolongarse en dirección SO-NE dentro de la Fm. Barrancos, en proximidad a dos indicios de Cu y uno de Fe. Ambas áreas se manifiestan con valores elevados en los sedimentos (figura 6.292 a y b). La mineralometría no aporta ninguna información suplementaria al no haberse encontrado indicios de arsenopirita o de otros minerales específicamente arsenicales.

El **oro** (figura 7.154-2 b) muestra coherencia en su forma de manifestarse en todos los medios de muestreo utilizados, aunque, como es lógico, presenta algunas pequeñas diferencias entre ellos. Puede verse en la figura (7.186) una síntesis de los mapas de distribución del Au en sedimentos, de las anomalías de Au en sedimentos, de las anomalías de oro mineralométricas y de las anomalías de Au en los concentrados de minerales pesados. Se aprecia que las principales áreas anómalas se reflejan en todas ellas, aunque en algunos las anomalías son más amplias o dan una información más precisa acerca de su geometría o de su posible continuidad o prolongación en alguna dirección.

La primera comparación, entre anomalías mineralométricas y anomalías geoquímicas en concentrados, indica que se identifican prácticamente las mismas zonas anómalas en los dos casos, aunque con mayor definición en la geoquímica de concentrados. Cada área anómala de cierta importancia es detectada a lo sumo por una a cuatro muestras mientras que en los concentrados se amplía el número y, por lo tanto, la definición de la geometría. alguna de las anomalías detectadas por la geoquímica de concentrados no lo ha sido, sin embargo, por la mineralometría (anomalías de los granitos de La Bazana, de Valencia del Ventoso o del granito de Táliga; anomalía en la zona NO del afloramiento de la Fm. Esquistos de Jerez). Algunas de estas anomalías, no detectadas por la mineralometría si que se manifiestan en forma indicativa en la geoquímica de sedimentos).

Las áreas anómalas en Au más significativas son las siguientes:

- la anomalía que con orientación O-E ocupa un área amplia entre la F. Xistos Raiados en la zona de pliegues del Silúrico, Fm. Barrancos, Fm. Fatuquedo, Fm. Esquistos de Jerez (pasando por el grito subaflorante al ONO de Oliva y el campo filoniano de W-Bi). Se manifiesta bien tanto en mineralometría como por vía geoquímica. Se localiza en la zona de Villanueva del Fresno.

- Una anomalía en la Fm. Barrancos, situada unos 10 km al NO de la anterior, en las proximidades de Alconchel, con desigual expresión en la mineralometría y en la geoquímica. En la geoquímica, incluida la de sedimentos de corriente, parece definirse una orientación N60°-70° E, desde un klippe de Fm. Carbonatada al SE de Cheles, que coincide con alguna de las discontinuidades observadas anteriormente y con la disposición de anomalías de otras sustancias, por lo que podría ser una zona favorable y prospectiva.

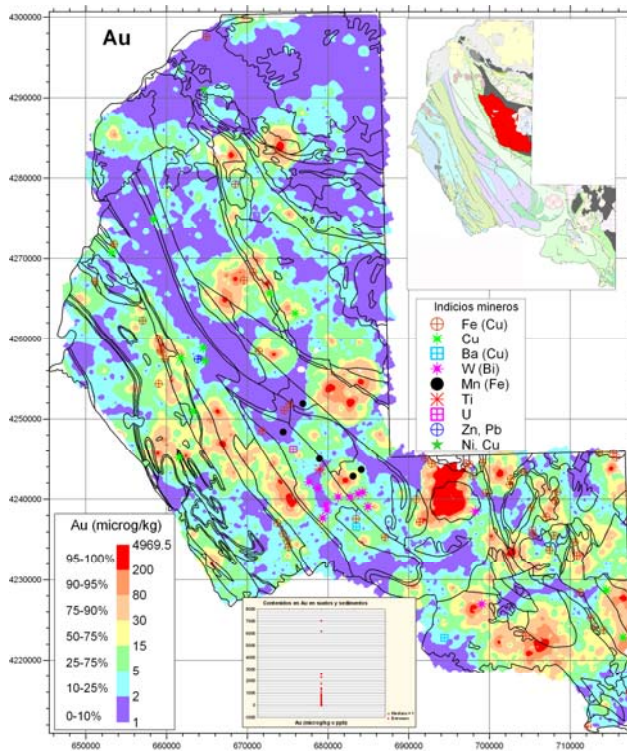


Figura 6.293 b. Mapa de contornos representando la distribución de los contenidos en Au de sedimentos y suelos

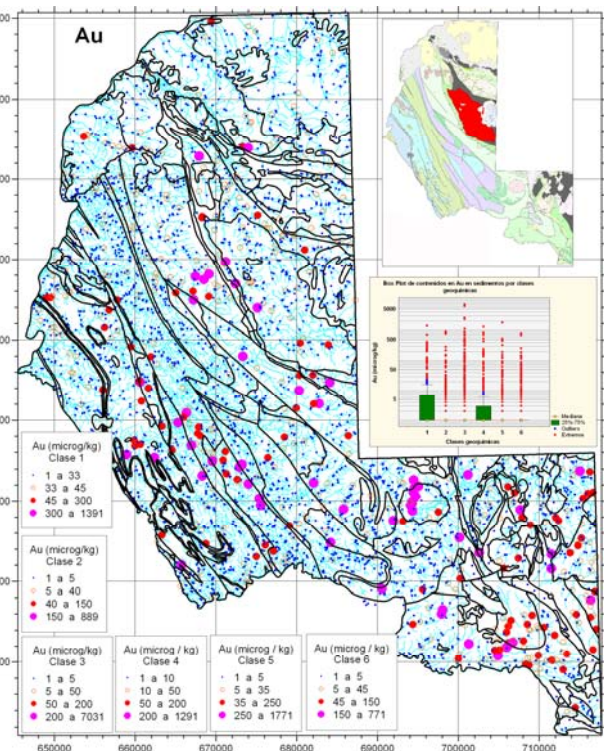


Figura 6.505. Mapa de anomalías de Au en sedimentos y suelos por clases geoquímicas

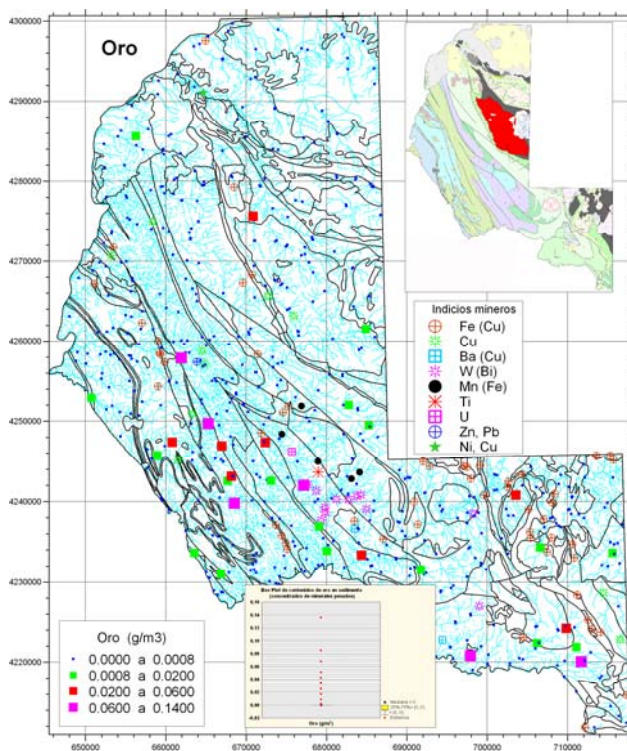


Figura 7.70. Distribución de anomalías mineralométricas de Oro. Concentrados de minerales pesados.

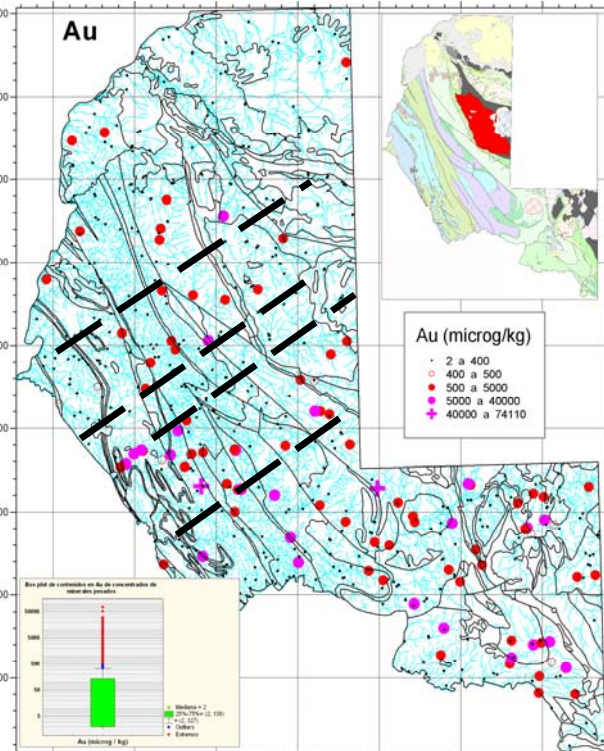


Figura 7.154 -2 b. Mapa de anomalías de Au en los concentrados de minerales pesados

Figura 7.186. Mapas de distribución del Au en sedimentos, de anomalías geoquímicas en sedimentos, de anomalías mineralométricas y de anomalías geoquímicas en concentrados de minerales pesados.

- Una anomalía localizada en el C.V.S., de segundo orden aunque con un valor de cerca de 4 mg/kg (4 g/t de Au), en el afloramiento de C.V.S. al O de la Bazana.
- Una anomalía en el granito de la Bazana y parte de su encajante, con alguna anomalía puntual superior a 0,5 mg/kg (5.000 µg/kg)
- Una anomalía puntual en el granito de Brovales (> 5.000 µg/kg)
- Varios puntos anómalos muy agrupados y cohesionados en la Serie Negra, al E de La Bazana
- Dos puntos anómalos en el granito de Valencia del Ventoso (> 500 µg/kg).
- Varios puntos anómalos en el drenaje de la mineralización de Fe de Alconchel, prolongándose hasta el pez tectónico de C.V.S. y la Fm. Esquistos de Jerez.
- Varias anomalías muy consistentes y cohesionadas en la Fm. Esquistos de Jerez y situadas al SE de Higuera de Vargas, cerca del contacto con la Fm. Bodonal y la Fm. Carbonatada al SO del granito de Táliga.
- Varios puntos anómalos bastantes cohesionados y con valores superiores a 500 µg/kg (varios mayores de 5.000 µg/kg) en el cierre periclinal de la Fm. Esquistos de Jerez, en la esquina SO. La anomalía trasciende de esta unidad y se extiende por la Serie Detrítica Superior, con valores asimismo superiores a 5.000 ppb)-
- Un punto aislado, pero con más de 5.000 ppb de Au y coincidente con anomalía mineralométrica, en la Serie Negra y en proximidad al extremo NO del granito de Táliga.

Una hipótesis de trabajo, basada en múltiples hechos de observación de las diferentes representaciones de las distribuciones espaciales, insiste en el control lineamentario que muestran las de varios elementos de mineralización. En el caso del Au, se definen dos bandas muy próximas, de dirección N60°E, que concentran a gran parte de las anomalías y que coinciden, en mayor o menor medida con las que se pueden observar para otros elementos (Fe, Te, Cu, etc.).

El **Bario** (figura 7.55) presenta escasas anomalías, tanto geoquímicas como mineralométricas. Destaca una de ellas, aislada, pero de primer orden y en la que coincide un alto valor mineralométrico con uno geoquímico, en un afloramiento de Fm. Carbonatada al NO del granitoide de Táliga. Algunas otras anomalías (tanto mineralométricas como geoquímicas, aunque aisladas) aparecen en la banda N60°E que va del klippe de Fm. Carbonatada al SE de Cheles hasta el área mineralizada de Alconchel).

El **Cadmio** (figura 7.57), muestra numerosas anomalías en la geoquímica de concentrados, que ni en número ni ubicación se corresponden con las escasas manifestaciones en la mineralometría del principal mineral acarreador de Cd, la esfalerita. Las anomalías se concentran en el sector SE de la zona, y aparecen en agrupaciones de puntos muy cohesionados. Destacan las zonas anómalas de La Bazana (único lugar en que hay coincidencia con una anomalía mineralométrica), del afloramiento de C.V.S. al O del granito anterior, en el granito de Valencia del Ventoso, en la Serie Negra y en la Serie Detrítica Superior. Algún valor anómalo aislado se presenta también en la Fm. Barrancos, en la Fm. Fatuquedo y en los Esquistos de Jerez. La anomalía cercana al kippe de Fm. Carbonatada al SE de Cheles (en la Fm. Barrancos) se localiza cerca de indicios de Zn-Pb y de Cu.

El **Cromo** (figura 7.160) se presenta en algunas anomalías aisladas y sin valores demasiado elevados (< 1.000 mg/kg), generalmente, en rocas intrusivas de carácter ácido a intermedio, como en La Bzana, Valencia del Ventoso y, sobre todo, en Táliga). También lo hace en algunos puntos de la Fm. Xistos Raiados, de la Fm. Barrancos y de la Fm. Esquistos de Jerez, pero siempre en concentraciones comprendidas entre 500 y 1.000 mg/kg. Todas estas unidades, sobre todo la primera, ya quedaron identificadas por sus fondos elevados en este elemento.

El **Cobre** (figura 7.162) da lugar a un número escaso de anomalías significativas. Los valores fijados para la definición de las anomalías de orden superior son relativamente bajos (159 < <227 mg/kg) y del mismo orden que los máximos de los sedimentos (244 mg/kg). Los valores anómalos aparecen concentrados en la Fm. Xistos Raiados y en la Fm. Barrancos. Probablemente aparezcan asociados, además de a los mencionados materiales, a los esquistos carbonosos del Silúrico, normalmente ricos en metales, entre los cuales el Cu. Los indicios de Cu conocidos, por ejemplo, en la zona del Klippe de Fm. Carbonatada y en la Fm. barrancos, no dan respuesta positiva.

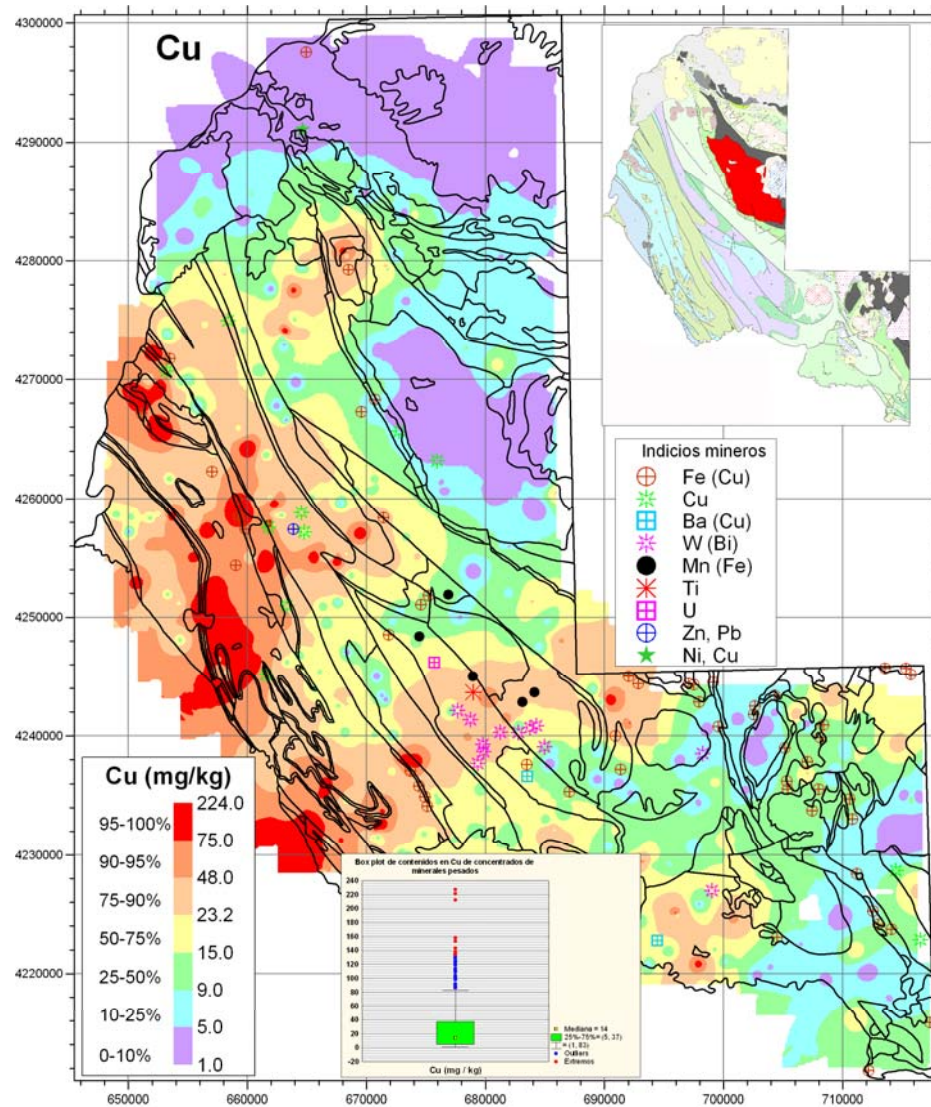


Figura 7.162 a. Mapa de contornos con la distribución de Cu en concentrados de minerales pesados

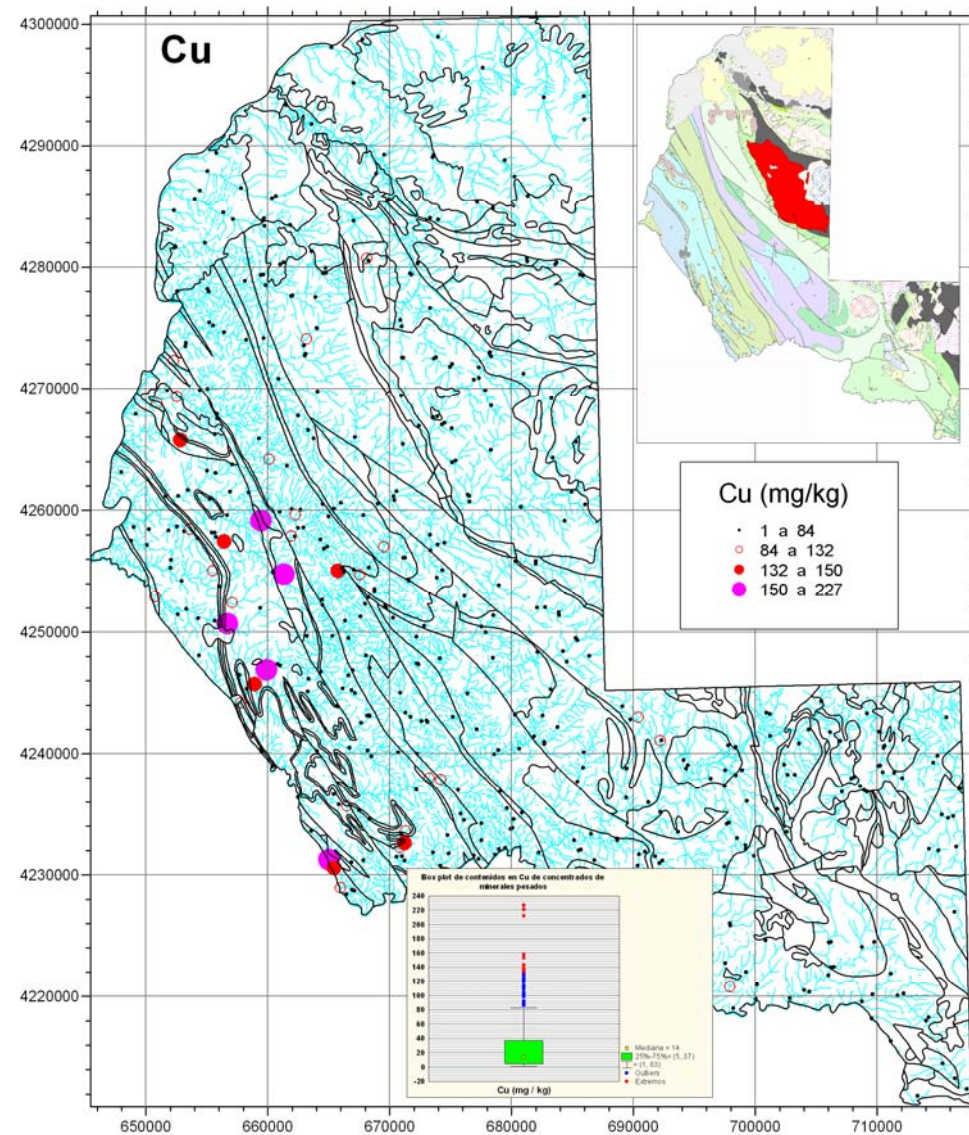


Figura 7.162 b. Mapa de anomalías de Cu en los concentrados de minerales pesados

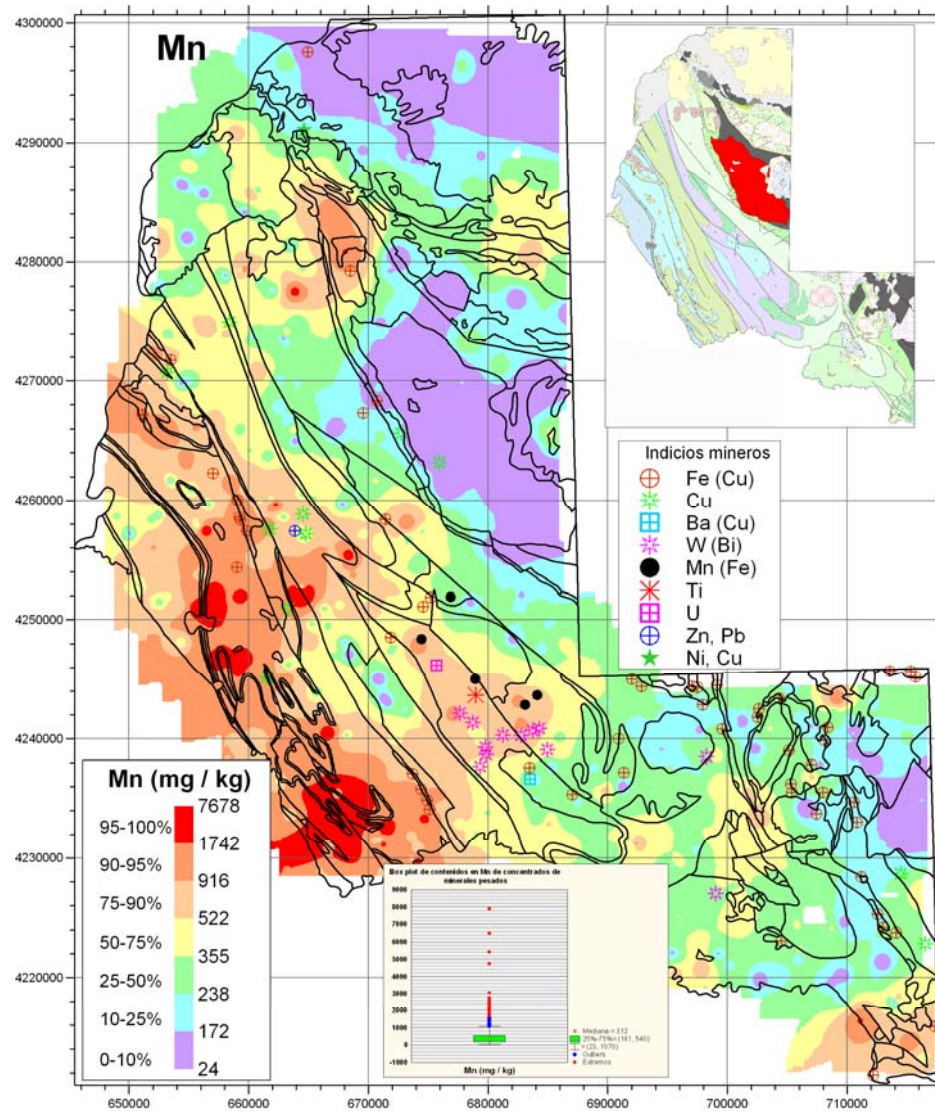


Figura 7.168 a. Mapa de contornos con la distribución de Mn en concentrados de minerales pesados

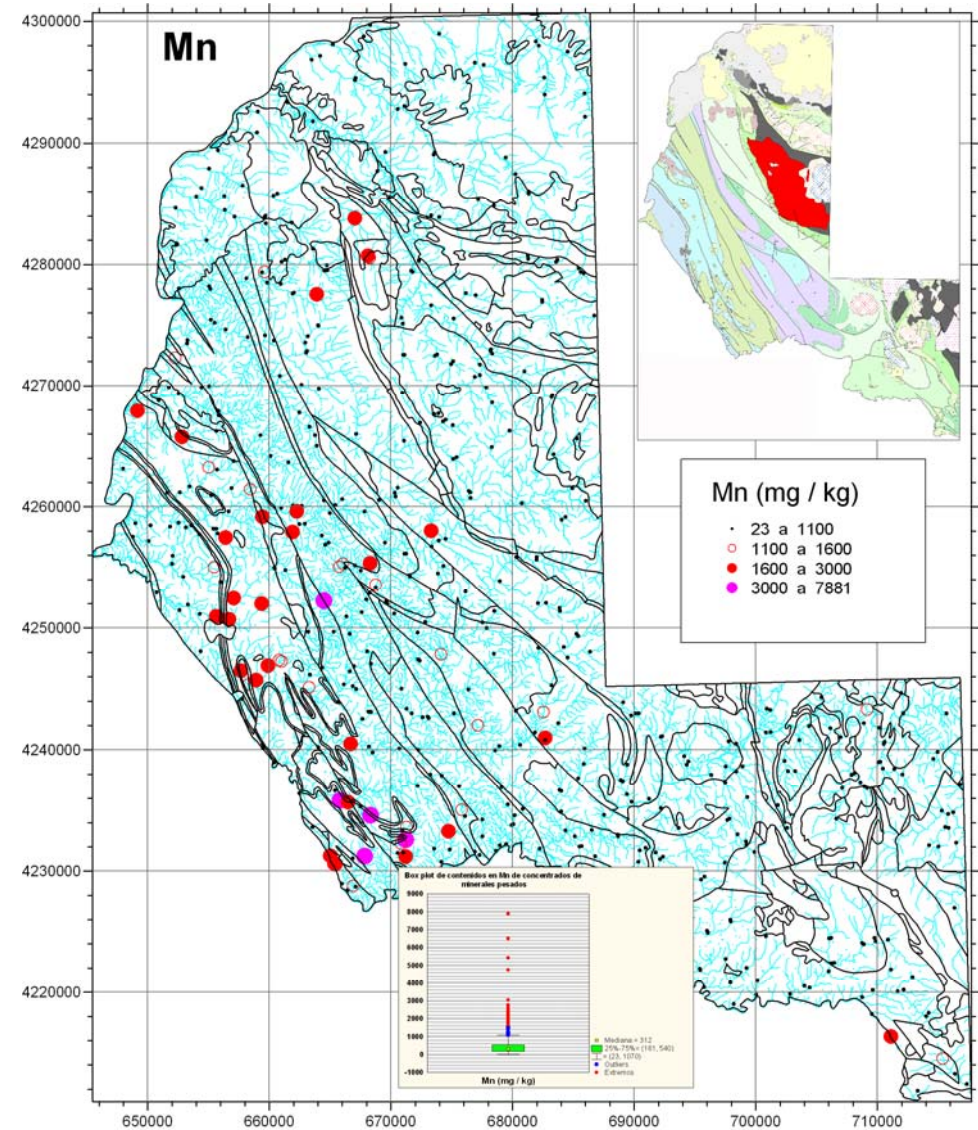


Figura 7.168 b. Mapa de anomalías de Mn en los concentrados de minerales pesados

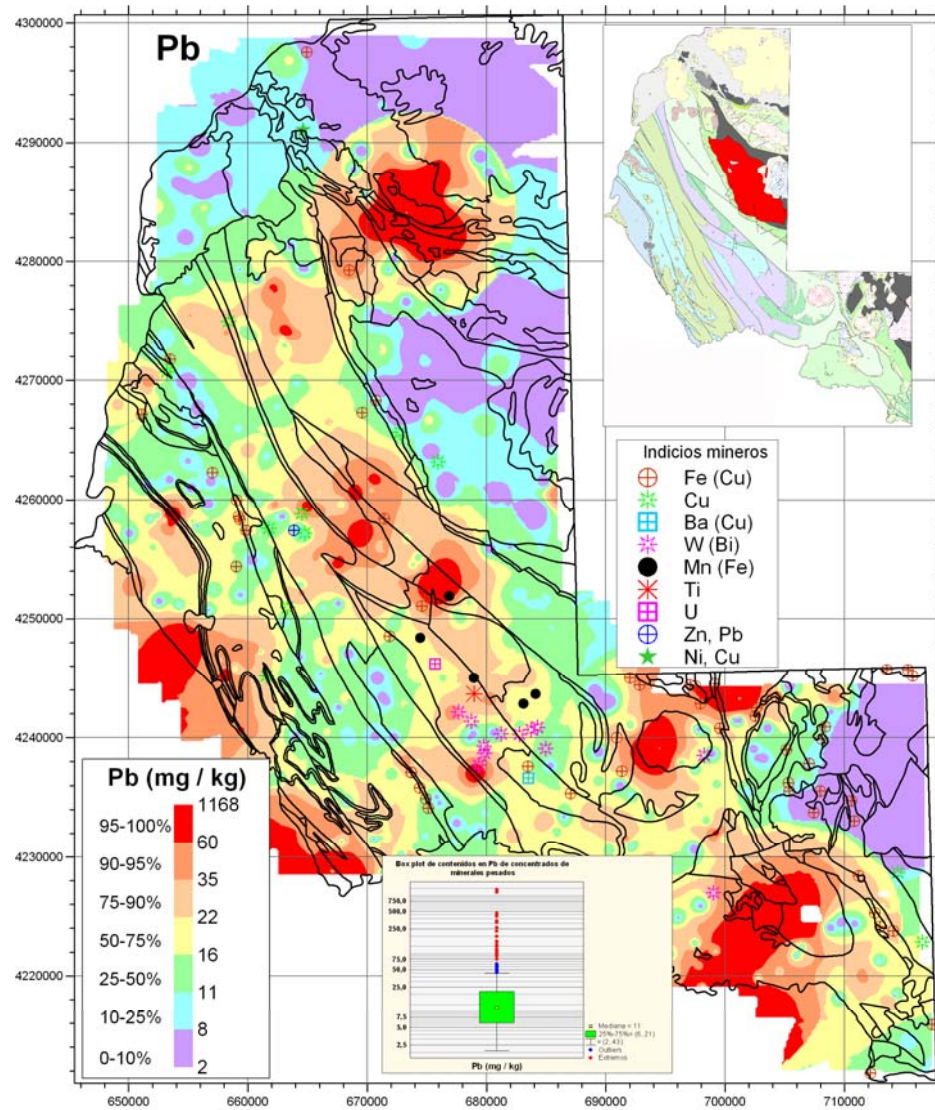


Figura 7.173 a. Mapa de contornos con la distribución de Pb en concentrados de minerales pesados

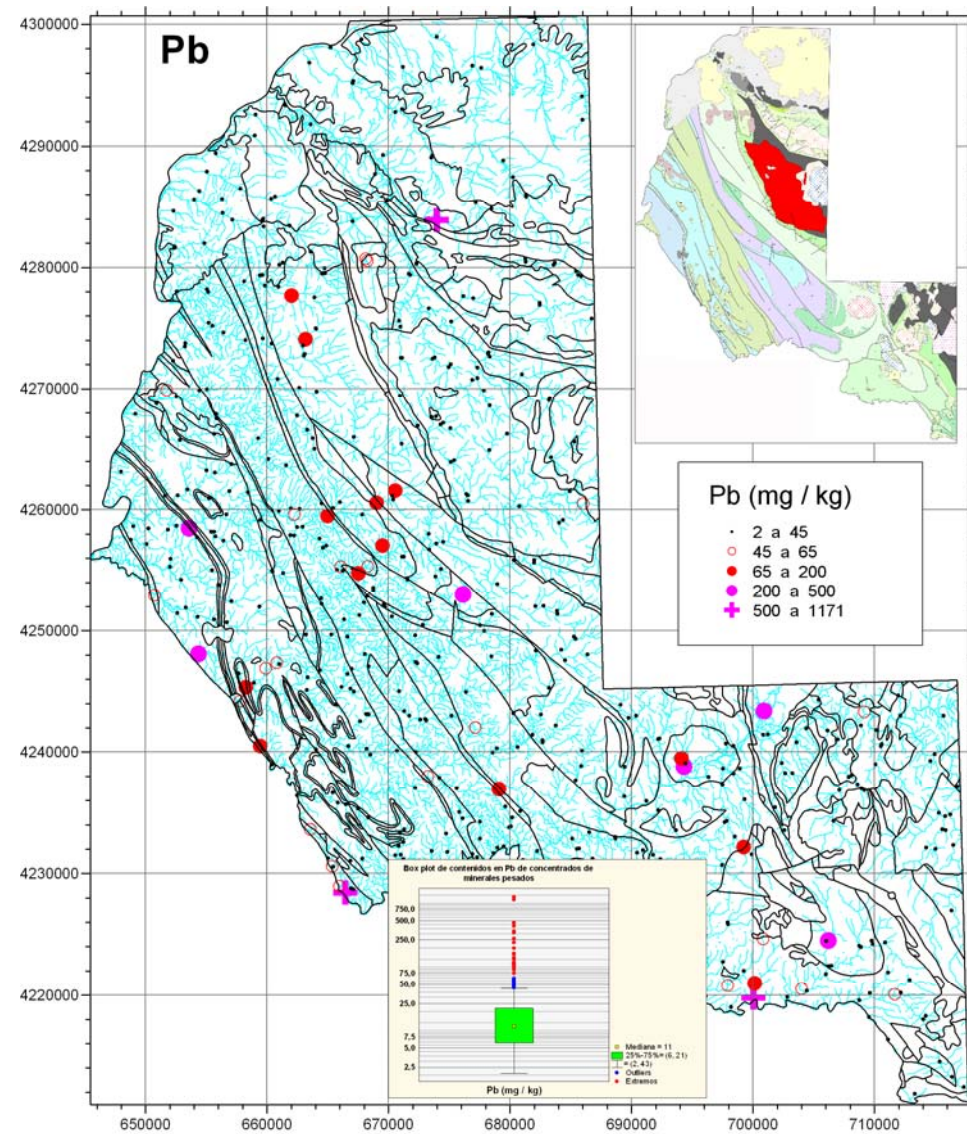


Figura 7.173 b. Mapa de anomalías de Pb en los concentrados de minerales pesados

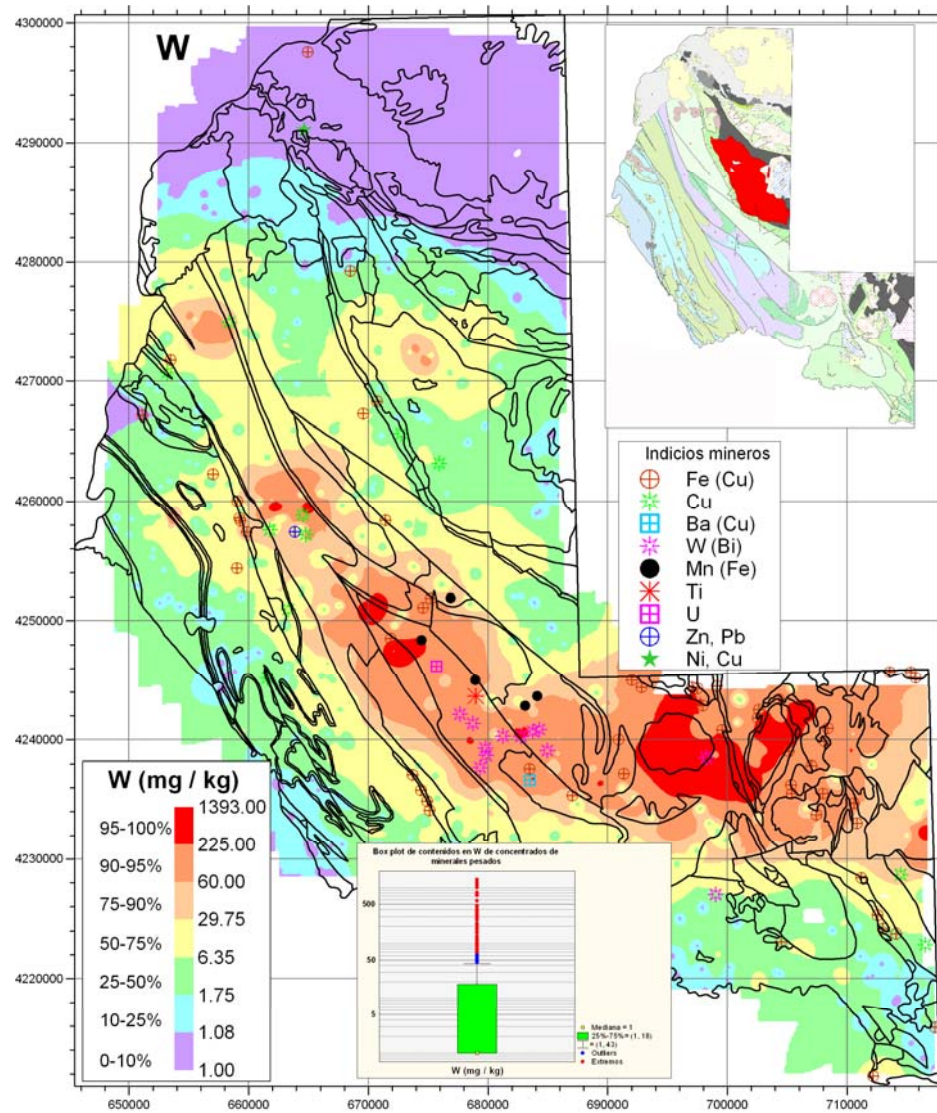


Figura 7.183 b. Mapa de contornos con la distribución de W en concentrados de minerales pesados

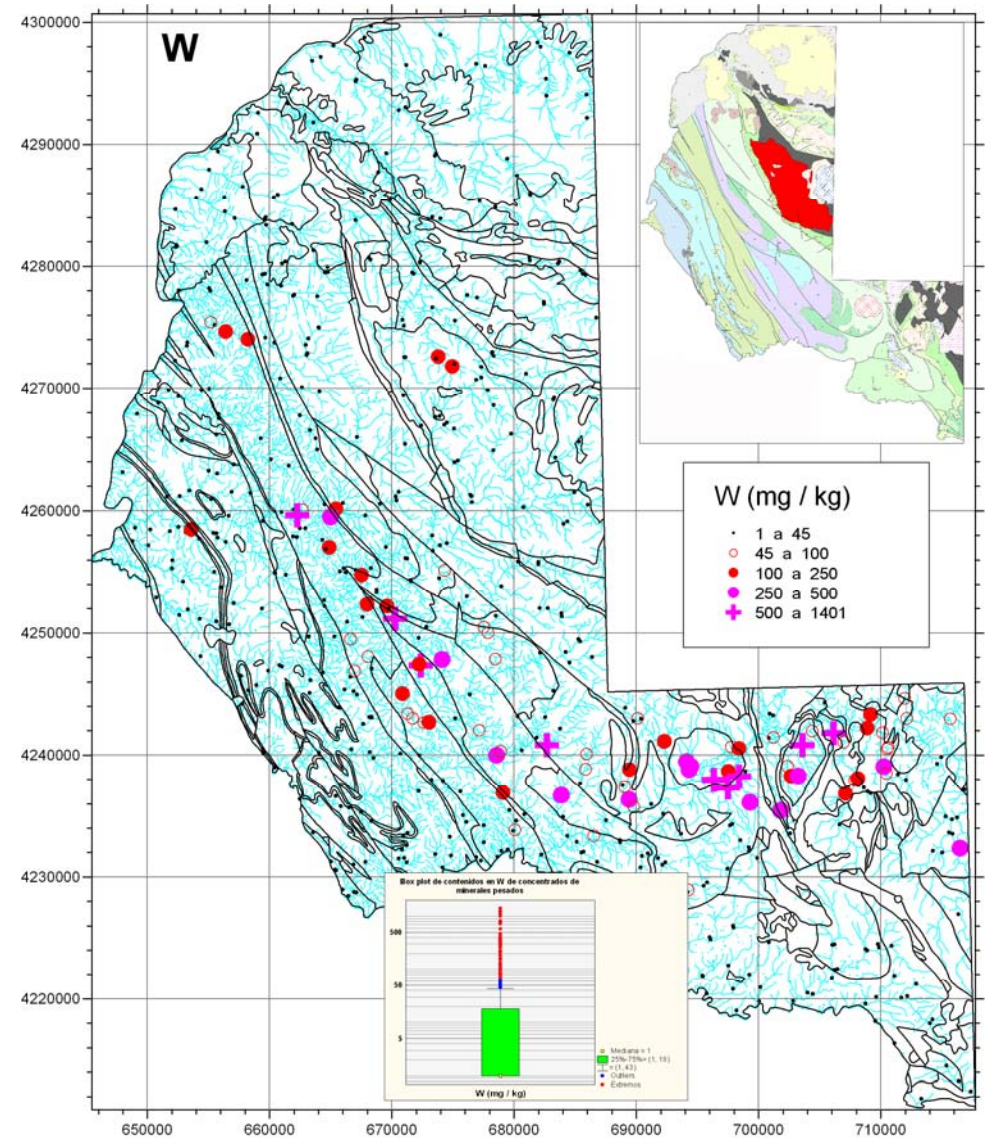


Figura 7.183 b. Mapa de anomalías de W en los concentrados de minerales pesados

El **Hierro** (figura 7.164) muestra en la geoquímica de concentrados una distribución (figura 7.164 a) en la que identifica con preferencia a los materiales ígneos básicos y a la Fm. Fatuquedo, a los Esquistos de Jerez y sobre todo, a los materiales que constituyen al C.V.S. Las anomalías de orden superior (figura 7.164 b), con un umbral de 36% y un máximo de 46% de Fe, son escasas y no se localizan en proximidad a los yacimientos de Fe conocidos en la zona, sino en un afloramiento de C.V.S. en el cual también se expresan importantes anomalías mineralométricas de magnetita (15.000 a 38.000 g/m³).

El **Hafnio** (figura 7.165) dispensa en los concentrados anomalías geoquímicas contadas, pero intensas y muy coherente, una en el granito de Valencia del Ventoso (8 puntos entre 200 y 866 mg/kg), y dos más puntuales, en el granito de Brovales y en el de Almendral. Aunque las anomalías mineralométricas de circón (figura 7.52), principal mineral acarreador de Hf, son más numerosas y definidas (granitoides en general), las de Hf son más escasas. Sin embargo, la anomalía en Hf de Valencia del Ventoso se verifica plenamente en el estudio mineralométrico).

El **Molibdeno** (figura 7.169) define, en la geoquímica de concentrados, algunas anomalías con puntos anómalos cohesionados y coherentes pero con valores no elevados (máximo de 27 mg/kg). Hay que destacar la anomalía significativa y amplia sobre el campo filoniano de Oliva de La Frontera y sobre la Fm. Fatuquedo en el área del supuesto granito subaflorante al ONO de aquél. Otra anomalía consistente se presenta en la Fm. Barrancos, en la zona del klippe de Fm. Carbonatada, en posible relación con mineralizaciones de Cu u otras similares no conocidas. Otras anomalías, relativamente intensas y muy amplias, se desarrollan en la Fm. Xistos Raiados, pero, sobre todo, siguiendo la traza de los afloramientos de esquistos negros del Silúrico, materiales normalmente enriquecidos en Mo.

El **Níquel** (figura 7.172) se manifiesta geoquímicamente en los concentrados de dos maneras diferentes. En primer lugar, sus anomalías se asocian netamente con los materiales silúricos ricos en materia orgánica que afloran junto a y dentro de la Fm. Xistos Raiados, y con esta misma formación que contiene esquistos cloríticos en los cuales el Ni puede aparecer adsorbido o intercambiado con el Mg o el Fe en estos minerales (anomalías en la zona de Valencia del Mombuey). Otras anomalías puntuales aparecen en la Fm. Barrancos en el área del klippe de Fm. Carbonatada (SE de Cheles), entre otras, una anomalía de primer orden (Ni > 160 mg/kg), probablemente asociado a mineralizaciones del tipo polimetálico que se presenta en dicha unidad carbonatada y en la Fm. Barrancos (Cu y otros sulfuros).

En segundo lugar, hay que mencionar a una anomalía puntual (Ni > 100 mg/kg) dentro el granito variscico de Brovales. Esa anomalía puntual no integra al Cu entre sus elementos acompañantes. Sin embargo, la presencia de otros elementos químicos de mineralización acompañando al Ni otorga a ésta de cierto atractivo dado la similitud de entorno geológico con el del yacimiento de Agua Blanca.

El **Plomo** (figura 7.173) muestra una distribución de anomalías geoquímicas en concentrados de minerales pesados con escasos efectivos. Aparecen algunos valores anómalos aislados, con valores comprendidos entre 65 y 1.171 mg/kg, y solo en una zona muestran un cierto grado de agrupación y de consistencia. Este área anómala está localizada en la Fm. Barrancos, en la Fm. Fatuquedo y en la Fm. Esquistos de Jerez, en la mencionada banda prospectiva N60°E anteriormente indicada, entre los klippe de Fm. Carbonatada y el área del pez tectónico de C.V.S. y las mineralizaciones de Alconchel. El Pb define una geometría alargada en esa dirección ENE con un grupo de cinco muestras con valores comprendidos entre 65 y 200 mg/kg. Otras áreas anómalas con menor entidad, aunque con anomalías más intensas se localizan en el granito de La Bazana (2 muestras entre 65 y 500 mg/kg), en el granito de Brovales (200 < < 500 mg/kg), en el afloramiento de la Serie Detrítica Superior al SE de la zona, en la zona de Fregenal (2 muestras anómalas, una de las cuales de primer orden, con un valor superior a 500 mg/kg), en la Fm. Esquistos de Jerez (en su cierre periclinal al SE) con un valor superior a 200 mg/kg), en el Flysch de Terena y en los afloramientos de Silúrico asociados y, finalmente, dos anomalías con una muestra anómala de primer orden (> 500 mg/kg), una en un afloramiento de Serie Negra-Fm. Carbonatada al N del granito de Almendral y otra al SO de la zona (Valencia del Mombuey), en materiales del Flysch de Terena.

El **Azufre** (figura 7.175) se manifiesta en diversas anomalías geoquímicas aisladas, en general, y por lo tanto raramente cohesionadas. Algunas de ellas coinciden en su localización con las anteriormente descritas para el plomo. Destacan las existentes en el granito de la Bazana, el granito de Brovales (en la

que se encuentra el mayor contenido en S, de 1,08%, en la muestra 7155), en la Serie Negra, en el cierre periclinal de la Fm. Esquistos de Jerez, en la Serie Detrítica Superior, en el Flysch de Terena-Silúrico (coincidente con una anomalía de plomo, cerca de Valencia del Mombuey), en la Fm. Xistos Raiados (en un área con afloramientos muy replegados de Silúrico). Dos muestras anómalas aparecen también cerca del klippe de Fm. Carbonatada al SE de Cheles. Unas anomalías novedosas, aparecen al N de la zona de estudio, una, formada por dos muestras, una de las cuales tiene una anomalía de primer orden, en el cuaternario, pero drenando materiales de la Serie Negra y de la Fm. Carbonatada, y otra en la Serie Detrítica Superior.

El **Antimonio** (figura 7.176) no muestra apenas anomalías geoquímicas, exceptuando algunas de primer orden (contenidos superiores a 20 mg/kg) en la banda de Xistos Raiados y Silúrico, siempre cercanas a afloramientos de este último, por lo que cabe pensar en un origen relacionado con las usuales altas concentraciones en Sb de las pizarras negras (una de ellas coincidiendo en su situación con anomalías de otros metales, en el área de Valencia del Mombuey). Existen tres muestras con anomalías de segundo orden en el entorno del klippe de Fm. Carbonatada al SE de Cheles y con las mineralizaciones de Fe y de Cu asociadas.

El **Tantalio** (figura 7.179) muestra una serie de valores anómalos, más o menos cohesionados y con concentraciones anómalas de segundo orden (22 a 75 mg/kg) en los granitoides de Almendral, de Barcarrota, en la zona nuclear del de Táliga y en el de Valencia del Ventoso. Sin embargo, y aunque perteneciente a este mismo grupo, es necesario destacar, por su posible interés, a la anomalía puntual existente en el granito de La Bazana, en la que se alcanza una concentración ciertamente muy destacable de 494 mg/kg.

El **Torio** (figura 7.181) discrimina muy bien a tres entornos diferentes con sus valores geoquímicos anómalos. Una anomalía puntual de segundo orden en el granitoide de Almendral (175 a 400 mg/kg), otra, asimismo puntual y del mismo orden, en el granito de La Bazana, coincidiendo con un punto de un área anómala en Ta, y finalmente, y formando una anomalía compuesta por siete muestras muy cohesionadas espacialmente, con valores de primer orden (de 440 hasta un máximo de 1.041 mg/kg de Th). Anomalías débiles, de tercer orden, aparecen también en el granitoide de Táliga y en las unidades de Xistos Raiados y de Barrancos.

El **Uranio** (figura 7.182) dispensa varias anomalías geoquímicas, gran parte de las cuales coinciden con las referidas al Th. Aparecen dichos valores anómalos de 2º y 3º orden en los granitos de La Bazana (coincidiendo con las anomalías de Ta y Th), de Valencia del Ventoso (varios puntos muy cohesionados, alguno de los cuales con anomalía de primer orden, superior a 100 mg/kg), y de Almendral (en el mismo punto de una anomalía de Th, y con el valor máximo de 290 mg/kg). A estas anomalías hay que añadir las generalmente dispersas que aparecen en la Fm. Xistos Raiados y en la Fm. Barrancos y, sobre todo, unas más agrupadas y de primer orden (> 100 mg/kg) en la Fm. Fatuquedo y coincidiendo con la localización del supuesto granito subaflorante al O de Zahinos.

El **Wolframio** (figura 7.183) da lugar a una serie de importantes áreas anómalas, tanto por su extensión, consistencia o coherencia como por la cuantía de los contenidos anómalos. Aunque el campo filoniano de W-Bi de Oliva de La Frontera se manifiesta en forma anómala, esta anomalía no es, sorprendentemente, ni la más intensa ni la más agrupada, ni la más extensa. Destacan las existentes en el S y SE del granito de La Bazana y su entorno inmediato, con valores superiores a los 500 mg/kg de W, conteniendo los máximos valores de la zona, de 1.400 mg/kg, en la muestra 7081), las existentes en la Serie Negra, al E del granito de Brovales, con varios puntos cohesionados y con concentraciones del orden de los 1.000 mg/kg).

Destacan asimismo las anomalías existentes sobre el granito subaflorante supuesto entre Villanueva del Fresno y Zahinos, en la Fm. Fatuquedo (valor anómalo de 1.240 mg/kg en la muestra 5182), que se extiende de forma continua hasta el área del klippe de Fm. Carbonatada situado al SE de Alconchel, sobre la Fm. Barrancos, y con algún valor superior a 500 mg/kg de W. Otras anomalías de menor entidad y con concentraciones anómalas de 2º-3º orden se ubican en el granito de Táliga y en el extremo NO del gran afloramiento de la Fm. Barrancos San Benito de la Contienda).

Existen algunas disparidades entre las distribuciones de las anomalías geoquímicas observadas y las anomalías mineralométricas de scheelita y wolframita, aunque consideradas en conjunto son coherentes. Las anomalías mineralométricas de **wolframita** no indican potencial apreciable en la zona de la Bazana, en la Serie Negra o en el entorno del granito subaflorante al ONO de Oliva y en la zona contigua al N del campo filoniano. Destacan, por contrario, a las zonas del campo filoniano de Oliva y, sobre todo, al granito de Brovales (2 muestras) y al sector más al SE formado por la Serie Detrítica Superior y la Fm. Carbonatada.

Las anomalías mineralométricas de **scheelita**, mucho más abundantes y mejor definidas, ponen de manifiesto la importancia del área del campo filoniano de Oliva de forma más clara si cabe que la wolframita, pero también el área del granito subaflorante (O de Zahinos) y lo que es más importante la prolongación de la anomalía hacia el NNE. También hace resaltar la zona anómala en el sector de del klippe carbonatado situado al SE de Cheles, aunque sea con concentraciones de 2º o 3º orden. Hace resaltar asimismo, a las anomalías asociadas al granito de La Bazana y a la Serie Negra contigua, confirmando también a la de Brovales. En cambio no detecta las anomalías más al SE, al igual que ocurre con la geoquímica de los concentrados.

El **Cinc** (figura 7.185) marca muy pocos puntos anómalos y casi siempre en forma no cohesionada. Existe una fuerte anomalía puntual en el granito de Brovales, otra dos en el campo filoniano de Oliva y otra (2 muestras agrupadas con anomalía de primer orden), en las proximidades del klippe carbonatado del SE de Cheles, en proximidad a una mineralización conocida de Zn-Pb.

En lo que se refiere a las **Tierras Raras**, hay que diferenciar, por sus diferentes distribuciones a las tierras raras ligeras de las pesadas.

Las T.R. ligeras (Ce, figura 7.158; Eu, figura 7.163; La, figura 7.166; Nd, figura 171; Sm, figura 7.178; Tb, figura 7.180), muestran una distribución de anomalías geoquímicas similares, consistentes en la discriminación neta de la Fm. Xistos Raiados y del Silúrico con valores anómalos de 1º y de 2º orden. Las anomalías de primer orden se localizan generalmente en el sector central y SE del afloramiento y suele observarse una gran correlación con la presencia de afloramientos de Silúrico. Además de esta tendencia general, aparecen algunas anomalías puntuales de 2º orden sobre el granito subaflorante del O de Zahinos y alguna, también de 2º orden, en el área al SE de Cheles, en la Fm. Barrancos.

En cualquier caso, las anomalías de primer orden de las T. R. ligeras tienen unos contenidos muy elevados en estos elementos (máximos de 8.531 mg/kg para el Ce, de 92 mg/kg para el Eu, de 6.641 mg/kg para el La, de 2.041 mg/kg para el Nd, de 453 mg/kg para el Sm, de 34 mg/kg para el Tb). Se plantea la cuestión de la procedencia de estas concentraciones en los concentrados de minerales pesados, pues las distribuciones de anomalías de los minerales pesados que normalmente los acarrear, monacita, xenotima (ver mineralometría) no coinciden, en gran medida, con las de los elementos y su concentraciones son bajas o muy bajas. La monacita, fosfato de Ce-La, con Nd, Eu, Sm (figura 7.68) tiene una distribución algo similar (Fm. Xistos Raiados, Fm. Barrancos, Fm. Fatuquedo y granitoides) pero sus concentraciones son relativamente moderadas (0-240 g/m³). Puede pensarse únicamente, para explicar estos valores de concentración y su distribución espacial, en el papel de la materia orgánica del Silúrico y de los minerales cloríticos de la Fm. Xistos Raiados.

Las T.R. pesadas (Lu, figura 7.167; Yb, figura 7.184) muestran una distribución de muestras anómalas totalmente diferente, apareciendo muy contadas anomalías puntuales en los granitoides, Almendral, Táliga, La Bazana (coincidiendo con las anomalías de las restantes tierras raras) y Valencia del Ventoso, siendo inexistentes en la Fm. Xistos Raiados. Hay que destacar, tanto en el caso del Lu como del Yb, la presencia de anomalías puntuales tanto en la zona al SE de Cheles, en la Fm. Barrancos, como en la Fm. Fatuquedo en relación con el supuesto granito subaflorante entre Villanueva del Fresno y Zahinos..

7.5.3.- Estudio bivalente

En forma similar a la seguida para el tratamiento de los análisis de sedimentos de corriente, se ha realizado, con el objetivo de conocer las afinidades entre elementos químicos, un estudio de la correlación

interna entre ellos, estableciendo los coeficientes de correlación de Pearson, que se plasman en la matriz de correlación binaria (tabla 7.2). Este cuadro se ha realizado como ensayo preliminar, pues las variables (ver histogramas y tabla 7.1) tienen distribuciones muy asimétricas, con grandes dispersiones hacia valores elevados (algunos valores elevadísimos, de otro orden de magnitud que los estimadores del valor central).

Los coeficientes de correlación, al igual que otros parámetros estadísticos son enormemente sensibles a la presencia de valores atípicos que pueden falsearlos e inducir a considerar correlaciones que no son ni aproximadas a las reales.

En esta tabla, elaborada a partir de los valores naturales, pueden observarse los siguientes rasgos:

- Los niveles de confianza $p < 0,05$ no son los predominantes en el cuadro, habiendo un número demasiado elevado de valores en los que la probabilidad de error es demasiado grande.
- Elementos como Au, Ag, Ba (salvo su correlación con Sr), Ca, Cs, Br (salvo una cierta correlación con Cu), Hg (exceptuando una correlación con Cu, sin validez dada la escasísima variabilidad de ese elemento), Na (correlación débil con Sc), Pb, Rb, S, W, no están apenas correlacionados con los restantes elementos, por lo que su comportamiento es prácticamente el de variables independientes.
- Los elementos del grupo de las T.R. están muy correlacionados entre ellos, aunque el grado de correlación varía al pasar de las tierras raras ligeras (Ce-La : 0,95) a las pesadas (Ce-Lu: 0,04; Ce-Yb: 0,01). La correlación entre las pesadas es asimismo muy alta (Lu-Yb: 0,99). El Tb, como elemento de transición entre unas y otras, si bien tiene correlación alta con Ce o La (0,90) manifiesta una cierta afinidad por Lu (0,31) o Yb (0,29).
- Destacan la bastante fuerte correlación de Cd con el Fe (0,62) y la que tiene con el Cr, algo más débil (0,29), señalando una afinidad que no se presentaba en los sedimentos de corriente. Su falta de afinidad con el Zn (coeficiente de correlación prácticamente nulo) es inusual.
- Los elementos ferromagnesianos (Fe-Cr-Ni-Co-Sc), apenas tienen correlación entre sí. El Fe muestra únicamente afinidad por el Cd (coeficiente de 0,62, y algo más débil, de 0,28 con el Sc). El Ni indica una fuerte afinidad por el As, Cu y Mo, y algo más baja por la Tierras Raras. El Co no está correlacionado prácticamente con ningún elemento, y menos con el grupo ferromagnesiano.
- Existe, en contrapartida una fuerte afinidad entre los pares de elementos del grupo As, Cu, Zn, Sb y Ni, asociación que es posible al nivel de algunas muestras asociadas a mineralización, pero no a la escala de toda la población.

Es interesante comprobar en que forma este medio de muestreo proporciona una información acerca de la estructura interna de los datos, incluyendo aquellas debidas a la conformación geológica y alas mineralizaciones existentes (o a otras causas por determinar). Por ello las datos de correlación obtenidos no son suficientemente válidos pues parecen obviar las correlaciones relacionadas con la estructura geológica y ser excesivamente dependientes de los valores atípicos, con lo cual se recogería esencialmente la parte de información asociada a los procesos de mineralización.

Estos comportamientos a priori extraños de algunos elementos y la falta de correlación mostrada por otros, son motivos para proceder a modificaciones de la población muestral, tendentes a centrar la distribución de valores originales y a disminuir los efectos de la asimetría. Para ello se han transformado los valores naturales pasándolos a sus logaritmos en base 10, buscando minimizar así el efecto de los valores atípicos. Los resultados después de la transformación a valores logarítmicos pueden verse en la tabla 7.3.

Puede observarse en ella que:

- El número de correlaciones entre variables por debajo del nivel de confianza deseado ha disminuido sensiblemente. Los coeficientes de correlación significativos tienen valores más elevados que permiten una mejor comprensión de las afinidades entre elementos.
- Elementos como Ag, Br, Cd, Co, Cr, Fe, Hf, Mn, Mo, Na, Pb, Sb, Ta, W aparecen como mucho más correlacionados con otros elementos. A diferencia del anterior cálculo de correlaciones (Tabla 7.2) en ésta aparecen correlaciones negativas, es decir comportamientos antagónicos, que en el anterior no existían (Hf, As, Tierras Raras, etc.).
- Se siguen manteniendo las fuertes correlaciones en el grupo de las Tierras Raras, diferenciándose netamente el subgrupo de tierras raras ligeras (Ce, La, Eu, Nd, Sm) con coeficientes entre ellos de 0,8-0,9 del de las T.R. pesadas (Lu e Yb, con el caso transicional del Tb). Estas últimas muestran correlación, pero más baja, entre ellas y nula con el subgrupo de las pesadas. Los elementos metálicos As, Co, Cu, Ni, Sb, Zn están intensamente correlacionados entre ellos y con respecto a Fe y Mn, reflejando una asociación de mineralización correspondiente al tramo de los valores elevados. Pero también se definen correlaciones algo inferiores entre los elementos Fe, Sc, Cr, Ni, Co, que forman una asociación litológica bien explicable por la estructura geológica (asociación ferromagnesiana).
- El Ba muestra una escasa correlación con los demás elementos, así como el Na, con algunos coeficientes débiles con Yb, Sc.
- El Hf muestra antagonismo (coeficientes negativos) con la mayoría de los elementos metálicos de mineralización.

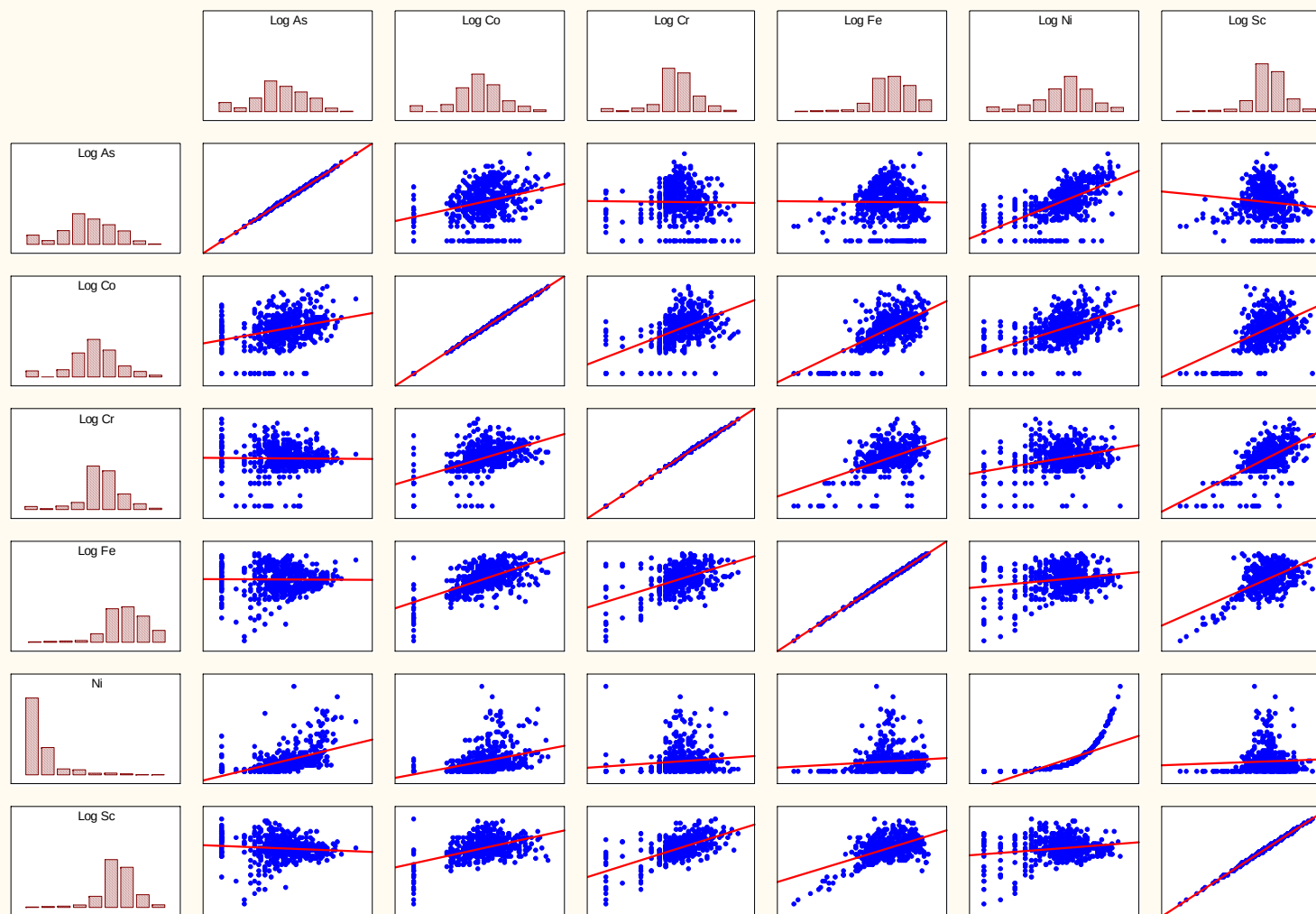
Algunos de estos rasgos consistentes en afinidades definidas por diferentes causas en los tramos de valores bajos o medios y los altos pueden observarse en los gráficos de correlación binaria representados en la figura 7.187.

	Ag	As	Au	Ba	Br	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Eu	Fe	Hf	Hg	La	Lu	Mn	Mo	Na	Nd	Ni	Pb	Rb	S	Sb	Sc	Sm	Sr	Ta	Tb	Th	U	W	Yb	Zn
Ag	1,00	0,00	0,17	0,00	0,02	-0,02	0,03	0,10	0,03	0,04	-0,03	0,14	0,10	0,05	-0,02	0,00	0,08	-0,01	0,06	0,03	-0,05	0,09	0,08	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,08	0,10	-0,01	0,00	0,05	0,02	0,07	-0,01	-0,03	0,02
As	0,00	1,00	-0,03	0,01	0,23	-0,09	0,00	0,31	0,15	-0,09	0,07	0,66	0,33	-0,06	-0,13	0,11	0,27	-0,01	0,42	0,60	-0,21	0,33	0,63	0,05	0,10	-0,01	0,61	-0,15	0,31	0,00	-0,10	0,25	0,05	0,02	0,13	-0,03	0,52
Au	0,17	-0,03	1,00	-0,01	-0,02	-0,02	0,12	0,09	0,05	0,09	-0,03	0,01	0,08	0,10	-0,01	-0,01	0,13	0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,08	0,07	0,01	-0,03	0,02	-0,02	0,04	0,08	-0,01	-0,01	0,06	0,02	0,06	0,02	0,00	0,00
Ba	0,00	0,01	-0,01	1,00	0,00	-0,02	-0,01	-0,03	-0,01	0,00	-0,02	0,02	-0,04	0,02	0,00	0,00	-0,03	-0,01	0,01	-0,01	-0,03	-0,03	-0,02	0,00	-0,01	0,01	0,07	-0,03	-0,03	0,52	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,01	0,00
Br	0,02	0,23	-0,02	0,00	1,00	-0,05	-0,07	0,14	0,05	-0,04	0,02	0,26	0,15	-0,10	-0,05	0,00	0,12	0,01	0,14	0,13	-0,04	0,17	0,18	0,02	0,04	-0,03	0,18	-0,01	0,15	0,04	0,12	0,11	0,09	0,00	-0,02	-0,01	0,22
Ca	-0,02	-0,09	-0,02	-0,02	-0,05	1,00	0,03	-0,11	-0,03	0,01	-0,06	-0,11	-0,09	0,02	0,02	-0,01	-0,10	0,00	-0,09	-0,08	0,08	-0,11	-0,13	-0,04	-0,04	0,02	-0,07	0,09	-0,10	0,04	0,00	-0,08	-0,05	-0,05	0,04	0,01	-0,10
Cd	0,03	0,00	0,12	-0,01	-0,07	0,03	1,00	-0,11	0,16	0,29	-0,08	0,04	-0,10	0,62	0,17	0,04	-0,10	0,02	-0,04	0,11	-0,10	-0,12	0,20	-0,01	0,03	0,08	0,02	0,18	-0,11	0,01	0,03	-0,09	0,21	0,07	0,22	0,04	0,08
Ce	0,10	0,31	0,09	-0,03	0,14	-0,11	-0,11	1,00	0,15	0,08	0,08	0,36	0,96	-0,16	-0,09	-0,01	0,95	0,04	0,37	0,32	-0,09	0,98	0,38	-0,04	-0,05	-0,01	0,22	-0,06	0,98	0,00	0,07	0,90	0,39	0,31	-0,03	0,01	0,03
Co	0,03	0,15	0,05	-0,01	0,05	-0,03	0,16	0,15	1,00	0,05	-0,08	0,12	0,11	0,17	-0,07	-0,01	0,16	0,01	0,08	0,13	-0,08	0,13	0,18	-0,03	-0,11	0,00	0,06	-0,04	0,12	-0,01	0,05	0,18	0,06	0,10	0,06	0,01	-0,03
Cr	0,04	-0,09	0,09	0,00	-0,04	0,01	0,29	0,08	0,05	1,00	-0,12	-0,07	0,04	0,30	0,12	-0,01	0,11	0,09	-0,07	0,00	0,14	0,06	0,05	-0,03	-0,06	-0,01	-0,02	0,47	0,07	0,00	0,14	0,09	0,28	0,20	0,06	0,08	-0,13
Cs	-0,03	0,07	-0,03	-0,02	0,02	-0,06	-0,08	0,08	-0,08	-0,12	1,00	0,06	0,08	-0,12	-0,08	-0,02	0,09	-0,06	0,14	0,02	-0,07	0,10	0,10	0,00	0,22	-0,01	0,09	-0,06	0,09	-0,03	-0,05	0,05	-0,01	-0,08	-0,07	-0,06	0,20
Cu	0,14	0,66	0,01	0,02	0,26	-0,11	0,04	0,36	0,12	-0,07	0,06	1,00	0,40	-0,06	-0,14	0,25	0,29	-0,06	0,51	0,66	-0,16	0,39	0,72	0,07	0,12	0,02	0,54	-0,12	0,38	-0,01	-0,09	0,28	0,07	0,00	-0,02	-0,08	0,50
Eu	0,10	0,33	0,08	-0,04	0,15	-0,09	-0,10	0,96	0,11	0,04	0,08	0,40	1,00	-0,13	-0,08	-0,01	0,88	0,01	0,40	0,28	-0,16	0,98	0,35	-0,03	-0,05	-0,02	0,24	-0,09	0,99	0,00	0,00	0,87	0,35	0,20	-0,05	-0,01	0,07
Fe	0,05	-0,06	0,10	0,02	0,10	0,02	0,62	-0,16	0,17	0,30	-0,12	-0,06	-0,13	1,00	0,09	-0,01	-0,15	0,00	-0,08	-0,09	-0,24	-0,16	0,01	0,00	-0,12	0,09	-0,05	0,28	-0,14	0,00	0,05	-0,12	0,03	-0,04	0,16	0,02	-0,03
Hf	-0,02	-0,13	-0,01	0,00	-0,05	0,02	0,17	-0,09	-0,07	0,12	-0,08	-0,14	-0,08	0,09	1,00	-0,01	-0,09	0,76	-0,13	-0,09	0,08	-0,09	-0,11	-0,03	-0,04	0,03	-0,07	0,19	-0,07	0,00	0,17	0,10	0,59	0,60	0,02	0,77	-0,16
Hg	0,00	0,11	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,04	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	0,25	-0,01	-0,01	-0,01	1,00	-0,01	-0,01	0,11	0,16	-0,03	-0,01	0,15	0,01	-0,01	0,00	0,23	-0,01	-0,01	0,00	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,02	0,12	
La	0,08	0,27	0,13	-0,03	0,12	-0,10	-0,10	0,95	0,16	0,11	0,09	0,29	0,88	-0,15	-0,09	-0,01	1,00	0,05	0,32	0,28	-0,06	0,91	0,34	-0,03	-0,06	-0,01	0,20	-0,03	0,91	-0,01	0,10	0,84	0,39	0,37	0,00	0,03	0,01
Lu	-0,01	-0,01	0,01	-0,01	0,01	0,00	0,02	0,04	0,01	0,09	-0,06	-0,06	0,01	0,00	0,76	-0,01	0,05	1,00	-0,08	0,03	0,18	0,02	-0,02	-0,03	-0,02	0,00	-0,01	0,12	0,04	0,00	0,34	0,31	0,36	0,67	0,05	0,98	-0,10
Mn	0,06	0,42	0,01	0,01	0,14	-0,09	-0,04	0,37	0,08	-0,07	0,14	0,51	0,40	-0,08	-0,13	0,11	0,32	-0,08	1,00	0,34	-0,20	0,40	0,43	0,02	0,08	0,00	0,39	-0,11	0,39	-0,01	-0,08	0,28	0,06	-0,03	-0,03	-0,10	0,33
Mo	0,03	0,60	-0,01	-0,01	0,13	-0,08	0,11	0,32	0,13	0,00	0,02	0,66	0,28	-0,09	-0,09	0,16	0,28	0,03	0,34	1,00	-0,08	0,31	0,69	0,03	0,13	0,00	0,51	-0,03	0,30	-0,02	-0,05	0,29	0,10	0,15	0,02	0,00	0,46
Na	-0,05	-0,21	-0,01	-0,03	-0,04	0,08	-0,10	-0,09	-0,08	0,14	-0,07	-0,16	-0,16	-0,24	0,08	-0,03	-0,06	0,18	-0,20	-0,08	1,00	-0,12	-0,13	-0,02	-0,04	0,00	-0,17	0,31	-0,12	-0,01	0,17	-0,04	0,03	0,14	0,00	0,19	-0,17
Nd	0,09	0,33	0,08	-0,03	0,17	-0,11	-0,12	0,98	0,13	0,06	0,10	0,39	0,98	-0,16	-0,09	-0,01	0,91	0,02	0,40	0,31	-0,12	1,00	0,37	-0,04	-0,05	-0,01	0,24	-0,07	0,99	-0,01	0,05	0,89	0,37	0,25	-0,03	0,00	0,07
Ni	0,08	0,63	0,07	-0,02	0,18	-0,13	0,20	0,38	0,18	0,05	0,10	0,72	0,35	0,01	-0,11	0,15	0,34	-0,02	0,43	0,69	-0,13	0,37	1,00	0,03	0,15	0,11	0,49	-0,05	0,35	-0,01	-0,10	0,29	0,15	0,11	0,10	-0,05	0,42
Pb	0,00	0,05	0,01	0,00	0,02	-0,04	-0,01	-0,04	-0,03	-0,03	0,00	0,07	-0,03	0,00	-0,03	0,01	-0,03	-0,03	0,02	0,03	-0,02	-0,04	0,03	1,00	0,01	0,01	0,11	-0,01	-0,04	0,01	-0,01	-0,04	-0,04	-0,02	0,01	-0,03	0,19
Rb	-0,02	0,10	-0,03	-0,01	0,04	-0,04	0,03	-0,05	-0,11	-0,06	0,22	0,12	-0,05	-0,12	-0,04	-0,01	-0,06	-0,02	0,08	0,13	-0,04	-0,05	0,15	0,01	1,00	0,00	0,11	-0,04	-0,06	0,06	-0,04	-0,07	-0,02	-0,04	0,06	-0,04	0,18
S	0,00	-0,01	0,02	0,01	-0,03	0,02	0,08	-0,01	0,00	-0,01	-0,01	0,02	-0,02	0,09	0,03	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,11	0,01	0,00	1,00	0,06	0,00	-0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,02	0,00	0,00	-0,02	
Sb	0,00	0,61	-0,02	0,07	0,18	-0,07	0,02	0,22	0,06	-0,02	0,09	0,54	0,24	-0,05	-0,07	0,23	0,20	-0,01	0,39	0,51	-0,17	0,24	0,49	0,11	0,11	0,06	1,00	-0,05	0,23	0,03	0,01	0,16	0,04	0,03	0,00	-0,01	0,44
Sc	0,08	-0,15	0,04	-0,03	-0,01	0,09	0,18	-0,06	-0,04	0,47	-0,06	-0,12	-0,09	0,28	0,19	-0,01	-0,03	0,12	-0,11	-0,03	0,31	-0,07	-0,05	-0,01	-0,04	0,00	-0,05	1,00	-0,06	0,01	0,33	-0,04	0,30	0,20	0,05	0,15	-0,10
Sm	0,10	0,31	0,08	-0,03	0,15	-0,10	-0,11	0,98	0,12	0,07	0,09	0,38	0,99	-0,14	-0,07	-0,01	0,91	0,04	0,39	0,30	-0,12	0,99	0,35	-0,04	-0,06	-0,01	0,23	-0,06	1,00	-0,01	0,05	0,90	0,39	0,26	-0,03	0,02	0,05
Sr	-0,01	0,00	-0,01	0,52	0,04	0,04	0,01	0,00	-0,01	0,00	-0,03	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	0,01	0,06	0,01	0,03	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,03	-0,01	-0,01	-0,02	0,00	0,01
Ta	0,00	-0,10	-0,01	-0,01	0,12	0,00	0,03	0,07	0,05	0,14	-0,05	-0,09	0,00	0,05	0,17	-0,01	0,10	0,34	-0,08	-0,05	0,17	0,05	-0,10	-0,01	-0,04	-0,01	0,01	0,33	0,05	-0,01	1,00	0,16	0,26	0,27	0,09	0,38	-0,10
Tb	0,05	0,25	0,06	-0,02	0,11	-0,08	-0,09	0,90	0,18	0,09	0,05	0,28	0,87	-0,12	0,10	-0,02	0,84	0,31	0,28	0,29	-0,04	0,89	0,29	-0,04	-0,07	-0,01	0,16	-0,04	0,90	-0,03	0,16	1,00	0,43	0,43	0,01	0,29	-0,02
Th	0,02	0,05	0,02	-0,02	0,09	-0,05	0,21	0,39	0,06	0,28	-0,01	0,07	0,35	0,03	0,59	-0,01	0,39	0,36	0,06	0,10	0,03	0,37	0,15	-0,04	-0,02	0,02	0,04	0,30	0,39	-0,01	0,26	0,43	1,00	0,63	0,02	0,37	-0,11
U	0,07	0,02	0,06	-0,02	0,00	-0,05	0,07	0,31	0,10	0,20	-0,08	0,00	0,20	-0,04	0,60	-0,01	0,37	0,67	-0,03	0,15	0,14	0,25	0,11	-0,02	-0,04	0,00	0,03	0,20	0,26	-0,01	0,27	0,43	0,63	1,00	0,08	0,67	-0,10
W	-0,01	0,13	0,02	-0,02	-0,02	0,04	0,22	-0,03	0,06	0,06	-0,07	-0,02	-0,05	0,16	0,02	-0,01	0,00	0,05	-0,03	0,02	0,00	-0,03	0,10	0,01	0,06	0,00	0,00	0,05	-0,03	-0,02	0,09	0,01	0,02	0,08	1,00	0,07	0,04
Yb	-0,03	-0,03	0,00	-0,01	-0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,08	-0																										

	Log Ag	Log As	Log Ba	Log Br	Log Cd	Log Ce	Log Co	Log Cr	Log Cu	Log Eu	Log Fe	Log Hf	Log La	Log Lu	Log Mn	Log Mo	Log Na	Log Nd	Log Ni	Log Pb	Log Sb	Log Sc	Log Sm	Log Ta	Log Tb	Log Th	Log U	Log W	Log Yb	Log Zn
Log Ag	1,00	-0,05	-0,01	-0,02	0,32	0,00	0,17	0,20	0,02	0,01	0,23	-0,02	0,00	0,01	0,03	0,01	-0,03	-0,04	0,13	-0,02	-0,03	0,12	-0,01	0,02	-0,02	0,06	0,10	0,11	-0,07	-0,01
Log As	-0,05	1,00	0,05	0,27	-0,09	0,43	0,31	-0,01	0,74	0,43	-0,01	-0,39	0,40	-0,09	0,63	0,52	-0,15	0,38	0,64	0,42	0,54	-0,09	0,41	-0,45	0,22	0,22	-0,01	-0,01	-0,21	0,55
Log Ba	-0,01	0,05	1,00	0,07	-0,03	-0,07	0,01	0,06	0,12	-0,12	-0,03	0,04	-0,09	0,02	0,06	0,01	0,07	-0,06	0,05	0,07	0,03	0,06	-0,08	-0,02	-0,10	-0,04	-0,06	-0,04	0,04	0,09
Log Br	-0,02	0,27	0,07	1,00	-0,08	0,22	0,04	0,03	0,31	0,17	-0,06	-0,15	0,18	-0,10	0,30	0,16	0,04	0,18	0,31	0,14	0,15	-0,01	0,20	-0,23	0,04	0,11	-0,11	-0,04	-0,12	0,34
Log Cd	0,32	-0,09	-0,03	-0,08	1,00	-0,12	0,29	0,32	-0,11	-0,06	0,49	0,07	-0,10	0,09	0,01	0,05	-0,03	-0,14	0,24	-0,04	-0,06	0,19	-0,12	0,11	-0,09	-0,02	0,10	0,26	0,11	0,08
Log Ce	0,00	0,43	-0,07	0,22	-0,12	1,00	0,27	0,19	0,48	0,84	0,00	-0,41	0,98	0,10	0,41	0,46	-0,04	0,90	0,50	0,13	0,21	0,11	0,98	-0,21	0,78	0,78	0,25	0,07	-0,03	0,23
Log Co	0,17	0,31	0,01	0,04	0,29	0,27	1,00	0,52	0,39	0,27	0,61	-0,18	0,27	0,11	0,33	0,23	0,09	0,18	0,55	0,25	0,18	0,48	0,24	0,00	0,14	0,13	0,09	0,27	0,10	0,35
Log Cr	0,20	-0,01	0,06	0,03	0,32	0,19	0,52	1,00	0,14	0,21	0,50	0,03	0,18	0,23	0,06	0,04	0,22	0,11	0,34	0,14	0,04	0,61	0,18	0,15	0,08	0,21	0,19	0,23	0,23	0,14
Log Cu	0,02	0,74	0,12	0,31	-0,11	0,48	0,39	0,14	1,00	0,44	0,03	-0,38	0,44	-0,03	0,68	0,54	-0,01	0,41	0,73	0,51	0,44	0,07	0,45	-0,38	0,25	0,26	0,00	-0,03	-0,17	0,66
Log Eu	0,01	0,43	-0,12	0,17	-0,06	0,84	0,27	0,21	0,44	1,00	0,10	-0,34	0,82	0,05	0,43	0,38	-0,07	0,78	0,44	0,16	0,26	0,14	0,85	-0,17	0,64	0,62	0,18	0,00	-0,05	0,28
Log Fe	0,23	-0,01	-0,03	-0,06	0,49	0,00	0,61	0,50	0,03	0,10	1,00	0,14	0,01	0,18	0,17	-0,03	-0,09	-0,06	0,20	0,21	0,10	0,56	0,00	0,33	-0,02	0,01	0,07	0,24	0,26	0,23
Log Hf	-0,02	-0,39	0,04	-0,15	0,07	-0,41	-0,18	0,03	-0,38	-0,34	0,14	1,00	-0,39	0,27	-0,36	-0,34	0,21	-0,34	-0,41	-0,06	-0,14	0,19	-0,36	0,48	-0,34	-0,04	0,14	-0,06	0,40	-0,24
Log La	0,00	0,40	-0,09	0,18	-0,10	0,98	0,27	0,18	0,44	0,82	0,01	-0,39	1,00	0,09	0,37	0,45	-0,05	0,90	0,46	0,11	0,20	0,11	0,98	-0,17	0,80	0,78	0,28	0,10	-0,01	0,16
Log Lu	0,01	-0,09	0,02	-0,10	0,09	0,10	0,11	0,23	-0,03	0,05	0,18	0,27	0,09	1,00	-0,15	0,04	0,18	0,08	0,02	0,02	-0,07	0,23	0,12	0,28	0,17	0,32	0,31	0,22	0,58	-0,04
Log Mn	0,03	0,63	0,06	0,30	0,01	0,41	0,33	0,06	0,68	0,43	0,17	-0,36	0,37	-0,15	1,00	0,44	-0,23	0,33	0,62	0,43	0,43	0,05	0,39	-0,33	0,23	0,20	-0,06	-0,07	-0,27	0,65
Log Mo	0,01	0,52	0,01	0,16	0,05	0,46	0,23	0,04	0,54	0,38	-0,03	-0,34	0,45	0,04	0,44	1,00	-0,11	0,42	0,51	0,28	0,27	-0,01	0,45	-0,22	0,39	0,32	0,17	0,01	-0,13	0,36
Log Na	-0,03	-0,15	0,07	0,04	-0,03	-0,04	0,09	0,22	-0,01	-0,07	-0,09	0,21	-0,05	0,18	-0,23	-0,11	1,00	-0,03	0,07	-0,08	-0,13	0,36	-0,04	0,13	-0,09	0,04	0,12	0,10	0,30	-0,03
Log Nd	-0,04	0,38	-0,06	0,18	-0,14	0,90	0,18	0,11	0,41	0,78	-0,06	-0,34	0,90	0,08	0,33	0,42	-0,03	1,00	0,39	0,11	0,17	0,06	0,91	-0,17	0,71	0,70	0,21	0,05	-0,02	0,18
Log Ni	0,13	0,64	0,05	0,31	0,24	0,50	0,55	0,34	0,73	0,44	0,20	-0,41	0,46	0,02	0,62	0,51	0,07	0,39	1,00	0,30	0,31	0,19	0,45	-0,41	0,25	0,33	0,07	0,21	-0,09	0,61
Log Pb	-0,02	0,42	0,07	0,14	-0,04	0,13	0,25	0,14	0,51	0,16	0,21	-0,06	0,11	0,02	0,43	0,28	-0,08	0,11	0,30	1,00	0,46	0,11	0,11	-0,07	0,03	0,05	0,03	-0,02	0,01	0,58
Log Sb	-0,03	0,54	0,03	0,15	-0,06	0,21	0,18	0,04	0,44	0,26	0,10	-0,14	0,20	-0,07	0,43	0,27	-0,13	0,17	0,31	0,46	1,00	0,01	0,21	-0,17	0,10	0,11	-0,02	-0,09	-0,08	0,37
Log Sc	0,12	-0,09	0,06	-0,01	0,19	0,11	0,48	0,61	0,07	0,14	0,56	0,19	0,11	0,23	0,05	-0,01	0,36	0,06	0,19	0,11	0,01	1,00	0,12	0,40	0,01	0,20	0,25	0,21	0,34	0,15
Log Sm	-0,01	0,41	-0,08	0,20	-0,12	0,98	0,24	0,18	0,45	0,85	0,00	-0,36	0,98	0,12	0,39	0,45	-0,04	0,91	0,45	0,11	0,21	0,12	1,00	-0,17	0,81	0,80	0,26	0,05	0,00	0,19
Log Ta	0,02	-0,45	-0,02	-0,23	0,11	-0,21	0,00	0,15	-0,38	-0,17	0,33	0,48	-0,17	0,28	-0,33	-0,22	0,13	-0,17	-0,41	-0,07	-0,17	0,40	-0,17	1,00	-0,06	0,05	0,25	0,14	0,40	-0,29
Log Tb	-0,02	0,22	-0,10	0,04	-0,09	0,78	0,14	0,08	0,25	0,64	-0,02	-0,34	0,80	0,17	0,23	0,39	-0,09	0,71	0,25	0,03	0,10	0,01	0,81	-0,06	1,00	0,66	0,27	0,04	0,04	-0,01
Log Th	0,06	0,22	-0,04	0,11	-0,02	0,78	0,13	0,21	0,26	0,62	0,01	-0,04	0,78	0,32	0,20	0,32	0,04	0,70	0,33	0,05	0,11	0,20	0,80	0,05	0,66	1,00	0,48	0,12	0,25	0,01
LOG U	0,10	-0,01	-0,06	-0,11	0,10	0,25	0,09	0,19	0,00	0,18	0,07	0,14	0,28	0,31	-0,06	0,17	0,12	0,21	0,07	0,03	-0,02	0,25	0,26	0,25	0,27	0,48	1,00	0,21	0,32	-0,14
Log W	0,11	-0,01	-0,04	-0,04	0,26	0,07	0,27	0,23	-0,03	0,00	0,24	-0,06	0,10	0,22	-0,07	0,01	0,10	0,05	0,21	-0,02	-0,09	0,21	0,05	0,14	0,04	0,12	0,21	1,00	0,29	0,03
Log Yb	-0,07	-0,21	0,04	-0,12	0,11	-0,03	0,10	0,23	-0,17	-0,05	0,26	0,40	-0,01	0,58	-0,27	-0,13	0,30	-0,02	-0,09	0,01	-0,08	0,34	0,00	0,40	0,04	0,25	0,32	0,29	1,00	-0,15
Log Zn	-0,01	0,55	0,09	0,34	0,08	0,23	0,35	0,14	0,66	0,28	0,23	-0,24	0,16	-0,04	0,65	0,36	-0,03	0,18	0,61	0,58	0,37	0,15	0,19	-0,29	-0,01	0,01	-0,14	0,03	-0,15	1,00

Tabla 7.3. Cuadro de coeficientes de correlación binarios (Pearson) de los contenidos geoquímicos en concentrados de minerales pesados. Rosa: 0,25< < 0,5. Naranja: > 0,5. Verde : -0,25 <. En negrita, correlaciones significativas al nivel de confianza p< 0,05.

Figura 7.187. Gráficos binarios mostrando las correlaciones entre contenidos de elementos (Log) en concentrados de minerales pesados



7.5.4.- Análisis multivariante

El nuevo y diferente medio de muestreo que suponen los concentrados de minerales pesados y los análisis geoquímicos realizados en ellos contienen una información compleja que puede permitir conocer su estructura interna y relacionarla con los diferentes factores que controlan las distribuciones geoquímicas en la zona. Con el fin de conocer mejor las estructuras en las que se organiza esa información y compararla con las ya establecidas para la geoquímica de los sedimentos de corriente, para lograr un mayor conocimiento del significado de la información geoquímica se ha realizado un análisis factorial con extracción de componentes principales sobre las variables analizadas (A.F.P.). Dados los condicionantes conocidos de la ja geoquímica de los concentrados y de las fuertes desviaciones de la normalidad de sus distribuciones, es aún más justificado que en el caso de los sedimentos, realizarla tras un proceso de **transformación logarítmica de las variables y de su normalización**. Se han realizado ensayos con la extracción de 4 y 5 factores tras rotación Varimax normalizada. Se ha adoptado como más idónea la de 4 factores pues el quinto factor extraído en el ensayo con 5, era absolutamente monoelemental (Na) y sin formación de una asociación geoquímica solvente. Se han extraído **4 factores** a partir de 24 variables por rotación Varimax normalizada. Los resultados del análisis se expresan en la Tabla 7-3.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
As	0,298	-0,195	0,778	-0,037
Br	0,145	-0,118	0,379	-0,056
Ce	0,955	-0,026	0,219	0,064
Co	0,153	-0,047	0,289	0,787
Cr	0,148	0,176	0,018	0,767
Cu	0,314	-0,147	0,797	0,121
Eu	0,828	-0,058	0,241	0,131
Fe	-0,103	0,150	0,090	0,804
Hf	-0,372	0,649	-0,194	-0,034
La	0,958	-0,017	0,170	0,072
Lu	0,140	0,718	0,018	0,075
Mn	0,257	-0,267	0,721	0,149
Na	-0,009	0,380	-0,071	0,148
Nd	0,908	-0,022	0,161	-0,007
Ni	0,367	-0,186	0,628	0,370
Pb	-0,075	0,152	0,741	0,105
Sb	0,081	0,057	0,674	-0,059
Sc	0,058	0,343	-0,016	0,775
Sm	0,962	0,010	0,188	0,055
Ta	-0,170	0,546	-0,368	0,267
Th	0,826	0,375	0,082	-0,005
U	0,344	0,537	-0,060	0,059
Yb	0,042	0,799	-0,070	0,116
Zn	0,009	-0,141	0,800	0,243
Var.Expl.	5,736	2,851	4,423	2,853
Prp.Total	0,239	0,119	0,184	0,119

Tabla 7.3. Pesos factoriales resultantes del A.F.P.
Análisis de Concentrados

Los factores score de los seis factores obtenidos han sido representados de forma discreta, por medio de círculos de color, estando los colores fijados según tramos de valores correspondientes a percentiles. Asimismo, se han elaborados mapas de contornos para una mejor visualización de las tendencias de distribución de los factores score. Estos mapas de distribución espacial se han realizado tras un proceso de interpolación, en una malla de 500 x 500 m, por el algoritmo ID², con un radio de búsqueda de 8.000 m en una dirección y 7200 m en la perpendicular (búsqueda con criterio elíptico y orientación del eje mayor N150°E). Obviamente, y dada la mucho menor densidad de puntos de muestreo y el mayor radio de búsqueda, los mapas de distribución tienen menor detalle y resolución que los elaborados para los sedimentos de corriente. Los mapas citados pueden verse en las figuras 7.178.a y b a 7.181.a y b.

Del análisis de la estructura elemental de los factores y de los mapas de distribución pueden extraerse las siguientes conclusiones.

Factor 1: Sm-La-Ce-Nd-Th-Eu-(Ni-U-Cu-As-Mn)

Explica el 23,9 % de la variabilidad total.

Tiene una distribución bastante consistente en cuanto que diferencia claramente a algunas unidades de otras (figuras 7.188 a y b). Pero también presenta muchos valores elevados de los factores score dispersos y de difícil interpretación. Esta asociación discrimina netamente, en su tramo de valores elevados a la Fm. Xistos Raiados y a la Fm. Barrancos y, en los muy elevados, a determinados sectores dentro de los Xistos Raiados (mitad SE del afloramiento). Asimismo, hace destacar al supuesto granito subaflorante al O de Zahinos. Con valores medios a medio-altos define correctamente a algunos de los intrusivos ígneos (granitoide de Táliga, aunque en forma algo irregular; al granito de la Bazana; al de Brovales; al de Los Remedios; al de Valencia del Ventoso, éste con fondos más elevados y en forma más consistente). Los restantes granitoides (Almendral o Barcarrota) muestran fondos bajos. La Fm. Esquistos de Jerez muestra a la parte de su afloramiento más próxima al granito de Táliga (NO y centro) con valores medios que pasan a ser bajos en la parte SE del afloramiento. Se interpreta como un **factor litológico**.

Factor 2: Yb-Lu-Hf-Ta-U-(Th-Na-Sc)

Explica el 12% de la varianza total.

Discrimina negativamente (figuras 7.189 a y b), por sus fondos muy bajos, al Flysch de Terena, a la Fm. Xistos Raiados, a la Fm. Barrancos, al C.V.S., a la parte SE de la Fm. Esquistos de Jerez, a los materiales terciarios de la Cuenca de Guadiana (en oposición a los cuaternarios). Discrimina, por el contrario, en forma positiva, con fondos altos a muy altos, a los cuerpos de granitoides en general, con mención especial al de Valencia del Ventoso por la consistencia de su respuesta. La Serie Negra y partes de los afloramientos de los Esquistos de Jerez (sector NO) y de la Fm. Fatuquedo (granito subaflorante al O de Zahinos), presentan fondos medios a altos, que pasan, como se ha dicho anteriormente, a bajos en otras partes de sus afloramientos (campo filoniano de Oliva, cierre periclinal en Fm. Esquistos Jerez, en el sector SE). Los materiales cuaternarios de la Cuenca del Guadiana muestran, aunque en forma irregular, fondos medios y una afinidad por este factor sensiblemente más fuerte que la de los materiales terciarios de la misma zona.

Factor litológico**Factor 3: Zn-Cu-As-Pb-Mn-Sb-Ni-(Br-Co)**

Explica el 18,3% de la varianza total

Este factor tiene una estructura elemental formada mayoritariamente por elementos de mineralización. En consonancia con este rasgo, su distribución (figuras 7.90 a y b) es mucho más errática que las anteriores al estar controlada, en gran medida por procesos de alcance local y no regional. Sin embargo, quizás por la ausencia de significado regional, sí que se definen y delimitan algunas unidades litológicas en las que las mineralizaciones, al menos las conocidas, se expresan en menor medida. Por ello, se discriminan negativamente y con nitidez, por sus factores score bajos o muy bajos las siguientes unidades: todos los granitoides y rocas gabroideas en general (Almendral, Táliga, Barcarrota, Valencia del Ventoso, Fregenal, Jerez), salvo los de la Bazana, el de Los Remedios y el de Brovales que dispensan pautas irregulares en valores medios a altos. Ello traduce sus distintas afinidades o aptitudes hacia mineralizaciones que contienen elementos de la asociación de este factor (aunque no de otros elementos no considerados).

Muestran pautas en tono positivo (valores medios a muy elevados) pero muy erráticas e inhomogéneas, el Flysch de Terena (influencia de los materiales Silúricos contiguos), la Fm. Xistos Raiados (con los valores máximos controlados por los afloramientos de Silúrico contiguos o intercalados en ella), y la Fm. Barrancos. Las anomalías de los factores score en dichas formaciones se ubican en varias áreas locales (zona de Valencia del Mombuey, al S; zona al SE de Cheles, con varios indicios de mineralizaciones de Pb-Zn, Fe y Cu-Zn, y afectando también parcialmente a klippen de Fm. Carbonatada y a la Fm. Fatuquedo). También se manifiesta en forma positiva el área de Zahinos en la Fm. Fatuquedo (distrito de mineralizaciones de Mn y Mn-Fe) y el campo filoniano con W-Bi, y con sulfuros asociados, de Oliva de La Frontera. Otras áreas con respuestas positivas muy locales en relación con mineralizaciones conocidas aparecen al NO, en la Fm. Barrancos (indicio de Fe), en un afloramiento de Fm. Carbonatada en el sector N de la zona (indicio de Fe). Además existen otras respuestas locales de mayor interés, por no haber mineralizaciones conocidas, como una en la Serie Negra (sector N), otra al S del intrusivo de Fregenal, en la Serie Detrítica Superior, y otras en la Fm. Fatuquedo (al NO de campo filoniano de Oliva, en áreas al E

y ENE del área de los klippen de Fm. Carbonatada al SE de Cheles) y en la Serie Detrítica Superior, junto a la frontera portuguesa.

Es importante señalar que la consideración de estas anomalías, importante para conocer el potencial del área, no excluye en modo alguno la posibilidad de otras áreas anómalas de asociaciones minerales con relacionadas con la asociación geoquímica de este factor.

Factor de mineralización o metalogénico.

Factor 4: Co-Fe-Cr-Sc-(Ni)

Explica el 11,8% de la varianza total.

La asociación geoquímica que estructura a este factor responde a un tipo clásico de asociación ferromagnesiana (a la que se podrían incorporar Mg y V, que no han sido analizados en este medio de muestreo) y de carácter marcadamente litológico.

La distribución de sus factores score (figura 7.191 a y B) presenta sin embargo unas pautas que no son todo lo consistentes que cabría esperar. Discrimina positivamente, con valores muy elevados y de forma destacada por su coherencia a la mayoría de los afloramientos de C.V.S. y, de forma menos precisa, a gran parte de los cuerpos intrusivos en sus facies intermedias o básicas (Barcarota, a la parte central de Tálaga, al de Valencia del Ventoso, a algunos intrusivos satélites del de Los Remedios y al de Fregenal. Con valores medios señala a los de Almendral, La Bazana, Brovales y al principal de Los Remedios. De las unidades sedimentarias, hay que destacar la respuesta neta y uniforme con valores bajos a medios del Flysch de Terena, de la Fm. Xistos Raiados, de la Fm. Barrancos, de la Serie Detrítica Superior y de la Serie Negra (en el sector SE), éstas dos últimas con fondos medios a altos. Las restantes unidades (Fm. Fatuquedo, Fm. Esquistos de Jerez) presentan respuestas muy inhomogéneas variando mucho sus éstas de una parte a otra de sus afloramientos. Este rasgo es muy acusado en la Fm. Esquistos de Jerez, quizás por efecto de la baja densidad de muestras y el alto radio de búsqueda en el proceso e interpolación y de la influencia de los afloramientos vecinos de C.V.S. La Fm. Bodonal, también con respuesta inhomogénea, muestra anomalías muy locales en el sector NO, quizás producidas por heterogeneidades de composición litológica interna de la unidad (rocas volcánicas básicas?). Los materiales más modernos de la Cuenca del Guadiana muestran uniformemente fondos bajos a muy bajos.

Factor de carácter litológico.

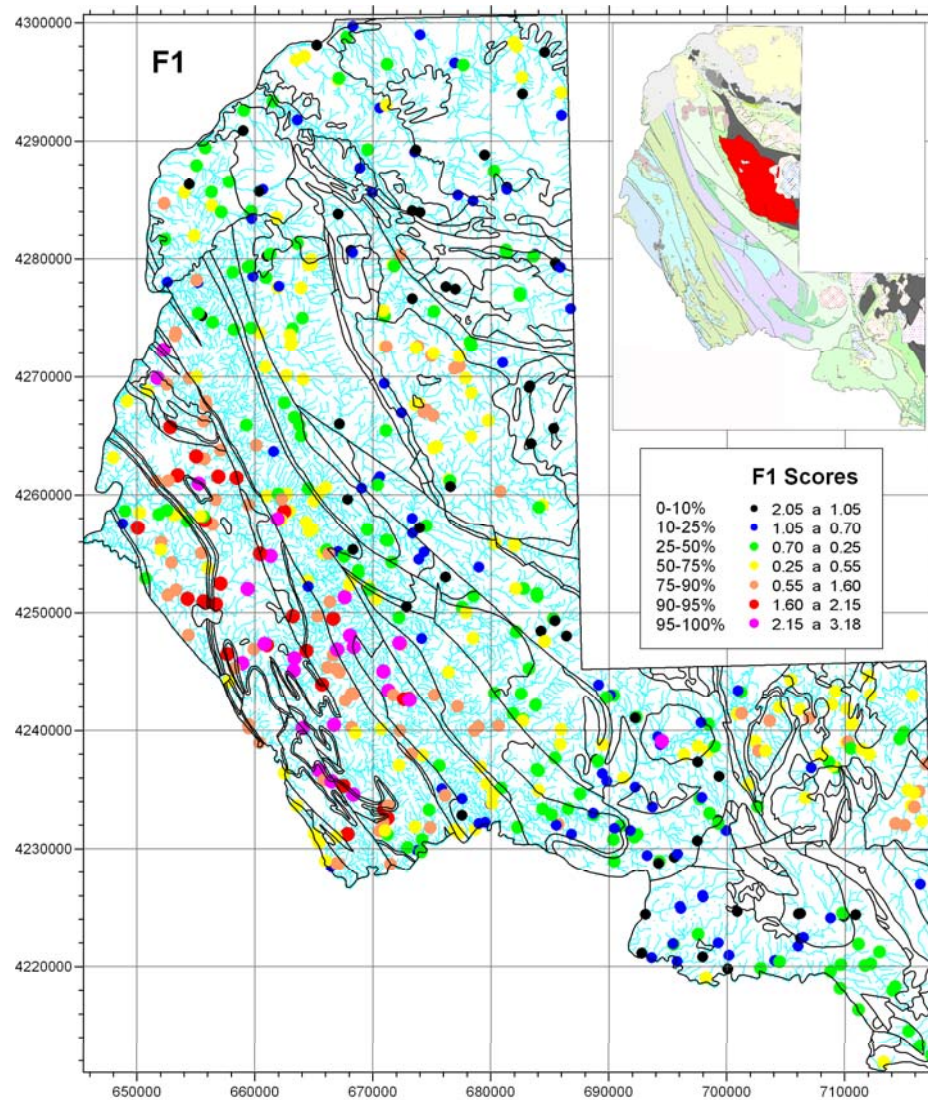


Figura 7.188 a. Factor 1: Sm-La-Ce-Nd-Eu-(Ni-U-Cu-As-Mn)
Análisis químicos de los concentrados de minerales pesados.
Extracción de 4 factores a partir de valores logarítmicos por el método de componentes principales (ACP). Explicación del 23.9 % de la varianza total.
Mapa de círculos con la distribución espacial de los factores score

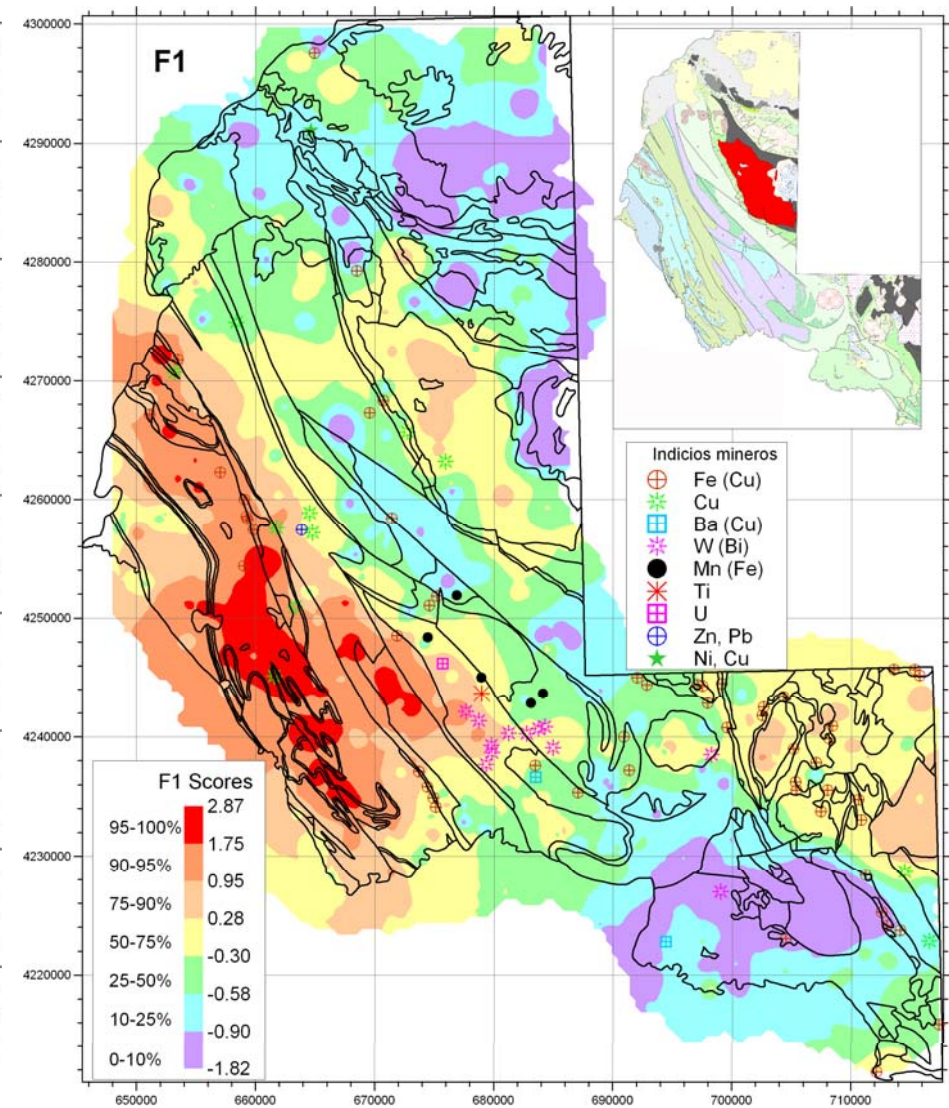


Figura 7.188 b. F1: Sm-La-Ce-Nd-Eu-Th-(Ni-U-Cu-As)
Mapa de contornos con la distribución espacial de los factores score del Factor 1
(A.F.P. con extracción de 4 factores por el método de componentes principales)
Análisis químicos de concentrados de minerales pesados

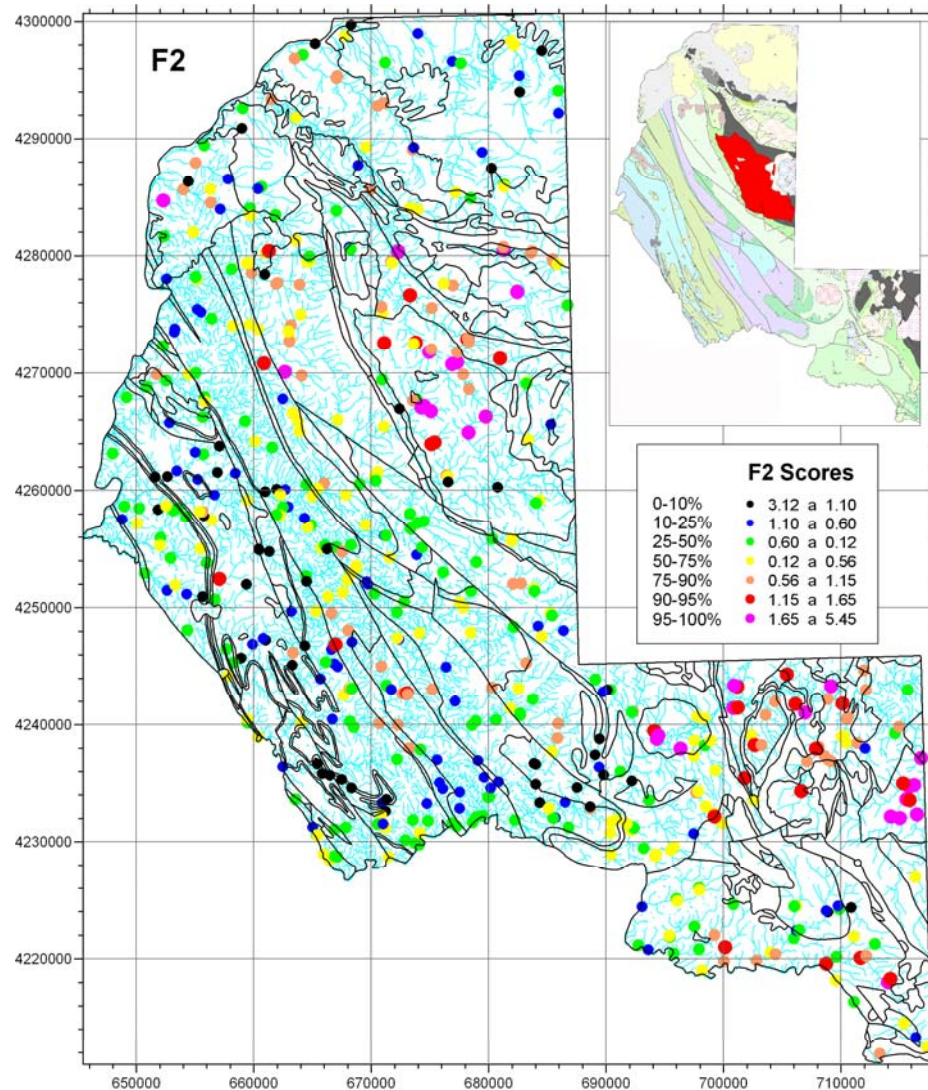


Figura 7.189 a. Factor 2: Yb-Lu-Hf-Ta-U-(Th-Na-Sc)
Análisis químicos de los concentraos de minerales pesados.Extracción de 4 factores a partir de valores logaritmicos por el método de componentes principales (AFP).
Explicación del 23.9 % de la varianza total.
Mapa de círculos con la distribución espacial de los factores score

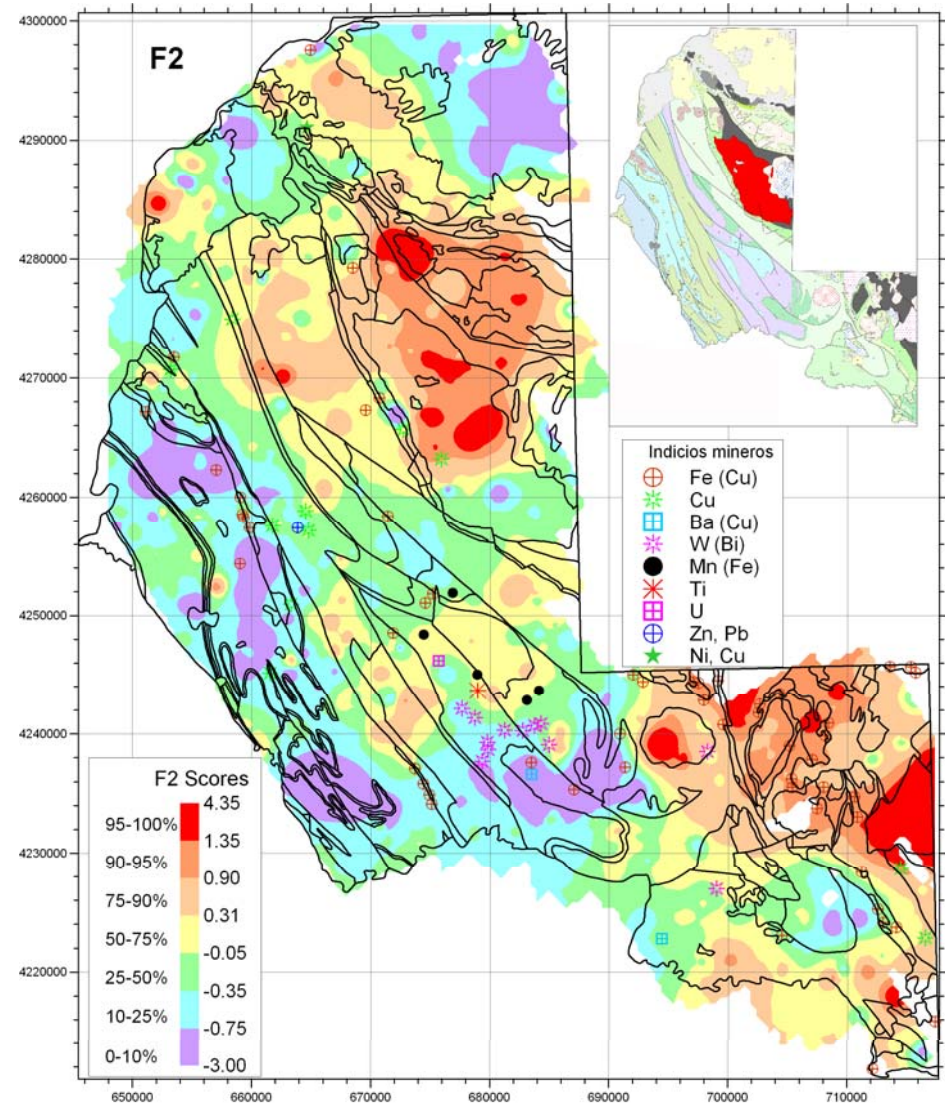


Figura 7.189 b. F2: Yb-Lu-Hf-Ta-U-(Th-Na-Sc)
Mapa de contornos con la distribución espacial de los factores score del Factor 2 (A.F.P. con extracción de 4 factores por el método de componentes principales)
Análisis químicos de concentraos de minerales pesados

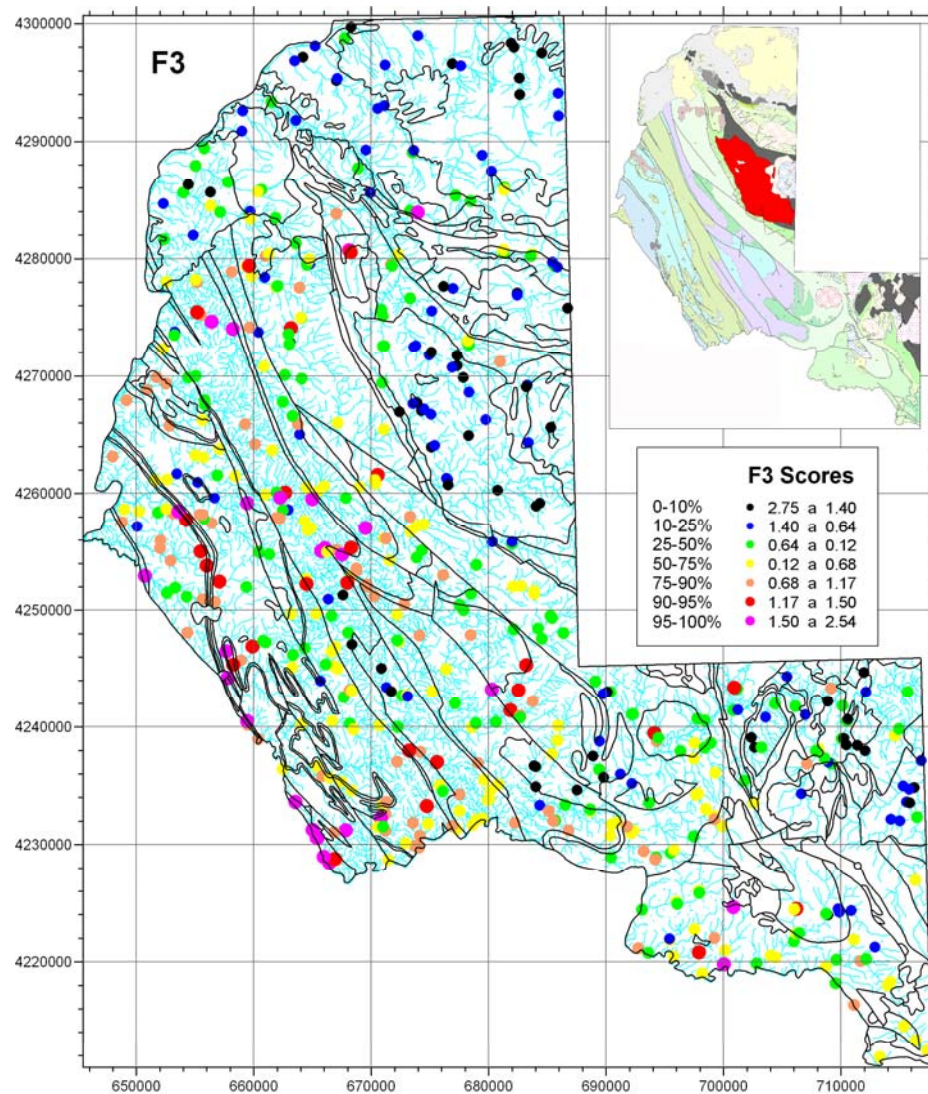


Figura 7.190 a. Factor 3: Zn-Pb-As-Mn-Sb-Ni-(Br-Co)
Análisis químicos de los concentraos de minerales pesados.Extracción de 4 factores a partir de valores logarítmicos por el método de componentes principales (AFP).
Explicación del 23.9 % de la varianza total.
Mapa de círculos con la distribución espacial de los factores score

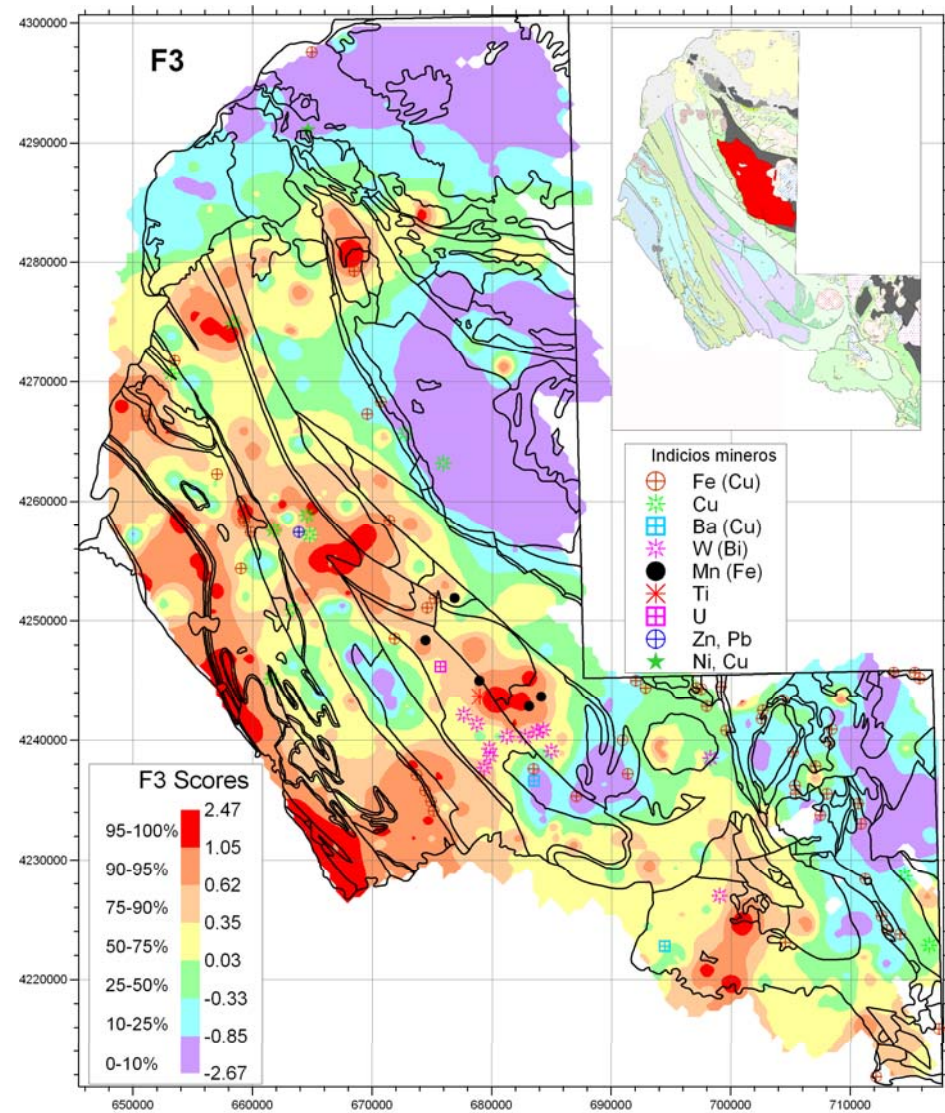


Figura 7.190 b. F3: Zn-Cu-As-Pb-Mn-Sb-Ni-(Br-Co)
Mapa de contornos con la distribución espacial de los factores score del Factor 3 (A.F.P. con extracción de 4 factores por el método de componentes principales)
Análisis químicos de concentrados de minerales pesados

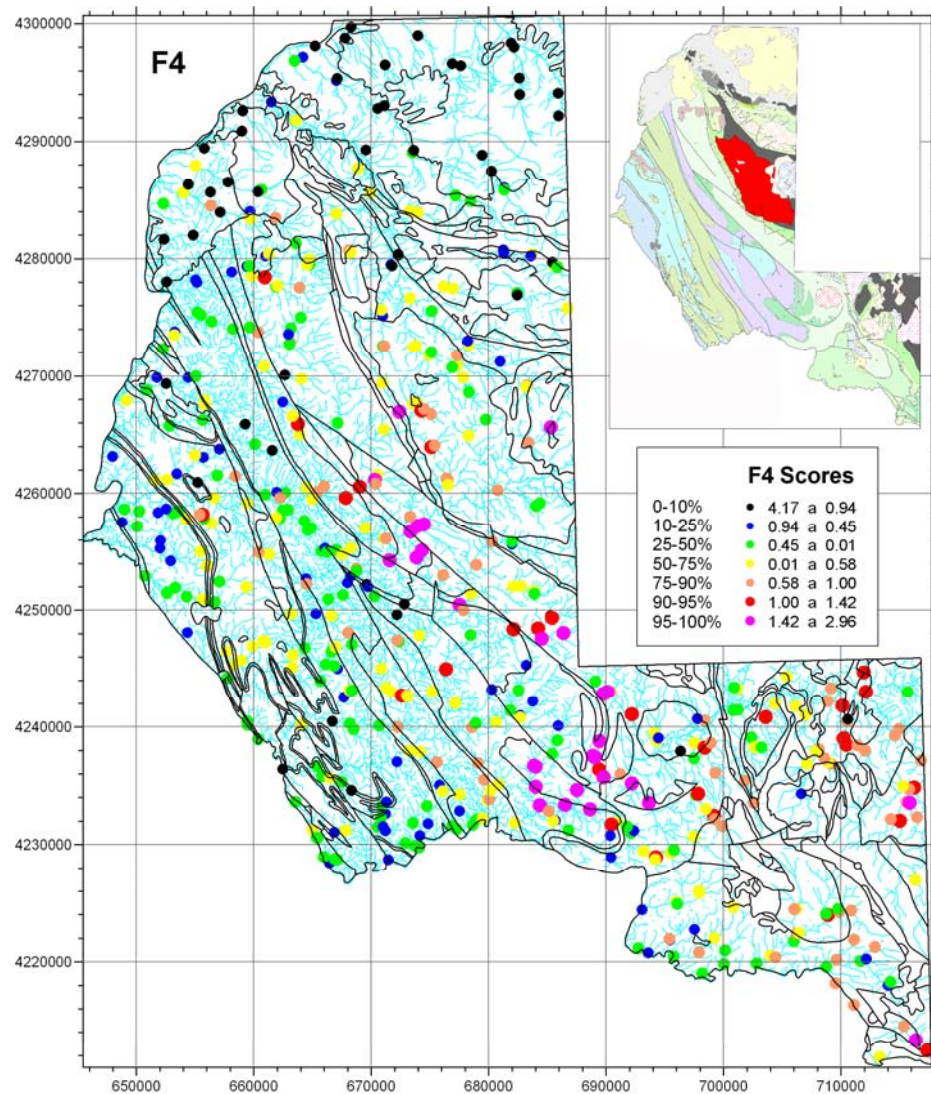


Figura 7.191 a. Factor 4: Co-Fe-Cr-Sc-(Ni)
Análisis químicos de los concentraos de minerales pesados.Extracción de 4 factores a partir de valores logaritmicos por el método de componentes principales (AFP).
Explicación del 23.9 % de la varianza total.
Mapa de círculos con la distribución espacial de los factores score

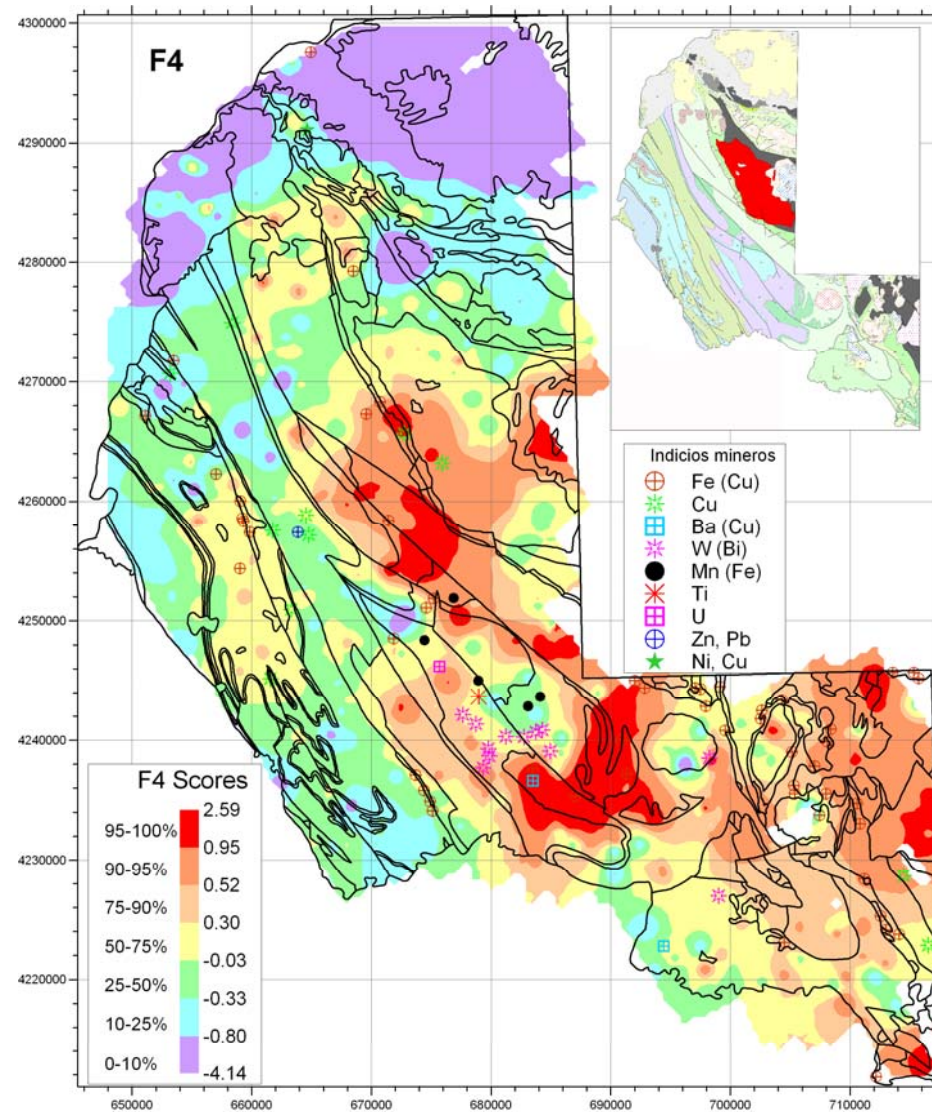


Figura 7.191 b. F4: Co-Fe-Cr-Sc-(Ni)
Mapa de contornos con la distribución espacial de los factores score del Factor 4 (A.F.P. con extracción de 4 factores por el método de componentes principales)
Análisis químicos de concentrados de minerales pesados

8.- SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN GEOQUÍMICA. ÁREAS ANÓMALAS Y CONCLUSIONES.

El objetivo principal de este estudio es, a partir de la información geoquímica elaborada, la definición y delimitación de áreas anómalas prospectivas con vistas a acometer en ellas estudios de detalle para su valoración. Dado la variada tipología de mineralizaciones existentes en la zona de estudio o que potencialmente podrían existir y la complejidad del soporte geológico es necesario aplicar todo el conocimiento geoquímico adquirido a la integración de las anomalías geoquímicas en su contexto geoquímica-geológico. De hecho, ya en fases anteriores se han determinado diversos tipos de anomalías, insertándolas en el medio geológico a través de su caracterización geoquímica.

8.1.- SÍNTESIS FINAL DE ANOMALÍAS Y ÁREAS PROSPECTIVAS

Las principales resultados y conclusiones de este trabajo son de varios tipos:

- De tipo geológico
- De tipo metalogénico
- De tipo prospectivo

8.1.1.- CONCLUSIONES DE TIPO GEOLÓGICO

La información geoquímica ha permitido elaborar hipótesis de carácter geológico que pueden enriquecer la consideración de las anomalías y zonas anómalas y su valoración. Las principales son:

- La caracterización geoquímica precisa de las unidades magmáticas y de sus firmas, que facilita el reconocimiento del soporte de las mineralizaciones y de las anomalías.
- La definición de rupturas geoquímicas, posiblemente relacionadas con grandes estructuras lineamentarias se ha realizado a partir de los mapas ternarios y de algunas pautas de distribución geoquímica. Su interés geoquímico está en la misma base de su definición. Varias de ellas se corresponden con estructuras ya detectadas a través de la imagen de satélite. La ventaja de esta aproximación es que, entre todos los numerosos lineamientos deducidos de la imagen satelitaria, se da primacía a aquellas con sentido geoquímico. Algunas de estas estructuras geoquímicas parecen controlar, en alguna medida, la presencia de mineralizaciones y anomalías (disposición lineamentaria del Te, lineamientos en relación con las mineralizaciones del área de Alconchel, la relación con anomalías monoelementales de Au).

La hipótesis de existencia de rocas intrusivas subaflorantes a partir de las firmas de éstas, en determinados contextos de filiación no ígnea, puede abrir nuevas expectativas de mineralizaciones y explicar o valorar mejor las anomalías presentes. En este sentido los rasgos geoquímicos existentes en un área situada en la Fm. Fatuquedo, al ONO del campo filoniano de W-Bi de Oliva de la Frontera, sugieren la existencia de una roca granítica en profundidad (altos contenidos de Na, U, B, Rb, delimitando ese área de forma precisa, y su respuesta geoquímica, muy similar a la de otros cuerpos intrusivos, en particular a la del de La Bazana). Es un hecho admitido (Mapa Metalogénico de Extremadura (IGME, Junta de Extremadura, 2008) que el campo filoniano de Oliva, también localizado en la Fm. Fatuquedo está genéticamente relacionado situado a cierta profundidad bajo las mineralizaciones y se manifiesta por fenómenos de metamorfismo (blastésis de minerales típicos de metamorfismo de contacto como la biotita) y, sobre todo de alteración hidrotermal, como procesos de muscovitización o de greisenización. En forma menos visible, la presencia de ese cuerpo granítico también se manifiesta por alteraciones en los contenidos de elementos geoquímicos de filiación granítica y metalogénica (enriquecimientos en Na, U, Li, Rb, Mo, Be). El problema radica en conocer qué relaciones existen entre esos dos intrusivos subaflorantes, probablemente variscos post-cinemáticos (similitud de respuestas con el de La Bazana, claras en el caso de una de ellas. Podría tratarse de intrusiones diferentes, o bien, formar parte de una misma intrusión más amplia. La posible presencia de rocas ígneas en profundidad explicaría en gran medida la existencia de las anomalías de W-Bi en la zona situada más al ONO y al NO (zona de Zahinos).

La definición de áreas anómalas corrobora en gran medida esa hipótesis, al haberse identificado sobre el supuesto intrusivo subaflorante un área anómala con W-Bi y Au, amplia y coherente. La asociación geoquímica anómala, reúne, además de los elementos químicos normalmente asociados a estas mineralizaciones como W-Bi-Sn-Mo-As-Cu-Sb-Pb-Au, otros elementos granitófilos como Na, be, Li, Rb, Tierras Raras, U. Al interés de esta hipótesis, se añade el hecho de que aunque en la cartografía geoquímica no se identifica tan nítidamente otro cuerpo intrusivo subaflorante, se han determinado otras amplias zonas anómalas situadas al NO del campo filoniano de Oliva (zona de Zahinos), muy similares geoquímicamente, que contienen también elementos granitófilos, lo que justificaría pensar en un fenómeno menos local de lo inicialmente pensado. Las respuestas de los cuerpos subaflorantes pueden ser diferentes o más o menos intensas en función de diferencias composicionales o de pequeñas diferencias de profundidad de intrusión..

- La presencia de ciertos enriquecimientos a gran escala de elementos como el Te, definiendo bandas “extrañas” que cortan a las estructuras geológicas y en gran medida coincidentes con estructuras de discontinuidad importantes pueden ser el reflejo de amplios sistemas hidrotermales controlados por ellas. Estos elementos, como el Te en este caso o el Se (ver CEGSOM-Fase 1) pueden ser trazadores de sistemas menos visibles en otros elementos y su control importante a efectos prospectivos.

Algunos de estos rasgos pueden visualizarse en las figuras 8.2 y 8.3, realizadas en mapas de distribución ternaria que integran al Te en su comparación, en un caso con Se y, en otro con B.

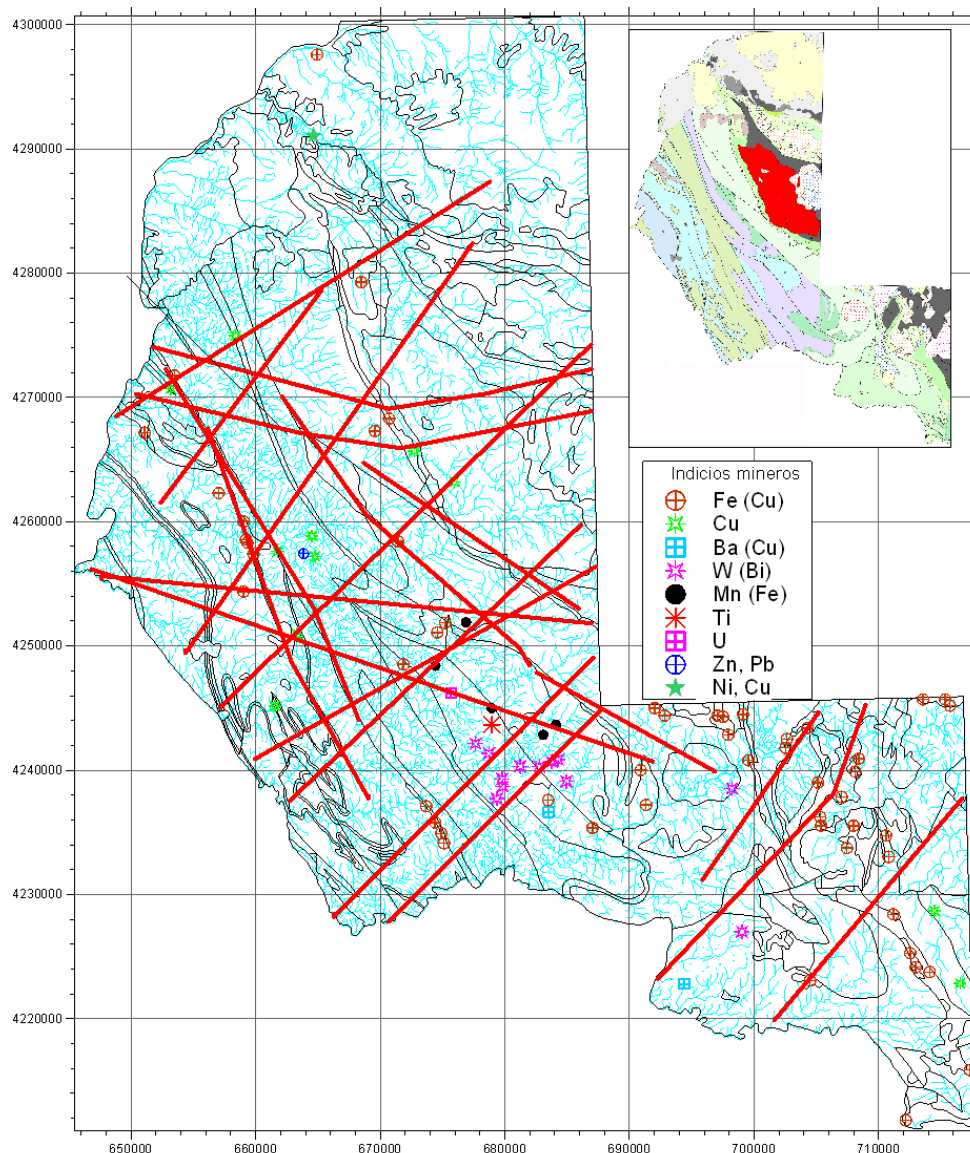


Figura 8.1. Mapa de las principales discontinuidades de carácter geoquímico observadas.

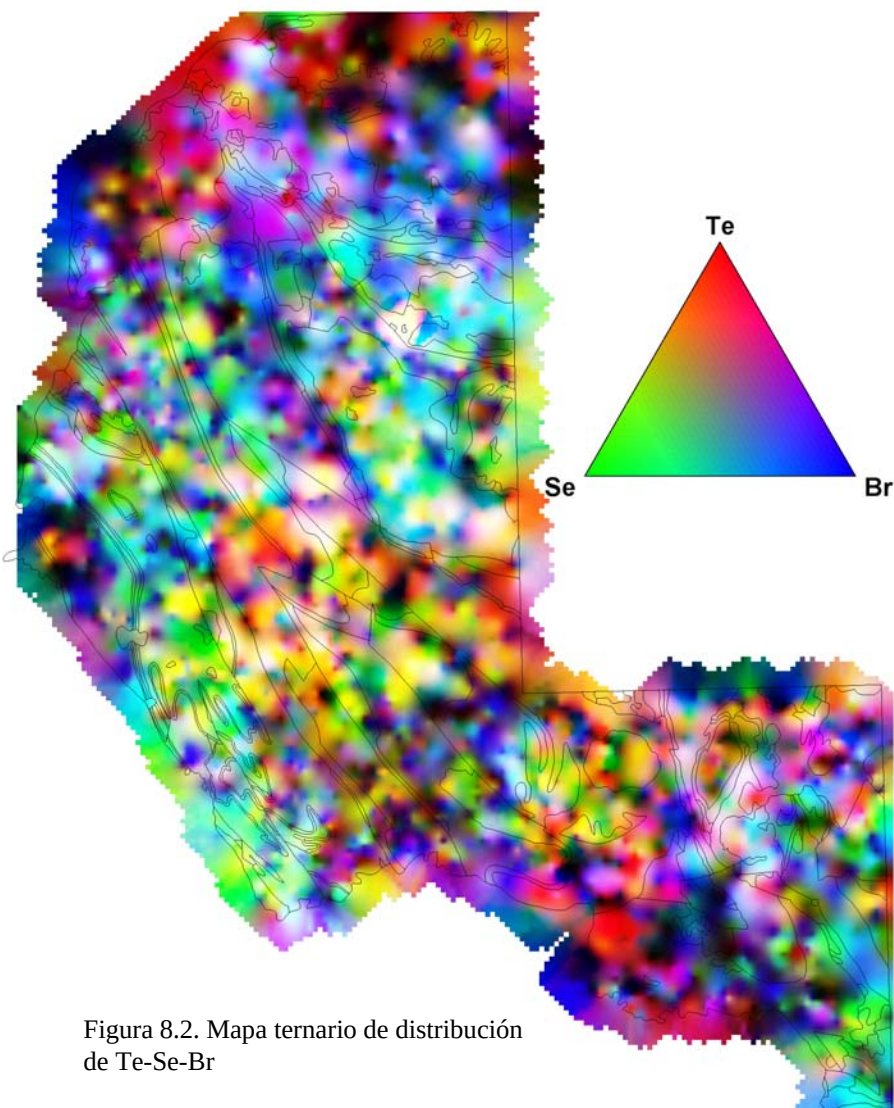


Figura 8.2. Mapa ternario de distribución de Te-Se-Br

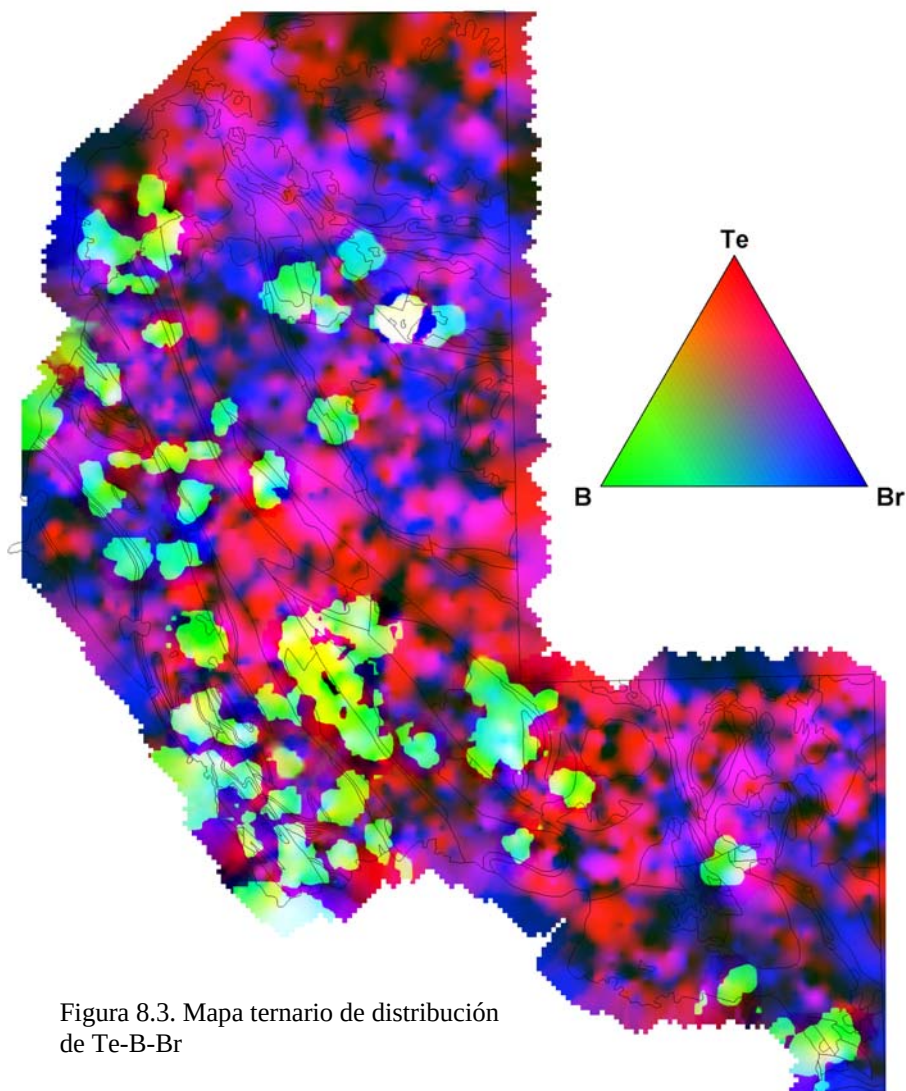


Figura 8.3. Mapa ternario de distribución de Te-B-Br

8.1.2.- CONCLUSIONES DE TIPO GEOQUÍMICO-METALOGÉNICO

Las principales conclusiones de tipo geoquímico-metalogénico tienen que ver con las respuestas geoquímicas de las diferentes mineralizaciones existentes en la zona. Dado el elevado número de elementos químicos analizados se conocen mejor las firmas de las mineralizaciones. Así, se reconocen firmas de las mineralizaciones tipo más importantes que parecen incluir elementos insospechados hasta ahora. Las mineralizaciones de Fe de la zona de Jerez, de Brovales y Burguillos, aparentemente simples desde el punto de vista geoquímico pueden incluir en su firma elementos como el Mo o el Se, además del Cu y del Au. Las mineralizaciones de Oliva traducen su complejidad paragenética en una amplia gama de elementos en su firma (As, Bi, Se, Mo, Sb, S, W, Sn, Cu, Pb, Zn, Li, Cd, Ag, Au y T.R.). Las de Alconchel incorporan, además de los metales base clásicos (Fe, Cu, Pb, Zn), a Ag, Au, Ba, Bi, As, Sb, Ni, Co, S, Se, Te. El conocimiento de estas firmas es básico para la definición de zonas anómalas.

8.1.3.- CONCLUSIONES DE TIPO PROSPECTIVO. DEFINICIÓN DE ZONAS ANÓMALAS.

La interpretación de los datos extraídos de la **cartografía geoquímica**, que aporta información sobre las relaciones geoquímica-geología, de los mapas de **anomalías elementales** y de los mapas mineralométricos, teniendo en cuenta el medio geológico y metalogénico del área, conduce a la definición de una serie de áreas **anómalas prospectivas**. La naturaleza y dimensiones de estas áreas son variables. Puede tratarse de pequeñas cuencas anómalas en posible relación con mineralizaciones o de áreas más amplias y menos definidas, pero con una confluencia de rasgos favorables que las hacen merecedoras de un estudio más detallado. Dada la abundancia y densidad de datos geoquímicos y la dispersión de anomalías puntuales, podrían haberse definido cientos de áreas anómalas de dimensiones muy variables. Por ello, y de acuerdo con lo antes dicho, se ha preferido delinear áreas de cierta entidad que pueden incluir varias anomalías con personalidad propia o representar a un sistema de mineralización más amplio y, quizás, no uniforme.

Las principales áreas anómalas prospectivas, delimitadas en la zona de estudio, aparecen en la figura 8.2, con expresión de los elementos químicos en sedimentos, minerales pesados y elementos en los concentrados de minerales pesados que contribuyen a su consideración de zonas anómalas. Son las que se describen a continuación, ordenadas por unidades geológicas. Figuran en los mapas a escala 1/150.000 de la sección de Mapas 1/150.000. Destacan una serie de zonas que constituyen entornos anómalos coherentes por varios motivos, por la fertilidad de la formación en que se encuentran (Fm. Malcocinado, Fm. Azuaga, Fm. Carbonatada por ejemplo), por la coherencia de los elementos químicos que las definen, por la coincidencia con anomalías mineralométricas, por la amplitud espacial de su respuesta.

En el **Mapa de Síntesis de Áreas Anómalas** (figura 8.4) aparecen las zonas anómalas numeradas, con expresión de los componentes anómalos (en **negro**, elementos anómalos en sedimentos de corriente, en **negro y cursivas**, minerales pesados en concentraciones anómalas y, en **azul**, los contenidos elementales anómalos en concentrados de minerales pesados. Se han definido en total **43 zonas anómalas**.

Las áreas anómalas se han determinado y valorado en función de varios criterios:

- Por la coherencia de los elementos asociados
- Por la estructuración de los puntos anómalos
- Por su relación con la estructura geológica y con los tipos de mineralizaciones existentes o esperables.
- Por la congruencia de los valores anómalos en los diferentes tipos y medios de muestreo.
- Por los valores alcanzados y la amplitud de las anomalías definidas.

En principio, se hizo el intento de definir áreas coincidentes con cuencas de drenaje, independientemente de sus dimensiones, dados los tipos de muestras tomadas, ligadas al concepto de drenaje. Sin embargo, la complejidad de la estructura de la red hidrográfica y las formas muy irregulares de los canales principales ha llevado, en algunas zonas, a seleccionar dominios en función de unidades litológicas, cubriéndolas en determinados sectores.

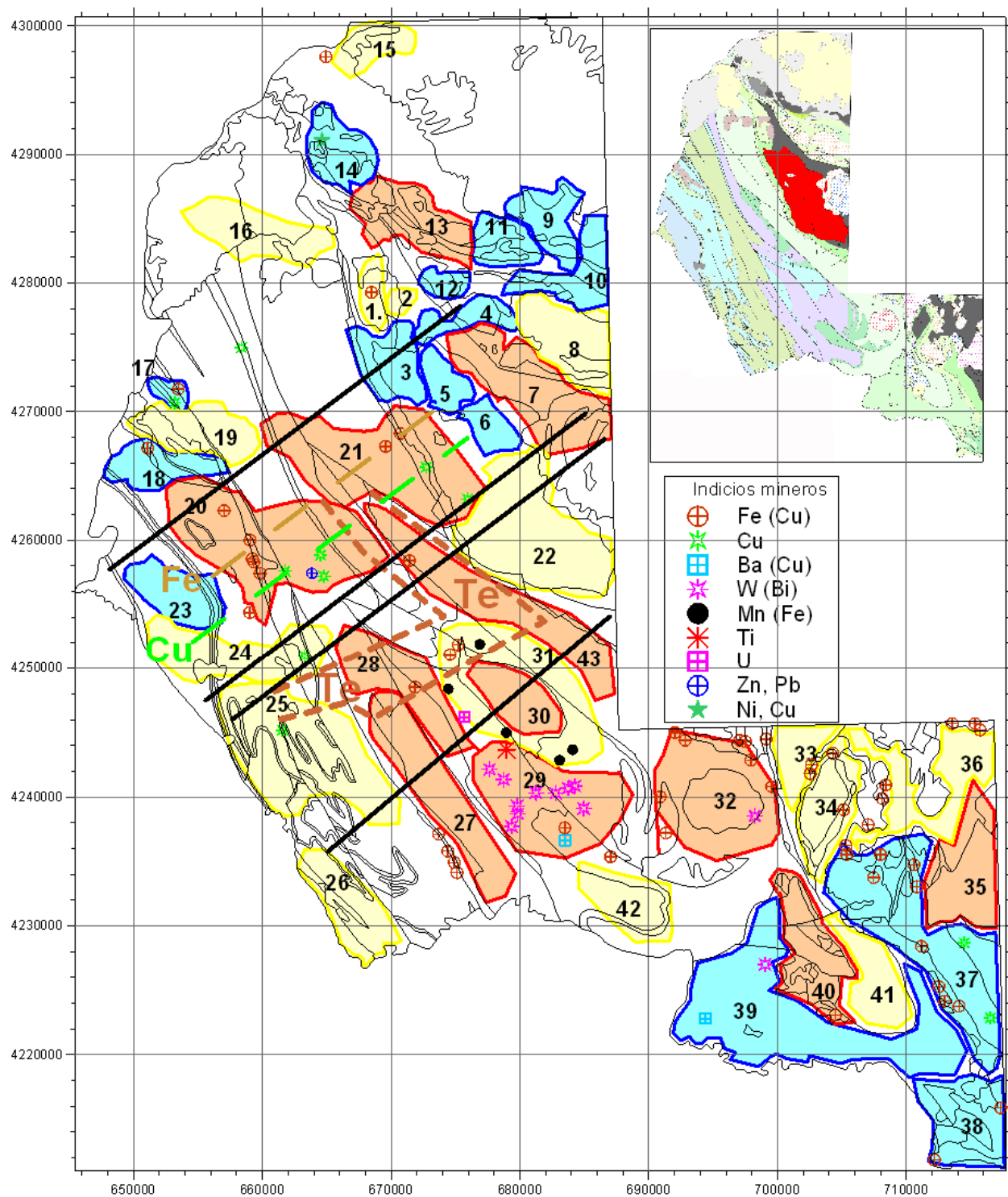


Figura 8.4. Mapa de síntesis de las áreas anómalas.
 Rosa: áreas anómalas de mayor interés prospectivo. Amarillo pálido: áreas de interés medio.
 Azul claro: áreas anómalas de bajo interés.

- 1.- Ag-Ba-Fe-Mn-Pb-Sb-Au-Cu-Zn-Barita-Es specularita-Hematites-Magnetita-Monacita-Pirita-Ag-Ba-Co-Cu-Mn-Mo-Pb-S.
- 2.- Ag-Au-Ba-Fe-Mn-Pb-Sb-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Pirita-Rutilo-Scheelita. **Mn-Cu.**
- 3.- Au-As-Cu-Li-Te-Ti- Oro-Esfalerita-Anatasa-Berilo-Scheelita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Pirita-Au.
- 4.- Ag-As-Cd-Pb-Sn- Monacita-Hematites-Ilmenita-Pirita-Rutilo-Ta
- 5.- Au-Hg-Ba-Cu-Te-Ta-Ti-U- Scheelita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Rutilo-W-U-Lu-Yb.
- 6.- Cd-Cu-Nd-Yb-Sm-Ti-U-Berilo-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Rutilo-Lu-Ta.
- 7.- Ag-As-Au-Bi-Cd-Hg-Mo-Na-P-Sb-Se-Sn-Te-Zn-B-Cu-Lu-Nd-Sm-Ti-U-Yb-Ba-Scheelita-Es specularita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Rutilo-Au-Na-Lu-Ta-Yb.
- 8.- Ag-As-Bi-Cu-Cu-Hg-Mn-Mo-P-Sb-Sn-Zn-Li-Eu-Lu-Nd-Sm-Ta-Ti-Yb-Barita-Berilo-Casiterita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Rutilo-Ta
- 9.- Au-Bi-Cd-Sb- Ilmenita-Rutilo- S.
- 10.- Cu-Ag-Bi-Hg-Sb-Ta-Eu- Es specularita-hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita- S-Ta.
- 11.- Cd-Ag-Bi-Hg-Se- Rutilo- Cs.
- 12.- Ag-As-Sb-Au-Cu-Hg-Cd-Lu-Yb-Nd-Sm- Circón-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Rutilo-Hf-Lu-Yb-U-Ta- Tb-Th.
- 13.- Au-Co-Ag-Cd-Ni-Sb-Te-Zn-Ti- Hematites-Ilmenita-Cinabrio-Magnetita-Rutilo-Pb.
- 14.- Ag-Au-Cd-Mn- Hematites-Berilo-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Pirita-Rutilo.
- 15.- Au-Ag-P-Cu-Cd-Hg-S-Se-Zn-Sn-Lu-Yb-Sm-U-Berilo-Cinabrio-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Xenotima.
- 16.- Au-Bi-Cu-Cd-B-Hg-P-Pb-Sn-Te-Ce-Eu-Nd-Sm-Ti-U-Zn-Oro-Scheelita-Casiterita-Hematites-Ilmenita-Pirita-Monacita-Pirita-Rutilo- Au-S-Zn-U-Yb.
- 17.- Bi-Cu-Sb-W-Goethita-Hematites-Hematites-Magnetita- Pirita-As-Cu-S-Ce-Eu-La-Nd-Sm-U.
- 18.- Au-Bi-Cu-As-Hg-Mn-Mo-P-Sb-Zn-W-Ce-La-Nd-Sm- Apatito-Berilo-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Pirita-Rutilo- As-Cu-Br-Mn-Mo-Ce-Eu-La-Nd-Sm-Tb.
- 19.- Au-As-Ag-Bi-Ba-Cu-Pb-P-Hg-Mn-Mo-Sb-Se-Te-W-Ta-U-Yb- Berilo-Scheelita-Apatito-Circón-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Pirita-Rutilo- Cs.
- 20.- Au-Ag-Bi-Ba-Cd-Cu-Fe-Mo-Mn-Na-P-Pb-Sb-Se-Te-Ti-Li-Ce-La-Eu-Nd-Sm-Yb-Ta- Oro-Scheelita-Berilo-Es specularita-Granate-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Pirita-Rutilo- As-Ag-Au-Ba-Br-Cd-Co-Cu-Te-Mn-Mo-Ni-Pb-S-Rb-Cs-Ce-Eu-La-Nd.
- 21.- Au-Ag-As-B-Ba-Bi-Cu-Cd-Ni-Pb-S-Se-Te-Mn-Li-Hg-Lu-U-Scheelita-Berilo-Circón-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Pirita-Rutilo- Ag-Au-Ba-Cd-Pb-W-S-Fe-Mn-Te-Cs.
- 22.- Au-As-Co-Cu-Ni-P-Pb-Zn-Se-Te-Na-Rb-Lu-Ti-U- Oro-Barita-Berilo-Es specularita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Muscovita-Pirita- Rutilo- Au-Ag-Ba-Lu-Na-Rb.
- 23.- Au-Co-Cu-Sb-Zn-Li-Ta-Ti-Anatasa-Berilo-Casiterita-Es specularita-Goethita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Pirita-Rutilo-Au-As-Ba-Br-Ce-Cu-La-Mo-Ni-Sb-Sm-Zn.
- 24.- Au-Ag-As-Ba-Bi-Cu-Fe-Sb-Te-Sn-W-Ta-Eu-La-Nd-Sm-Oro-Anatasa-Brookita-Casiterita-Esfalerita-Wolframita-Scheelita-Es specularita-Goethita-Hematites-Magnetita-Ilmenita-Pirita-Rutilo-As-Cu-Mo-Br-Mn-Mo-Ni-Zn-Rb-Ce-Eu-La-Nd-Sm-Tb.
- 25.- Au-Mn-Mo-Hg-Te-Ba-Bi-Co-Cu-Ni-P-Pb-S-Sb-Se-Sn-Zn-Ta-Eu-La-Nd-Sm-Oro-Wolframita-Scheelita-Berilo-Es specularita-Goethita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Pirita-Rutilo-Au-Ag-As-Cu-Mn-Ni-Pb-S-Zn-Cs-Ta-Ce-Eu-La-Nd-Sm-Tb-Th-U-Yb.
- 26.- Au-As-B-Sb-Cd-Co-Cu-Fe-Mn-Mo-P-Se-Zn-Eu-Ta-U-Oro-Berilo-Cinabrio-Goethita-Es specularita-Magnetita-Hematites-Ilmenita-Pirita-Rutilo-Au-As-Mn-Mo-Rb-Br-Cd-Cs-Cu-Ni-Pb-S-Sb.
- 27.- Au-As-W-B-Bi-Cu-Mo-Na-Te-Sn-Ce-Eu-La-Nd-Sm-Oro-Wolframita-Scheelita-Barita-Berilo-Casiterita-Es specularita-Granate-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Pirita-Rutilo-Turmalina-Au-Ba-W-Co-Cs-Mo-Na-Ni-S-Ta-Ce-La-Lu-Nd-Sm-Tb-Th-Yb-U.
- 28.- As-Au-Bi-B-Cu-W-Mn-Mo-B-Ni-La-Li-Te-Sn-La-U- Wolframita-Scheelita-Oro-Pirita-Muscovita-Monacita-Barita-Berilo-Esfalerita-Au-As-Cu-W-Pb-Zn-Mn-Fe-Mo-Ni-Rb-Br-Cs-U.
- 29.- W-Au-As-Bi-B-Mn-Sb-Mo-P-Ag-Ni-Zn-Sn-Sb-Se-Yb- Wolframita-Scheelita-Casiterita-Hematites- Magnetita-Pirita-Rutilo-Monacita- W-Au-Mo-Mn-Cu-Cd-As.
- 30.- Au-As-W-Se-Te-Li-Bi-Cd-Mo-Sb-Sn-Zn-Lu-Yb-U-Scheelita-Barita-Cinabrio-Magnetita-Ilmenita-Rutilo- Au-Mo-Zn-W-Rb-Cd-Cs-Ba-As.
- 31.- Mn-Au-P-Pb-Zn-As-B-U-Bi-Cd-Co-Cu-Li-Scheelita-Es specularita-Hematites-Magnetita-Anatasa-Rutilo-Mn-W-Ba-Au-Cd-Pb-Zn-P-Mo-Yb.
- 32.- Au-Ag-Cu-W-Sn-Pb-Bi-S-Fe-Na-Hg-Cu-Cd-Sb-Pb-Zn-Se-Te-Ta-Li-La-U-Scheelita-Wolframita-Barita- Magnetita-Hematites-Esfalerita-Es specularita-Berilo-Pirita-Muscovita-Au-Ag-Bi-W-Pb-Rb-S-Te-Cd-Ta-Ce-La-Lu-Nd-Sm-U-Th.
- 33.- Au-Ag-Pb-Zn-Cd-Cu-Mn-W-U- Wolframita-Scheelita-Hematites-Pirita-Magnetita-Es specularita-Xenotima- Au-Pb-S-Zn-Cd-Sb-W-Hf-Th-U.
- 34.- W-Mn-Te-Au-Zn-Cd-P-Ta- Oro-Scheelita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Pirita-Granate- Ag-Cd-W-Ba-Ni-Lu.
- 35.- Au-Ag-As-Bi-Ni-W-As-Cd-Co-Fe-Zn-W-Cs-Ta-Ti-Lu-Yb-U- Magnetita-Ilmenita-Oro-Scheelita-Hematites-Rutilo- Au-Ag-Cd-Fe-Cu-Ba-W-Zn-Rb-Hf-Ta-Th-Lu-Yb-U.
- 36.- Au-Bi-Cu-W-Hg-As-Ni-Se-Zn-U- Magnetita-Scheelita-Wolframita-Berilo-Es specularita-Ilmenita-Pirita-Rutilo-Monacita- Au-W-Cd-Ag-S-U.
- 37.- Au-Ag-Bi-Mn-S-Te-Sn-Cd-As-Pb-Sb-W-Zn-Ti-Lu-U- Oro-Scheelita-Magnetita-Hematites-Es specularita- Ilmenita-Rutilo- S.
- 38.- Mn-Au-Ag-Ba-Sb-Cu-Pb-B-Ti- Hematites-Es specularita-Ilmenita-Pirita-Wolframita-Granate-Cd-S.
- 39.- Au-Ag-S-Cu-Hg-Te- Oro-Wolframita-Hematites-Es specularita-Scheelita-Ilmenita-Magnetita-Pirita-Rutilo- Au-Pb-Ag-Cd-Cu.
- 40.- Au-Ag-Cu-Pb-Zn- Hematites-Ilmenita-Horblenda-Magnetita-Pirita-Monacita- Au-Cd-Pb-S.
- 41.- Au-Bi-Ag-Cd-Cu-Pb-Hg-S-W-Sn-Zn-S-P-Sb- Oro-Hematites-Wolframita-Ilmenita-Magnetita-Scheelita-Monacita-Rutilo- Au-Pb-S.
- 42.- Bi-Cd-W-Au-Li-Zn-Ag-B-Zn-Pb-Sb-Ta- Oro-Scheelita-Pirita-Berilo-Malaquita-Hematites-Magnetita-Brookita-Rutilo- Au-Cd-S-Ag-Co-Mo-Rb-Sb-Zn.
- 43.- Au-Hg-Bi-Cu-Pb-Zn-Te-Mo-Mn-P-Mn-Ni-Ti-Na-Nd-Yb-Oro-Scheelita-Casiterita-Goethita-Magnetita-Pirita-Hematites-Ilmenita-Rutilo-Circón-Turmalina-Xenotima-Au-Ag-Ba-Pb-Cd-Co-Br-Mn-Li-Cs.

Relación de las 43 áreas anómalas definidas, con expresión de los elementos y minerales anómalos

Las zonas anómalas consideradas pueden dividirse en dos tipos, la de aquellas que contienen de forma significativa mineralizaciones y minas conocidas, de las cuales las anomalías son, total o parcialmente la respuesta, y la de aquellas sin mineralizaciones, en las cuales las anomalías corresponden a las posibles mineralizaciones, que hay que prospectar. A continuación se describen y comentan las más significativas o representativas de los grupos o tipos de anomalías. Los indicios citados están catalogados de acuerdo con las sustancias atribuidas a ellos en el Mapa Metalogenético de Extremadura a escala 1/250.000 (2007).

1.- Ag-Ba-Fe-Mn-Pb-Sb-Au-Cu-Zn-Barita-Especularita-Hematites-Magnetita-Monacita-Pirita-Ag-Ba-Co-Cu-Mn-Mo-Pb-S.

Contexto geológico: Fm. Carbonatada y afloramiento de Carbonífero Superior en el sector N. Existe un indicio de Fe (Los Condes) en la Fm. Carbonatada. Se trata de una mineralización similar a las muchas existentes en dicha unidad, con morfología irregular y consistentes en diseminaciones de metales base o de Ba, relacionadas probablemente con remplazamientos locales, generalmente, de pequeñas dimensiones.

La anomalía se define por una asociación geoquímica de metales base, Au y Ba, con Mn derivado probablemente de un reemplazamiento de los carbonatos cálcicos por carbonatos con Fe y Mn (anqueritas o sideritas). Los valores anómalos corresponden, en general a anomalías de 2º o 3º orden. La asociación mineralógica, aunque reducida, es lógica. Se le atribuye un interés medio (o medio bajo) por la coherencia de la anomalía y los contenidos en Au.

2.- Ag-Au-Ba-Fe-Mn-Pb-Sb-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Pirita-Rutilo-Scheelita. Mn-Cu.

Contexto geológico: Fm. Carbonatada. Y afloramiento de Carbonífero Superior. Esta anomalía, de superficie relativamente reducida, corresponde a un arroyo que, viniendo del E confluye con el NNO-SSE de la anomalía anterior. No existen indicios mineros conocidos.

Las asociaciones geoquímicas en los diferentes medios de muestreo son coherentes, aunque esta es algo más simple que la anterior. No se ha detectado Au en el concentrado de minerales pesados pero sí que aparece algo de scheelita. Esta anomalía parece menos importante que la anterior pero su interés radica en que potencia a ésta, pues aumenta la posible extensión de la diseminación metálica.

3.- Au-As-Cu-Li-Te-Ti- Oro-Esfalerita-Anatasa-Berilo-Scheelita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Pirita-Au.

Contexto geológico: Fm. Bodonal, Serie Negra y rocas graníticas del intrusivo de Táliga, en facies de borde. No existen indicios mineros conocidos.

Reúne, en las asociaciones anómalas que la constituyen, elementos y minerales de filiación granítica (Li, Berilo, Ti, Scheelita) y otros que pueden provenir de la Serie Negra o de la Fm. Bodonal, y sobre todo del propio granito de Táliga.. El Au y el As podrían provenir de ambas unidades, pues corresponden a puntos anómalos en Au algo separados y que drenan a ambas unidades y al granito. El Te (anomalía de orden 1º) parece provenir de la Serie Negra. Sin embargo, el oro determinado en el concentrado parece ligado a la Fm. Bodonal (> 1.000 µg de Au). Es importante la coexistencia de anomalías de Au en todos los medios de muestreo, pues la hacen más consistente.

Interés prospectivo medio, por tratarse de entornos favorables para mineralizaciones de Au, y a pesar de una cierta inconsistencia espacial.

4.- Ag-As-Cd-Pb-Sn- Monacita-Hematites-Ilmenita-Pirita-Rutilo-Ta

Contexto geológico: el área pasa de materiales de Serie Negra, en la parte inferior de la cuenca hidrográfica considerada, a la Fm. Carbonatada y a rocas graníticas-sieníticas (Almendral), en su parte alta.

Los puntos anómalos en Ag, Cd, Pb y Sn (4º orden), drenan a la roca granítica, estando los anómalos en As aguas abajo (mayor movilidad o diferente fuente, Fm. Carbonatada). Los minerales pesados son

probablemente, en su mayoría, de origen ígneo. La anomalía de Ta (varias de 2° a 4° orden, con hasta 40 ppm de Ta) provienen del granitoide. Podría tratarse de un filón o de una disseminación polimetálica con Sn-Ta en granito.

Interés prospectivo del área **bajo**.

5.- **Au-Hg-Ba-Cu-Te-Ta-Ti-U- Scheelita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Rutilo-W-U-Lu-Yb.**

Contexto geológico: rocas graníticas post-colisionales precámbricas de Táliga y pequeños afloramientos de stocks intrusivos, en el anterior, de granitos cambro-ordovícicos en la cabecera de cuenca. No hay indicios conocidos.

El posible interés de éste área radica en la presencia de 3 puntos anómalos de Au (orden 3°) cohesionados en una misma subcuenca, coincidiendo con 2 puntos anómalos en W (orden 3°, 100-250 mg/kg). Aguas abajo en la misma subcuenca hay un grupo muy cohesionado de puntos anómalos en Hg (5 de orden 1° y 2 de 2°). Hay otros valores anómalos en elementos graníticos (Ta, Yb, U, Lu). Esta anomalía podría estar relacionada con filones o disseminaciones de con W-As-Au, quizás asociados a los stocks d granitos cambro-ordovícicos de la cabecera.

Sería necesario un reconocimiento en campo y una posterior densificación de la geoquímica de concentrados de minerales pesados.

Interés prospectivo **bajo** (o medio), teniendo en cuenta el interés creciente por el W).

6.- **Cd-Cu-Nd-Yb-Sm-Ti-U-Berilo-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Rutilo-Lu-Ta.**

Contexto geológico: rocas graníticas del cuerpo intrusivo de Táliga. No hay indicios mineros conocidos en la zona.

Los elementos químicos definitorios de este área anómala son fundamentalmente elementos litófilos y granitófilos. La presencia de unas débiles anomalías de Cu (orden 3°) y sobre todo, de Cd (orden 3°), no presentan coherencia espacial. Las de Cd pueden corresponder a los fondos llamativos de este metal en las rocas graníticas de los granitoides de Táliga y de Almendral. Más lógicos son los puntos anómalos (sedimentos y concentrados) en elementos como U (orden 1°), Yb y Lu (orden 2° en concentrados) y en Nd y Sm. Sería necesaria una densificación de pauta de muestreo de concentrados de minerales pesados para desechar esta zona anómala por su bajo interés.

Interés prospectivo **bajo**

7.- **Ag-As-Au-Bi-Cd-Hg-Mo-Na-P-Sb-Se-Sn-Te-Zn-B-Cu-Lu-Nd-Sm-Ti-U-Yb-Ba-Scheelita- Espearularita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Rutilo-Au-Na-Lu-Ta-Yb.**

Contexto geológico: granito de Táliga, granito de Almendral, granito de Barcarrota y, entre ellos, afloramientos de Serie Negra y de Fm. Carbonatada. En el contacto entre Serie Negra y Fm. Carbonatada existen dos pequeñísimos stocks graníticos (superficies inferiores a 1 km²), satélites del granito de Almendral, intrusivos en los materiales carbonatados. Cuenca litológicamente variada y compleja, en la que son de esperar mezclas de materiales en los arroyos. No hay indicios mineros en la zona.

La gama de elementos anómalos es muy amplia y consta de elementos con afinidad granítica marcada (Tierras Raras, U, Ti, Sn, Ti) y de numerosos elementos metálicos de afinidad menos definida. Destaca la presencia de anomalías de Au en sedimentos y en concentrados de minerales pesados. El rasgo más esencial es la fuerte cohesión y consistencia espacial de los puntos anómalos, que alcanzan valores anómalos de órdenes muy significativos (1°, 2°, 3°) en un amplio grupo de elementos. Los puntos anómalos están, en gran medida, localizados en la cercanía inmediata de los pequeños stocks graníticos y en la Fm. Carbonatada en contacto con la Serie Negra. Destacan las anomalías de Ag (1° y 2° orden) en Fm. Carbonatada y Serie Negra, de As (igual que Ag), Au (2° y 3°) en Serie Negra, B en la Fm. Carbonatada, Bi (1° y 2°) en Serie Negra, Cd (Fm. Carbonatada y Serie Negra, Cu en serie Negra y en borde del granito de Almendral, Hg (3°) en Fm. Carbonatada junto al stock, Mo (2 de 2°) en la Serie Negra. Otros elementos que muestran esta misma pauta (anomalías junto stocks graníticos y, en arroyos contiguos, en Serie Negra o Fm. Carbonatada en contacto con el granito de Almendral), son Mo, Na, P,

Sb, Se, Te, Zn. El Au (2º orden, > 1.000 µg de Au), así como el Na, se manifiestan también en los concentrados.

El Hg ofrece también una estructura anómala muy consistente al O de la anterior. Está constituida por 6 valores de orden 1º y 3 de orden 2º, en una misma subcuenca en la Serie Negra, coincidiendo con valores menos importantes y más discontinuos de otros metales (Ag, Au, Te).

Esta zona es muy interesante por las anomalías en sí mismas y por lo que sugieren. La conjunción de litologías reactivas y con aptitud para concentrar metales, en particular Au y metales base, y las posibles contribuciones de carácter térmico y de fluidos evolucionados son un escenario idóneo para la formación de concentraciones metálicas. Por otra parte, puede ser un objetivo conocer el potencial, en profundidad, de los propios stocks graníticos (Cu, Ni?). El modelo del intrusivo básico de Agua Blanca con su mineralización de Ni-Cu intra magmática debe ser una guía, a pesar de que se trate de un plutón variscico. Existe, probablemente, un déficit de conocimiento de las posibilidades de los intrusivos cambro-ordovícicos en lo que respecta a este tipo de mineralizaciones.

Interés prospectivo del área **alto**.

8.- Ag-As-Bi-Au-Cu-Hg-Mn-Mo-P-Sb-Sn-Zn-Li-Eu-Lu-Nd-Sm-Ta-Ti-Yb-Barita-Berilo-Casiterita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Rutilo-Ta

Contexto geológico: cuerpo intrusivo granítico y sienítico de Almendral, y Fm. Carbonatada. En esta zona el granito de Almendral está encajado en materiales de la Fm. Carbonatada. No existen indicios mineros conocidos.

Gama amplia de elementos anómalos en sedimentos de corriente y muy reducida en concentrados de minerales pesados. Las anomalías son, en general, intensas y consistentes espacialmente. Se organizan en tres subcuencas y los puntos anómalos se localizan esencialmente en las zonas de borde del granito de Almendral o en la Fm. Carbonatada colindante. El sentido de circulación de agua en los arroyos y, por lo tanto de transporte, es centrípeto y hacia el E, por lo que el origen de las concentraciones anómalas son la Fm. Carbonatada, el contacto con el granito y las facies de borde de éste. Destacan anomalías puntuales de **Ag** (1 de orden 1º, 8 de 2º localizadas en borde S del granito y 2 en el borde N y en la Fm. Carbonatada; **Au**, con varios valores de orden 4º estructurados e intragraníticos; **As**, con 7 puntos con valores de 1º y 2º orden; **Bi**, con puntos anómalos intragraníticos y en la Fm. Carbonatada). Siguiendo la misma tónica y en coherencia espacial con los anteriores elementos se encuentran anomalías intensas de **Cu, Hg, Li, Fe, Mn, Mo, P, Sb, Sn, Se, Ta, Zn** y otros acompañantes de carácter más litológico como **Eu, Lu, Ti, Yb**. Podrían corresponder estas anomalías a dos tipos de fuentes, una a posibles mineralizaciones polimetálicas en la zona de contacto del granito con las calizas y otra, a mineralizaciones filonianas o diseminadas de Sn-Ta con sulfuros asociados. Por la amplitud de la zona y la solidez y coherencia de las anomalías se la se considera como de prospectividad media (a alta).

Interés prospectivo **medio**.

9.- Au-Bi-Cd-Sb- Ilmenita-Rutilo- S.

10.- Cu-Ag-Bi-Hg-Sb-Ta-Eu- Especularita-hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita- S-Ta.

11.- Cd-Ag-Bi-Hg-Se- Rutilo- Cs.

12.- Ag-As-Sb-Au-Cu-Hg-Cd-Lu-Yb-Nd-Sm- Circón-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Rutilo-Hf-Lu-Yb-U-Ta- Tb-Th.

Estas tres zonas presentan caracteres comunes, entre los cuales la menor riqueza en elementos anómalos y las menor intensidad de las anomalías. Quizás por la complejidad geológica de sus entornos y la algo menor densidad de muestreo (sobre todo en la zona 9, debido a que se localiza en parte en materiales cuaternarios) las anomalías están más aisladas y descohesionadas. Son similares a algunas de las de baja prospectividad ya analizadas. Quizás merezca destacarse, en la zona anómala nº 12, en un entorno geológico que corresponde totalmente a uno de los cuerpos intrusivos occidentales del granito de Almendral, las fuertes anomalías de Sn, Cu, Ag, Hg y de Yb, cohesionadas espacialmente, e intragraníticas, cubriendo prácticamente toda el área.

Interés prospectivo **bajo**.

13.- **Au-Co-Ag-Cd-Ni-Sb-Te-Zn-Ti- Hematites-Ilmenita-Cinabrio-Magnetita-Rutilo-Pb.**

Entorno geológico: es complejo, integrado por materiales de la Serie Negra al N, de la Fm. Bodonal, y más al S de la Fm. Carbonatada. El conjunto contiene dos pequeños stocks intrusivos (superficies de 1 a 2 km²) del magmatismo cambro-ordovícico, uno de ellos de carácter ácido y el otro, un poco más al N, de carácter básico, en el contacto S del afloramiento de Serie Negra. No existen indicios mineros conocidos.

El interés prospectivo de este área proviene de las anomalías intensas y cohesionadas de varios elementos del grupo de los metales base y de Au y Ag, asociadas al pequeño stock de rocas básicas y del la Serie Negra adyacente, pero en general, en proximidad al mencionado stock. La presencia de anomalías de metales como Ag, Au, Cd, Co, Cu, Ni, Sb, Te, junto al stock y de Ag, Au, Sb, Te y Zn en la Serie Negra confieren a esta zona un interés indudable, tanto por la anomalía más amplia en Serie Negras, como por la anomalía más puntual sobre el stock. La signatura geoquímica de su respuesta (Co, Ni, Cu, Sb, Te, Au) induce a pensar en una mineralización dentro de este stock.

Interés prospectivo de esta área anómala, **alto**.

14.- **Ag-Au-Cd-Mn- Hematites-Berilo-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Pirita-Rutilo.**

Entorno geológico: está constituido por un afloramiento de Flysch Culm de Los Pedroches, en cuyo extremo SO aparece un afloramiento de Fm. Carbonatada englobando a un pequeño stock de rocas básicas cambro-ordovícicas. El conjunto está rodeado por materiales cuaternarios de la Cuenca del Guadiana. En el stock básico se ubica un indicio o prospecto de Ni-Cu del cual se tiene poca información..

Esta zona adolece, por hallarse en la cuenca del Guadiana, lógicamente poco prospectiva, de una muy baja densidad de muestras de sedimentos y de concentrados. Ello se traduce, en primer lugar en una pobre manifestación de valores anómalos y en la estructura poco cohesionada de éstos. El indicio de Ni no proporciona respuesta alguna.

Zona anómala de prospectividad **baja**.

15.- **Au-Ag-P-Cu-Cd-Hg-S-Se-Zn-Sn-Lu-Yb-Sm-U-Berilo-Cinabrio-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Xenotima.**

Contexto geológico: afloramiento de pequeñas dimensiones (del orden de 2-3 km²) de rocas intrusivas ácidas cambro-ordovícicas, prolongación hacia el NO de la alineación de cuerpos intrusivos de Almendral, parcialmente recubierto por materiales terrígenos cuaternarios y terciarios. En la traza hacia el SO del afloramiento granítico está reseñado un indicio de Fe.

Adolece, como la zona anterior de una baja densidad de muestreo. Sin embargo, los valores anómalos son más variados e intensos y, sobre todo, más concentrados y cohesionados que en la zona anterior. Los valores anómalos se sitúan en el propio cuerpo intrusivo (2 puntos de muestreo) o en un arroyo en su probable continuidad hacia el SO. Los valores anómalos de los elementos significativos de la signatura geoquímica del área, indicados anteriormente, son en su mayoría de orden 1º o 2º. Los elementos más significativos son **Ag, Au, Zn, Cd, Cu, Hg** (2 puntos, 0den 1º y 2º), **P, S, Se, Sn** a los cuales se suman valores asimismo anómalos de elementos como Lu, Yb, U, Sm. A destacar la presencia de **cinabrio** en los concentrados en la traza del afloramiento al SO, así como de xenotima.

A pesar de lo reducido del afloramiento, se le atribuye una prospectividad media, por la coherencia de la anomalía y su posible potencial, a confirmar por reconocimiento y posterior ampliación de muestreo en una zona reducida y concreta.

Interés prospectivo **medio**

16.- Au-Bi-Cu-Cd-B-Hg-P-Pb-Sn-Te-Ce-Eu-Nd-Sm-Ti-U-Zn-Oro-Scheelita-Casiterita-Hematites-Ilmenita- Pirita-Monacita-Pirita-Rutilo- Au-S-Zn-U-Yb.

Contexto geológico: Cuaternario y Terciario en la parte baja (Oeste) de la cuenca considerada, Fm. Esquistos de Jerez y Carbonífero Superior. No hay en el área indicios mineros conocidos.

En el área existen dos anomalías diferentes correspondientes a dos subcuencas separadas aunque confluyentes.

La más importante desde el punto de vista prospectivo, por su mayor cohesión y su mayor intensidad, así como por afectar a mayor número de elementos, la constituye una dispersión que se inicia en los Esquistos de Jerez (con posible participación de los materiales carboníferos) y que se prolonga hasta ya entrado el arroyo unos centenares de m en los materiales más modernos. La presencia, justo en el paso a éstos últimos, de valores elevados (orden 1° o 2°) hace suponer que el contacto hace el papel de barrera geoquímica, aunque la cola de dispersión anómala continúa aguas arriba, con valores de orden 2° y 3°. Los elementos principales que definen a esta dispersión anómala originada en los Esquistos de Jerez son Au, B, Bi, Cu, Hg, P, Pb, Sn, Te, Zn. El Au es anómalo en los tres tipos de datos elaborados, geoquímica de sedimentos y de concentrados y mineralometría

La segunda consiste en otra dispersión, también coherente, en otro arroyo que nace en los esquistos de Jerez, atraviesa al afloramiento de Carbonífero y vierte en la cuenca de la primera. Las anomalías también muy cohesionadas y de orden 2° y 3°, corresponden a Cd, Sb, Zn, Te y Sn.

Entre las dos anomalías cubren un área bastante amplia. La usencia de indicios de mineralización en una unidad metalogénicamente fértil como la Fm. Esquistos de Jerez, resta atractivo a esta zona. Por ello, y a tenor de los elementos involucrados, se considera como de prospectividad baja a media, a confirmar por estudios más detallados.

Interés prospectivo **bajo**.

17.- Bi-Cu-Sb-W-Goethita-Hematites-Hematites-Magnetita- Pirita-As-Cu-S-Ce-Eu-La-Nd-Sm-U.

Contexto geológico: Fm. Xistos Raiados y, dentro de ella, dos estrechas intercalaciones de Fm. Carbonatada. Hay dos indicios mineros, uno de Fe y otro de Cu, situados en la Fm. Carbonatada, y correspondientes a diseminaciones o impregnaciones metálicas esencialmente.

La zona anómala, de pequeña extensión, está relacionada con los afloramientos, muy próximos entre sí, de Fm. Carbonatada y con los indicios mineros existentes. Las asociaciones anómalas en sedimentos y concentrados se complementan e incluyen contenidos en T.R. derivadas de la Fm. Xistos Raiados. El hecho de derivar de indicios de mineralización de poca importancia y la ausencia de Au en las anomalías, resta interés a esta área, aún cuando la anomalía afecta a un entorno más amplio que el del indicio minero.

Zona anómala de escaso interés. Interés prospectivo **bajo**.

18.- Au-Bi-Cu-As-Hg-Mn-Mo-P-S-Sb-Zn-W-Ce-La-Nd-Sm- Apatito-Berilo-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Pirita-Rutilo- As-Cu-Br-Mn-Mo-Ce-Eu-La-Nd-Sm-Tb.

Contexto geológico: Fm. Xistos Raiados, con pequeñas intercalaciones de Fm. Carbonatada y de Silúrico, y afloramiento discordante de Carbonífero Superior. Existe un indicio de Fe relacionado con la Fm. Carbonatada.

Dada la disposición NO-SE de los afloramientos, su escasa potencia, y la orientación E-O o NE-SO de los cauces es difícil precisar la procedencia de los valores anómalos. Además, éstos no muestran una gran coherencia espacial. Únicamente Au, Bi y Cu presentan una dispersión coherente y procedente de la Fm. Carbonatada. Otros metales, como As, Mn, P, Mo, S, Sb, Zn, presentan valores menos cohesionados

aunque parecen estar relacionados, asimismo, con el afloramiento de Fm. Carbonatada. Los valores anómalos de Hg, W, Mo y Cu, también poco cohesionados, pueden proceder, al menos en parte, con el Carbonífero Superior.

Esta indefinición, junto a la inconsistencia de las dispersiones y al contexto geológico, y a la posible procedencia de diseminaciones en las rocas carbonatadas, en general y en esta zona, de pequeñas dimensiones y escasa continuidad, justifican su consideración como de baja prospectividad.

Interés prospectivo **bajo**.

19.- Au-As-Ag-Bi-Ba-Cu-Pb-P-Hg-Mn-Mo-Sb-Se-Te-W-Ta-U-Yb- Berilo-Scheelita-Apatito-Circón-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Pirita-Rutilo- Cs.

Contexto geológico: Fm. Xistos Raiados, Fm. Barrancos, intercalaciones estrechas de Silúrico y afloramiento discordante de Carbonífero Superior. No hay indicios mineros conocidos.

La principal estructura anómala que define a este área se dispone en una dispersión hacia el OSO originada en materiales de la Fm. Barrancos, En esta subcuenca parecen anomalías bien cohesionadas de la mayoría de los elementos metálicos, cuyas dispersiones se interrumpen, coincidiendo a veces con el paso del canal del arroyo a través de los esquistos negros del Silúrico (posible barrera geoquímica por adsorción por materia orgánica). Las anomalías elementales principales son las de **Au** (5 de orden 3º), **Ag** (1 de orden 2º, 2 de 3º), **As** (1 de 3º), **Ba** (1 de 1º, en el cruce con Silúrico), **Bi** (1 de 2º), **Mn** (3 de 2º y 2 de 3º, con otras 2 de 2º y 2 de 3º en cuenca opuesta hacia NE, ya fuera de la zona), **Mo** (5 de 3º), **P** (1 de 1º en arroyo paralelo al E), **Pb** (1 de 2º), **Sb** (1 de 2º y 4 de 3º), **Se** (1 de 3º), **Sb** (1 de 1º en Silúrico, como consecuencia de efecto barrera, y 3 de 3º aguas arriba frente a frente con otras 3 de cuenca opuesta hacia el NE), **Se** (1 de 3º), **Ta** (3 de 3º), **Te** (2 de 3º), **W** (2 de 2º y 3 de 3º). Junto a estos elementos aparecen otros elementos anómalos que no tienen probablemente la misma fuente, como es el caso de U, Yb, Cs (en concentrados) y probablemente, Ta. En cualquier caso es de suponer que no todos los elementos anómalos procedan de una única fuente. Probablemente, Mo, Sb, Pb, P y posiblemente Ag, provengan, al menos en una parte significativa, de intercalaciones de Silúrico.

Otros elementos, como el W y el Cu, parecen definir una estructura de dispersión anómala en un arroyo paralelo situado más hacia el O.

A pesar de que este tipo de anomalías puedan corresponder a mineralizaciones probablemente filonianas de zócalo, y de que sea difícil evaluar la posible magnificación de las anomalías por los aportes en metales del Silúrico, la coherencia y la amplitud de las estructuras anómalas y de la asociación geoquímica hacen que quizás sea conveniente efectuar al menos un reconocimiento del área y un pequeño estudio más detallado.

Área de interés prospectivo **medio**.

20.- Au-Ag-Bi-B-Ba-Cd-Cu-Fe-Mo-Mn-Na-P-Pb-Sb-Se-Te-Ti-Li-Ce-La-Eu-Nd-Sm-Yb-Ta- Oro-Scheelita-Berilo-Especularita-Granate-hematites-Ilmenita-Magnetita-Pirita-Rutilo- As-Ag-Au-Ba-Br-Cd-Co-Cu-Te-Mn-Mo-Ni-Pb-S-Rb-Cs-Ce-Eu-La-Nd.

Contexto geológico: Fm. Xistos Raiados, Fm. Barrancos, Fm. Fatuquedo, estrechas intercalaciones de esquistos negros del Silúrico y Fm. Carbonatada.

La forma y disposición de los afloramientos desmembrados de Fm. Carbonatada. sugieren la existencia de una importante estructura de desgarre sinistra, de orientación N170ºE, entre la Fm. Xistos Raiados y la Fm. Barrancos. Esta estructura se ha desarrollado posiblemente a favor de los materiales plásticos del Silúrico y en ella aparecen “caballos” o escamas de la propia Fm. Xistos Raiados y de Fm. Carbonatada. Se confirma también en parte, por las discontinuidades geoquímicas detectadas con anterioridad y la densidad de estructuras asociadas en otras direcciones. Todos estos rasgos contribuyen al posible interés prospectivo de la zona y han conducido, en base a la información geoquímica realizada, a la definición de

una banda de orientación N60° E, que incluye numerosas anomalías de varios metales, entre ellos el Au, en un recorrido que llega hasta la zona mineralizada de Alconchel.

Esta banda contiene varios indicios mineros de Fe, Cu, Zn-Pb, algunos de los cuales están incluidos en esta área (varios de Fe, entre ellos el del Novillero, ligados a un klippe de Fm. Carbonatada o a la Fm. Barrancos. En conjunto, existen en el área nº20, 7 indicios de Fe (2 en Fm. Xistos Raiados y 5 en Fm. Carbonatada), 3 de Cu y 1 de Zn-Pb.

Las anomalías puntuales son muy numerosas en el área y corresponden a un amplio grupo de elementos, siendo muchas de ellas de 1º o 2º orden. Sin embargo, presentan una ubicación poco estructurada y cohesionada. Aparecen en puntos aislados, próximos entre sí, definiendo una alineación (o banda) con orientación N60°-70°E.

Son particularmente significativas y definitorias de la disposición geométrica del área anómala las anomalías de Au, Ag, Bi, Cu, Sb, Mn, Se y Te. Se concentran en las cercanías (al O) del afloramiento del klippe carbonatado y siguen hacia el E siguiendo la orientación mencionada, aunque en forma aislada y dispersa, y continúan en menor número hacia el E.

Las anomalías de Au, marcan mejor, si cabe, la orientación general de la anomalía, haciéndolo cada elemento en tramos más (Au, As, Te, Pb, Rb, Mn, Ti) o menos (T.R., S, Cd) largos y en una dirección (hacia el Oeste, Mo, Au, T.R. y hacia el E, Ti, Te, Au, As, Ba). Los contenidos anómalos de gran parte de los elementos son muy altos en los concentrados (anomalías de orden 1º, por ejemplo para el Au, 5.000 a 40.000 µg/kg).

Este área anómala (cuyo alcance es regional pues trasciende de los límites marcados en el Mapa de Síntesis (figura 8.4) está claramente controlada por estructuras discontinuas, probablemente profundas, y contiene anomalías amplias e intensas, entre otros elementos, de metales nativos.

Área de con potencial elevado. Interés prospectivo **alto**

21.- Au-Ag-As-B-Ba-Bi-Cu-Cd-Ni-Pb-S-Se-Te-Mn-Li-Hg-Lu-U-Scheelita-Berilo-Circón-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Pirita-Rutilo- **Ag-Au-Ba-Cd-Pb-W-S-Fe-Mn-Te-Cs.**

Contexto geológico: de O a E, Fm. Fatuquedo, Complejo Volcánico Sedimentario (C.V.S.), Fm. Esquistos de Jerez, Fm. Carbonatada, Fm. Bodonal, granitoide de Táliga (borde SO). Esta zona con forma elongada de orientación OSO-ENE está afectada por otro gran accidente regional, una estructura de desgarre entre las unidades de Fatuquedo y de los Esquistos de Jerez, responsable de las escamas plegadas de C.V.S. y de la propia Fm. Fatuquedo. El área contiene dos indicios conocidos de Fe (en Esquistos de Jerez y en la Fm. Bodonal, que forman el sistema de mineralización de Alconchel, actualmente en estudio por compañías mineras debido a los contenidos en Au de los niveles de magnetita) y dos de Cu (Fm. Carbonatada-Fm. Bodonal y granito de Táliga). La mayoría de las pequeñas cuencas hidrográficas tienen su cabecera en el granito de Táliga y los cauces cortan (en un perfil tipo en la zona del “rombo” a todas las unidades hasta la de Fatuquedo o la de Esquistos de Jerez, dónde suelen verter en cauces más principales de orientación NO-SE o SE-NO. Las cuencas anómalas más significativas se sitúan al NE del “rombo” o “pez” de C.V.S. Las anomalías son bastante intensas en bastantes de los elementos, tanto en sedimentos (**Ag, Au, Cu, S, Se**) como en los concentrados (**Au**, 1 de orden 1º, con entre 40.000 y 77.170 µg, en el C.V.S., **Ba, Pb, Te, W**). Aparecen con un buen grado de estructuración y de consistencia espacial. Los puntos anómalos están relacionados y cohesionados a lo largo de algunos arroyos, iniciándose los valores anómalos, frecuentemente, en la Fm. Bodonal o en la Fm. Carbonatada, aunque también hay anomalías circunscritas al C.V.S. Hacia el SE, hay anomalías puntuales e intensas de Au (2º orden) y de Sn (orden 1º, y procedente de l granito de Táliga), en la Fm. Esquistos de Jerez. Es significativa la presencia de fuertes anomalías de Mn y de Ba, por una parte, y de W-scheelita y deTe tanto en sedimentos como en concentrados.

Hay que considerar a esta zona como parte de un área más amplia, continuación de un sistema metalogénico similar, aunque con diferencias inducidas por el contexto litológico, al del área nº 20.

Esta zona, muy amplia y con anomalías diferentes y dispersas, podría definirse mejor con un estudio más detallado, del cual es merecedora.

Valoración: área con interés prospectivo **elevado**.

22.- Au-As-Co-Cu-Ni-P-Pb-Zn-Se-Te-Na-Rb-Lu-Ti-U- Oro-Barita-Berilo-Es specularita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Muscovita-Pirita- Rutilo- [Au-Ag-Ba-Lu-Na-Rb](#).

Contexto geológico: granito de Táliga (parte Sur), Fm. Bodonal, con poca representación, y Serie Negra. Un indicio minero de Cu en el límite NO con el área anómala anterior, nº 21.

Existen en esta área dos subzonas anómalas con posible interés. Una definida por anomalías polimetálicas en arroyos en varias direcciones radiales que drenan un pequeño alto topográfico en la parte central y otra al SE, en una única subcuenca con valores significativos en Au. La primera se manifiesta por anomalías puntuales, no siempre cohesionadas y de órdenes 2º a 4º, en Ag, Co, Cu, As, Lu, P, Pb, Zn, Na, Rb. La segunda lo hace por anomalías de los elementos Au (2 valores de orden 2º en sedimentos y 1 de 2º en concentrados), Te, Se, Ti. Otra posible anomalía, menos definida, se presenta en el E de la zona, en un arroyo procedente del intrusivo de Barcarrota, con anomalías puntuales muy cohesionadas en Cd y Bi.

Los rasgos geoquímicos ponen pues de manifiesto áreas cuyo posible interés estaría en relación con la existencia de venas o diseminaciones de metales base y Au, relacionadas con facies graníticas locales evolucionadas (Na, Yb, Lu, Rb).

Sin embargo, la amplia signatura geoquímica de las anomalías y su ubicación en un contexto estructural y metalogénico complejo, por la presencia de bandas tectónicas que controlan un posible sistema hidrotermal de orientación N60°-70°E, con enriquecimientos generalizados en Te y Mn, pueden ser el reflejo y la indicación de un cuadro metalogenético interesante.

Área con interés prospectivo **medio**

23.- Au-Co-Cu-Sb-Zn-Li-Ta-Ti-Anatasa-Berilo-Casiterita-Es specularita-Goethita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Pirita-Rutilo-[Au-As-Ba-Lu-Na-Rb](#).

Contexto geológico: Flysch de Terena, delimitado al NE por estrechas bandas de esquistos negros del Silúrico, y sólo testimonialmente, Fm. Xistos Raiados. No hay indicios conocidos. Esta zona se encuentra en la prolongación, hacia el OSO, de la banda anómala N60° de Alconchel.

Entre los arroyos que fluyen hacia el SO, se define una pequeña cuenca en la que aparecen varios valores anómalos de diversos elementos (Ag, As, Au, Bi, Cu, Li, Mo, P, Sb, Se, Ti, Sn, Zn y W), con diferentes intensidades de anomalía (en general de orden 2º y 3º). En dos arroyos paralelos al E del anterior se reproducen algunas de estas anomalías pero con menor número de valores anómalos y en menor número de elementos. El hecho de que en el caso de algunos de los elementos, los contenidos mayores se encuentren en la parte de cabecera de las cuencas, que coincide con los afloramientos de Silúrico, hace sospechar que el origen de estas anomalías puede ser esencialmente litológico.

Es conocida la especialización geoquímica de estos materiales ricos en materia orgánica, que suelen contener concentraciones anormalmente elevadas de metales con respecto a otras litologías, entre otros de As, Au, Cd, Ag, Mo, Pb, Ni, Cu, V, etc, y que son contenidos formacionales. Por ello, en el campo de la exploración geoquímica, suelen representar un factor distorsionante. Por una parte, pueden dar lugar a dispersiones anómalas de sus contenidos en metales y pueden inducir a la consideración de falsas anomalías (anomalías litológicas). Por otra, los sedimentos derivados de ello son capaces de adsorber metales venidos de otra fuente disueltos en el agua de los arroyos y de fijarlos realzando los valores anómalos (como ya se ha visto en este párrafo (área anómala nº 19).

En este caso, puede pensarse en una posible componente de falsas anomalías en relación con el Silúrico, si se consideran las anomalías débiles originadas a partir de los afloramientos silúricos, pero también en anomalías verdaderas si se tienen en cuenta las anomalías de orden superior algo alejadas de esos materiales.

En cualquier caso, las anomalías presentes en el área podrían estar relacionadas con filones de zócalo, cuyas posibles dimensiones e interés prospectivo no son dignas de consideración. Grado de interés prospectivo **bajo**.

24.- Au-Ag-As-Ba-Bi-Cu-Fe-Sb-Te-Sn-W-Ta-Eu-La-Nd-Sm-Oro-Anatasita-Brookita-Casiterita-Esfalerita-Wolframita-Scheelita-Es specularita-Goethita-Hematites-Magnetita-Ilmenita-Pirita-Rutilo-As-Cu-Mo-Br-Mn-Mo-Ni-Zn-Rb-Ce-Eu-La-Nd-Sm-Tb.

Contexto geológico: Flysch de Terena, Fm. Xistos Raiados, Fm. Carbonatada, Fm. Barrancos, Flysch Culm de Los Pedroches (Carbonífero). Un indicio minero de Cu adyacente al afloramiento de Fm. Carbonatada.

Los valores anómalos se organizan en torno a dos subáreas, una en el entorno del afloramiento de la Fm. Carbonatada, y otra en el entorno del afloramiento de Flysch Culm (Silúrico y Xistos Raiados. En la **primera** existen numerosas anomalías puntuales y, en general, poco estructuradas en las proximidades inmediatas del afloramiento de rocas carbonatadas. Algunas anomalías puntuales de orden 3º aparecen en la Fm. Barrancos, mientras que las de orden 2º o 1º lo hacen en el propio afloramiento de la Fm. Carbonatada o contiguos a él. Los principales elementos con anomalías más intensas en sedimentos son Ag, Au, Bi, Fe, Nd, Sb, Te, Ce, y, en concentrados, Au, Cu, Mn, Mo, Th.

En la **segunda**, en el entorno del afloramiento de Flysch Culm, los puntos anómalos se estructuran en una dispersión muy cohesionada y estructurada con traza O-E en el contacto N del afloramiento de materiales Carboníferos con los Xistos Raiados, y en un arroyo en los Xistos Raiados con cabecera cercana a otro afloramiento de Fm Carbonatada, ya fuera del área (en la nº 20). Los elementos químicos más significativos, con las anomalías más significativas y coherentes son As, Co, Li, Mn, Sb, Ta, W, Zn en sedimentos y As, Ce, Cs, Cu, Eu, La, Mn, Nd, Pb, Sm, Zn, Tb en concentrados.

Los afloramientos de Silúrico suelen estar, en zonas, asociados a intensas anomalías puntuales en sedimentos que marcan a su trazado. Entre los elementos que muestran una mayor afinidad por ellos figuran Ag, Mo, Ni, Zn.

Las anomalías relacionadas con la Fm. Carbonatada y la Fm. Barrancos y, en menor medida, con el Flysch Culm están, en términos generales, no siempre bien estructuradas, y las indudables influencias de los materiales silúricos no permiten valorar adecuadamente su posible interés, debido fundamentalmente a la amplitud del grupo de elementos anómalos y a su situación estructural. Puede ser necesario un estudio más detallado para precisar ese interés.

Área con interés prospectivo medio.

25.- Ag-As-Au-Mn-Mo-Hg-Te-Ba-Bi-Co-Cu-Ni-P-Pb-S-Sb-Se-Sn-Zn-Ta-Eu-La-Nd-Sm-Oro-Wolframita-Scheelita-Berilo-Es specularita-Goethita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Monacita-Pirita-Rutilo-Au-Ag-As-Cu-Mn-Ni-Pb-S-Se-Zn-Cs-Ta-Ce-Eu-La-Nd-Sm-Tb-Th-U-Yb.

Contexto geológico: Fm. Xistos Raiados, Fm. Barrancos, Silúrico. Existe en el área un indicio minero de Cu, localizado en un afloramiento poco potente de Silúrico que, en ese entorno, está intensamente replegado.

Las anomalías elementales puntuales son numerosas y aparecen siguiendo dos pautas de distribución. Unas aparecen aisladas, con el único control de su situación sobre los materiales carbonosos del Silúrico. Otras aparecen en dispersiones estructuradas y cohesionadas en cuencas que tienen su cabecera en la Fm. Barrancos, en la parte NE del área.

En el caso de las primeras, los puntos anómalos siguen el trazado de los afloramientos de Silúrico. En los arroyos en los que están situadas, y a una mínima distancia de estos materiales, los sedimentos dejan de ser anómalos, aguas arriba o aguas abajo. Hay que concluir en el drástico efecto de los sedimentos con fuerte participación de materiales Silúricos, ricos en metales. Los elementos que caracterizan más

fielmente a los materiales del Silúrico y forman anomalías puntuales son Ag, As, B, Cd, Co, Cu, Eu, Fe, Mo, Ni, Sb, P, Se, Zn y otros que lo hacen en menor medida son Sn, Te, Li, S, Pb.

En el caso de las segundas, se han encontrado varias colas de dispersión en arroyos que discurren en dirección NE-SO y discurren por la Fm. Barrancos. Cuando estos arroyos cortan a afloramientos del Silúrico la muestra situada en el cruce o algo después presentan anomalías de orden 2º o 1º, mostrando la eficiencia del Silúrico como barrera de adsorción y de fijación de elementos. Los elementos que forman anomalías verdaderas y estructuradas lo hacen en tres cuencas, en las cuales se manifiestan anomalías en sedimentos de Au, Bi, Ce, Cu, La, Li, Sn, Pb, S, P, Nd, Ce, La, Sm.

Los contenidos anómalos en concentrados de minerales pesados son, en general, menos dependientes de los afloramientos de Silúrico y muestran una menor proporción de anomalías formacionales, contribuyendo más a la definición de las anomalías estructuradas y coincidiendo con las discriminadas por los sedimentos. Destacan las numerosas anomalías de orden 3º a 1º de Au (500 a 40.000 µg/kg de Au). Otros elementos muy definitorios son Ag, As, Nr, Cd, Ce; La, Nd, Sm, Ni, Se, Pb, S, U, Th, Zn.

Las anomalías mineralométricas, básicamente en lo que se refiere al oro nativo, son totalmente congruentes con los restantes medios de muestreo y refuerzan el valor de las áreas anómalas. Las cuencas anómalas definidas tienen, como se ha dicho su cabecera u origen en la Fm. Barrancos y vienen del NE, enlazando prácticamente con las anomalías de las áreas anómalas nº 28 y 29, de las cuales se verán las características más adelante.

Por su conexión con áreas prospectivas al NE y por la estructura y composición de sus anomalías esta área debería ser reconocida y estudiada con cierto detalle.

Área anómala con interés prospectivo **medio**.

26.- Au-As-B-Sb-Cd-Co-Cu-Fe-Mn-Mo-P-Se-Zn-Eu-Ta-U-Oro-Berilo-Cinabrio-Goethita-Especularita-Magnetita-Hematites-Ilmenita-Pirita-Rutilo-Au-As-Mn-Mo-Rb-Br-Cd-Cs-Cu-Ni-Pb-S-Sb.

Entorno geológico: Flysch de Terena, Fm. Xistos Raiados, Fm. Barrancos. Todas las unidades están intensamente tectonizadas, siendo todos los contactos tectónicos. La red hidrográfica es sumamente compleja e irregular.

Se ha discriminado a este área por mostrar un cierto tipo de ruptura con respecto a otras próximas y por mostrar contenidos anómalos bastante llamativos en algunos metales de interés, como es el caso del Au.

Sin embargo, es dificultoso hacer una valoración razonada de su potencialidad por no poder establecerse de forma convincente correspondencias entre unidades y concentraciones geoquímicas o anomalías, o entre éstas y la estructura hidrográfica. Se puede señalar únicamente que, en sedimentos de corriente, elementos como **Au** (una anomalía de orden 1º y otra de 2º en la Fm. Xistos Raiados), **As** (3 puntos anómalos de orden 1º y 2 de 2º, procedentes de la Fm. Barrancos), **Cu** (2 puntos anómalos de orden 1º y 5 de 2º, en Fm. Barrancos), **B** (2 puntos anómalos de orden 1º y 6 de 2º, en Fm. Barrancos), **Mo** (2 puntos anómalos de orden 1º y 1 de 2º), **Sb** (6 puntos anómalos de orden 1º y 7 de 2º, en la Fm. Barrancos). En los concentrados de minerales pesados y en el estudio mineralométrico se identifican, asimismo, interesantes anomalías, relacionadas, en general con la Fm. Barrancos). La mineralometría suministra 2 puntos con anomalías de **oro nativo** de orden 3º.

A pesar de una cierta indefinición el área suministra información que deben de mover a un intento de confirmación de su posible interés a través de un reconocimiento del área y de una ampliación del muestreo en un sector. Su interés radica fundamentalmente en un número alto de puntos con fuertes anomalías en metales básicos y en Au, en un área que no excede de unas dimensiones de 2x4 km.

Área con interés prospectivo **medio**.

27.- Au-As-W-B-Bi-Cu-Mo-Na-Te-Sn-Ce-Eu-La-Nd-Sm-Oro-Wolframita-Scheelita-Barita-Berilo-

Contexto geológico: la mayor parte del área corresponde a la Fm. Fatuquedo y el resto a la Fm. Barrancos. Está localizada sobre un importante accidente tectónico (desgarre sinistro), con orientación N160°-170°E y con alcance regional. Por otra parte, en una gran parte de la superficie y al NO de ella se encuentra el supuesto intrusivo granítico subaflorante deducido de su signatura en la geoquímica de sedimentos de corriente. La imagen de la proyección del granito aparece en diversos mapas ya comentados anteriormente. Uno de ellos es particularmente ilustrativo (figura 8.3), pues en el se destacan la traza del granito mencionado y la del bajo el campo filoniano de Oliva.

En este área las anomalías puntuales de un numeroso grupo de elementos son muy frecuentes y significativas, tanto en los sedimentos de corriente como en los concentrados de minerales pesados o en el aspecto mineralométrico. Están, en general muy cohesionadas y estructuradas en pequeñas subcuencas localizadas en el extremo NO del afloramiento de la Fm. Fatuquedo y trascienden ligeramente a la Fm. Barrancos, al NO de la Fm. Fatuquedo. Los elementos químicos cuyas anomalías puntuales más significativos en sedimentos de corriente son As, Au, B, Bi, Co, Cu, Eu, La, Li, Mo, Na, Nd, Sm, Sn, Te, W. Destacan las anomalías de B, cuya distribución reproduce a la del Au, y las de los elementos de las T.R. ligeras. Los valores anómalos son, en general intensos (As, 2 de orden 1° y 4 de 3°; Au, 6 de 1° y 5 de 2°; Bi, 4 de 1° y 2 de 2°; Li, 2 de 1°, 2 de 2° y 6 de 3°; Mo, 5 de 3°; Sn, 3 de 3°; Te, 1 de 2°; W, 3 de 1° y 7 de 2°, Ce y otras T.R., 1 de 1° y 5 de 2°). A escala algo más amplia puede observarse que en el extremo NO de la zona los puntos anómalos pasan, en varios casos a orientarse en su distribución según orientaciones ENE-OSO, indicando que en esa zona hay una discontinuidad de esa dirección que controla los procesos de mineralización. Esta observación es más evidente en el área anómala siguiente, cuyo alcance hacia el NO es algo mayor.

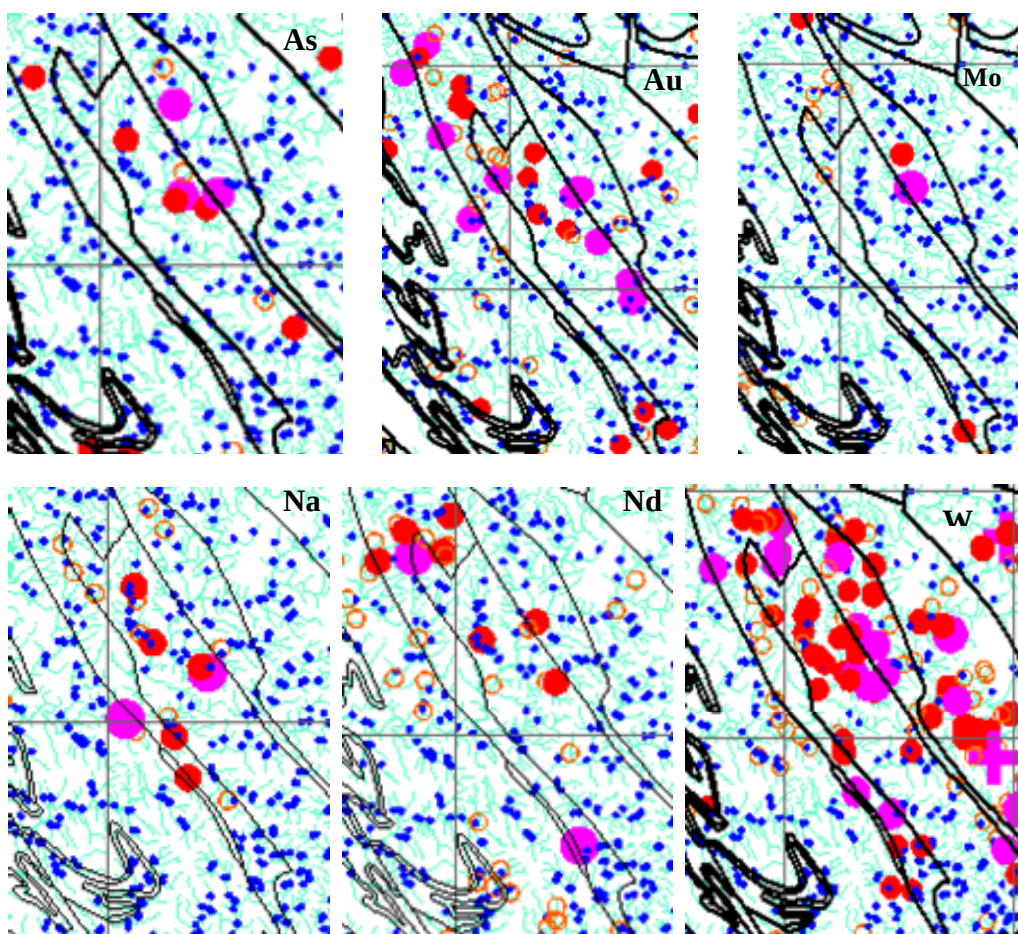


Figura 8.5. Área anómala n° 27. Ampliaciones del área mostrando la distribución de valores anómalos de As, Au, Mo, Na, Nd y W en sedimentos de corriente

Los valores geoquímicos anómalos en concentrados de minerales pesados son también numerosos en el NO del área. Muestran también una gran consistencia y estructuración y, sobre todo y muy importante, son muy congruentes en su distribución con los hallados en sedimentos de corriente. Los elementos más significativos en los concentrados, a efectos de anomalía, son As, Au, Ba, Br, Ce, Co, Cs, La, Lu, Mo, Nd, Ni, S, Sm, Ta, Tb, Th, U, W, Yb.

El estudio mineralométrico ratifica la consistencia de esta área anómala, en la que se determinan anomalías de oro nativo, de scheelita y de wolframita, coincidentes con la zona central de la anomalía.

En la figura 8.5, y a través de una ampliación de los mapas de anomalías se sintetizan algunos rasgos de la ubicación y distribuciones de los puntos anómalos en elementos más significativos.

La complejidad de las asociaciones anómalas, la riqueza en valores anómalos, su buena estructuración, y concentración espacial, la participación en las anomalías de elementos con afinidad litológica y bien estructurados, no indicativos de mineralizaciones en sí mismas sino de un entorno geológico especializado y evolucionado (tierras raras, Na, U, Cs), el fundamento de un granito, posiblemente variscico, en profundidad bajo las anomalías, son factores que determinan el gran interés de esta zona que sería necesario seguir investigando en detalle. La información acerca de áreas anómalas contiguas no hace sino aumentar su interés y prospectividad.

Área con Interés prospectivo **elevado**

28.- As-Au-Bi-B-Cu-W-Mn-Mo-B-Ni-La-Li-Te-Sn-La-U-Wolframita-Scheelita-Oro-Pirita-Muscovita-Monacita-Barita-Berilo-Esfalerita-Au-As-Cu-W-Pb-Zn-Mn-Fe-Mo-Ni-Rb-Br-Cs-U.

Contexto geológico: Fm. Fatuquedo, Fm. Barrancos y un “pez” de la Fm. Xistos Raiados. Existe, dentro de la Fm. Xistos Raiados, un indicio minero de Fe. Zona con un grado de deformación elevado.

El área comprende en su zona NO un importante grupo de anomalías que, en su conjunto, y en todos sus rasgos positivos, son muy similares a las del área anterior.

Las anomalías puntuales en sedimentos de corriente muestran, como en el caso anterior un grado elevado de cohesión y de estructuración en varias pequeñas cuencas contiguas, aunque no todas coinciden, en continuidad hacia el E, con las del área anterior. Los elementos que las conforman son, en conjunto, muy similares a los del área nº27. Están definidas por la asociación de los siguientes elementos: As, Au, B, Bi, Cu, La, Li, Mn, Mo, Ni, Sn, Te, U, W. En general, muestran anomalías menos intensas que el área anterior y se manifiestan con un menor número de elementos anómalos (T. R., por ejemplo, que se manifiestan poco). Espacialmente, las anomalías de la mayoría de los elementos se sitúan en la parte centro y N de los afloramientos de la Fm. Fatuquedo y de la de Xistos Raiados, sin llegar a su terminación NO. Únicamente **B, Mo, W** muestran anomalías en el extremo NO y en la Fm. Barrancos.

La geoquímica de concentrados de minerales pesados delimita mejor el alcance de las anomalías en esta área y, destacando mucho mejor las anomalías en el extremo NO y en la Fm. Barrancos. Aparecen elementos nuevos en las anomalías que no se mostraban en los sedimentos, como Pb, Zn, Ba y los elementos de T. R. ligeras. En definitiva los elementos que mejor contribuyen a delimitar el área anómala son **As, Au, Ba, Br, Ce, Cs, Cu, Fe, La, Mn, Mo, Ni, Nd, Pb, Rb, Sm, U, W, Zn**. Es interesante ver como algunos de estos elementos prolongan las anomalías hacia el NO siguiendo una orientación que se ve intersectada (en la zona anómala nº 20) por valores anómalos según la orientación N70°-80°, poniendo de manifiesto otra dirección de estructuras que controlan los procesos de mineralización. Ello es particularmente evidente con elementos como Te o Rb (éste último elemento, acompañante e indicador de entorno o estructura geológica favorable).

La mineralometría confirma estas anomalías de geoquímica de sedimentos y de concentrados, aportando anomalías de concentración de minerales de interés metalogénico, entre ellos el **oro nativo**, la **scheelita**, con contenidos elevados, en la Fm. Fatuquedo y en los Xistos Raiados, de **wolframita**, de **barita**, de **berilo** y de **muscovita**. La aparición local de concentraciones anómalas de este mineral es de interés, por cuanto puede indicar procesos de muscovitización hidrotermal ligadas al entorno próximo a los granitos.

Esta área anómala que puede ser considerada, aunque con pequeñas diferencias, una prolongación o ampliación hacia el E de la nº 27, presenta lógicamente un interés grande.

Área con interés prospectivo **alto**.

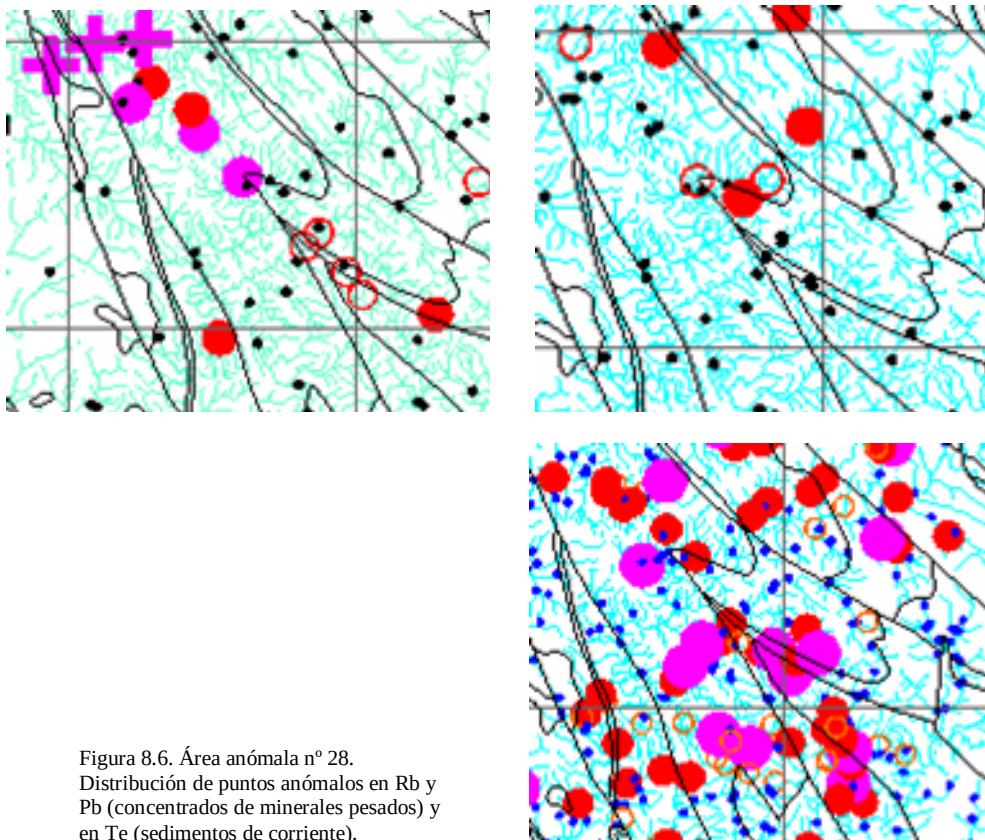


Figura 8.6. Área anómala nº 28.
Distribución de puntos anómalos en Rb y Pb (concentrados de minerales pesados) y en Te (sedimentos de corriente).

29.- **W-Au-As-Bi-B-Mn-Sb-Mo-P-Ag-Ni-Zn-Sn-Sb-Se-Yb-Wolframita-Scheelita-Casiterita-Hematites- Magnetita-Pirita-Rutilo-Monacita- W-Au-Mo-Mn-Cu-Cd-As.**

Contexto geológico: Fm. Fatuquedo, Complejo Volcánico Sedimentario de Cambrico. En el área aparecen 11 indicios mineros de W y de W-Bi, una de Fe y otro de Ba. El área incluye, en su totalidad, el campo filoniano de Oliva, bajo el cual se supone, por la constatación de evidentes procesos de metamorfismo y de alteración hidrotermal, la existencia de un granito subaflorante genéticamente relacionado con la existencia de las mineralizaciones.

Se han determinado numerosas anomalías puntuales de elementos y de minerales lógicamente relacionados con las mineralizaciones presentes. Las anomalías son de varios órdenes, pero son frecuentes las de orden 1º y 2º. Aparecen generalmente en forma cohesionada y estructurada en las subcuencas principales, aunque en algunos casos aparecen algunas anomalías aisladas.

Los sedimentos de corriente suministran varias anomalías, fundamentalmente de los siguientes elementos: **W, Au, As, Sn, Bi, Sb, Cu, Mn, P, B, As, Zn, Ag, Sn, Mo, Ni, Se, Yb**. Todos ellos son elemento clásicos de la asociación geoquímica relacionada con el tipo de mineralizaciones existentes. Por comparación con las áreas 27 y 28, que pueden tener una relación muy directa con ésta, llama la atención la ausencia de algunos elementos, en particular, la ausencia de elementos como son Ta, T.R (salvo Yb), U, Rb, elementos de carácter granitofilo. No todos los elementos mencionados presentan la misma distribución en el área. Aunque la mayoría muestran sus valores más anómalos en la mitad SE del área, otros como Mn, W lo hacen con mayor intensidad en la mitad NO.

Los concentrados permiten la definición de anomalías de **W, As, Au, Mo, Ni, Rb, U, Pb, Zn, Br, Cu, Cs, Fe, La, Mn**. La importancia relativa de los diferentes elementos no siempre coincide en los dos medios de muestreo.

Los minerales pesados más significativos, puestos de manifiesto en el estudio mineralométrico, son **wolframita, scheelita, casiterita**, pirita, hematites.

Comparando la respuesta de este área, claramente mineralizada, con las áreas anteriores, se tiene la impresión de que es más limitada que las de las anteriores (gama más reducida de valores anómalos, menor número de anomalías puntuales, grado menor de la estructuración de las anomalías).

Su potencialidad está demostrada. Su prospectividad cobra sentido al considerarla en conjunto con las áreas anteriores.

Área de interés prospectivo **alto**.

30.- Au-As-W-Se-Te-Li-Bi-Cd-Mo-Sb-Sn-Zn-Lu-Yb-U-Scheelita-Barita-Cinabrio-Magnetita-Ilmenita-Rutilo- *Au-Mo-Zn-W-Rb-Cd-Cs-Ba-As*.

Contexto geológico: Fm, Xistos Raiados, con gran deformación por estar en la traza de un gran desgarre de escala regional. No hay indicios conocidos.

Área cuya respuesta geoquímica tiene un cierto parecido con las de las áreas anteriores. A diferencia del área nº 29, se manifiestan mejor elementos litológicos de afinidad granítica (Li, Cs, U, Yb, Lu). Insistiendo en las diferencias, hay que destacar la **ausencia de wolframita** en los concentrados de minerales pesados, manifestándose el W en forma de **scheelita**, cuyas anomalías mineralométricas son notables. Asimismo, destaca la ausencia de anomalías de Mn y de Fe, máxime teniendo en cuenta que esta área es el núcleo de un área más amplia (nº 31) que la circunda y que se define por contener un distrito de mineralizaciones de Mn.

La figura 8.3 indica la posible continuidad del granito subaflorante de las áreas nº 27 y 28 hacia el área ocupada por esta zona.

Dada su similitud con aquellas áreas, la ausencia de mineralizaciones conocidas en el área y el hecho de suponer una ampliación importante de las zonas anómalas anteriores, convierten a esta área en una zona de prospectividad elevada.

Área con interés prospectivo **alto**.

31.- Mn-Au-P-Pb-Zn-As-B-U-Bi-Cd-Co-Cu-Li-Scheelita-Es specularita-Hematites-Magnetita-Anatasa-Rutilo- *Mn-W-Ba-Au-Cd-Pb-Zn-P-Mo-Yb*.

Contexto geológico: F. Xistos Raiados, Fm. Fatuquedo y Fm. Esquistos Raiados. Contiene 5 indicios mineros de Mn o Mn-Fe, 2 de Fe. Un indicio minero de U (La Cabra Baja) se encuentra en el borde occidental de la zona.

Esta zona tiene características geoquímicas bastante similares a las precedentes, aunque sus anomalías son más escasas e involucran a un número menor de elementos. Destaca la ausencia, entre las anomalías de sedimentos de corriente, de elementos como W o Fe. Puede pensarse que su superficie corresponde a la aureola externa de una anomalía principal, relacionada posiblemente con un plutonismo supuesto, cual es la correspondiente a la zona nº30. Ello también puede sospecharse por la casi total ausencia de elemento litófilos. Sin embargo, hay que resaltar la similitud de su espectro de elementos anómalos, tanto en sedimentos como en concentrados, lo que junto a su contexto geológico, induce a considerar que existe un nexo de unión entre los procesos metalogénicos que han actuado en esta área con los que lo hicieron en las áreas nº 28, 29 y 30.

Área con interés prospectivo medio.

32.- Au-Ag-Cu-W-Sn-Pb-Bi-S-Fe-Na-Hg-Cu-Cd-Sb-Pb-Zn-Se-Te-Ta-Li-La-U-Scheelita-Wolframita-Barita- Magnetita-Hematites-Esfalerita-Especularita-Berilo-Pirita-Muscovita-Au-Ag-Bi-W-Pb-Rb-S-Te-Cd-Ta-Ce-La-Lu-Nd-Sm-U-Th.

Contexto geológico: granito varíscico post-tectónico de La Bazana, intrusivo en la Fm. Esquistos de Jerez. El área incluye a la Fm. Bodonal y al Complejo Volcánico Sedimentario. Estos dos últimos están muy poco representados. La zona contiene 7 indicios mineros de Fe, situados en el contacto granito-Esquistos de Jerez o acorta distancia de él. Existe 1 indicio de W, intragranítico, en la zona SE del intrusivo. Los indicios mineros de Fe corresponden a mineralizaciones magnetita de cierta importancia. (San Benito, Buenavista). Varios de ellos se caracterizan por contenidos apreciables en Cu y de Au.

La red hidrográfica está estructurada en dos cuencas principales, una en dirección N-S, al O de la intrusión y la otra, con dirección NE-SO en la parte oriental. La casi totalidad de los puntos anómalos en sedimentos de corriente se estructuran en dichas cuencas en la cuales aparecen en forma cohesionada y coherente. Las anomalías puntuales más significativas corresponden a los siguientes elementos: **Ag** (2 de orden 1° y 1 de 2°, **Au** (8 de 1°, 1 de 2° y 3 de 3°, en cuenca occidental), **Bi** (1 de 1°, 1 de 2° y 13 de 3°, estando localizadas las de orden superior a la salida del granito, en el C.V.S.), **Cd** (5 de 1° y 1 de 2° en la cuenca occidental, y 1 de 2° en la oriental), **Cu** (2 de 1°, 1 de 2° y 2 de 3°, en la cuenca occidental), **Fe** (6 de 3° y 1 de 1° en la cuenca occidental, viniendo parte de las anomalías de los Esquistos de Jerez), **Hg** (1 de 1° en la zona externa de Esquistos de Jerez), **Li** (1 de 1° y 4 de 3° en la cuenca oriental, naciendo la anomalía en Esquistos de Jerez), **Na** (1 de 1°, 1 de 2°, 2 de 3° y 4 de 4°, todos en la cuenca occidental), **P** (1 de 2° y 7 de 3°, en cuenca occidental), **Pb** (3 de 1°, 5 de 2° y 1 de 3° en la cuenca occidental), **S** (1 de 1°, 1 de 2° y 2 de 3°, en la cuenca occidental), **Sb** (2 de 4° en cuenca occidental), **Se** (1 de 3° en cuenca occidental), **Sn** (2 de 2°, 2 de 3° y 4 de 4°, en cuenca occidental), **Ta** (4 de 4° intragraníticas en cuenca occidental), **Te** (2 de 3° y 3 de 4°, en cuenca occidental, y 2 de 3° y 2 de 4° en la oriental), **U** (1 de 2° y 1 de 3° en cuenca oriental), **W** (2 de 1°, 10 de 2°, 8 de 3°, 4 de 4°, extendidos por todas las cuencas y en situación intragranítica), **Zn** (2 de 3° y 2 de 4° en cuenca occidental). Algunos valores puntuales de T.R. (Ce, La, Nd, Sm) aparecen en anomalías aisladas de 3°-4° orden en la cuenca oriental.

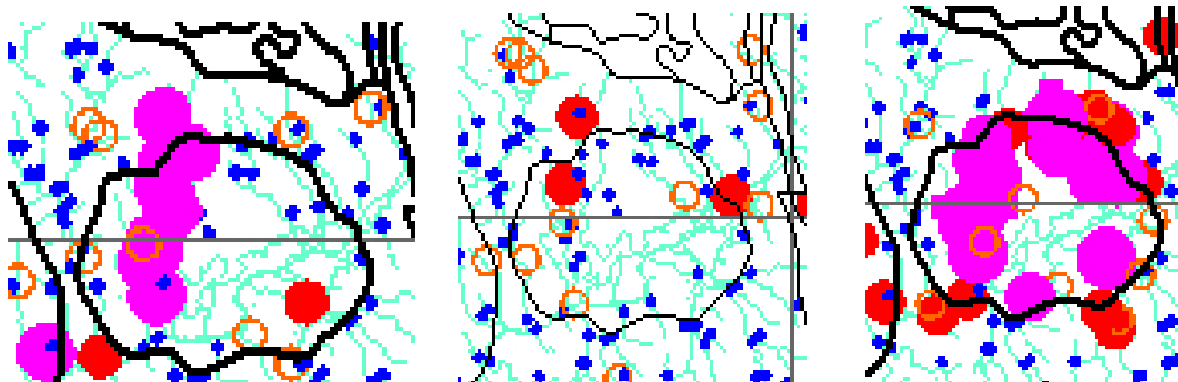


Figura 8.7. Anomalías de Au, Te y W en sedimentos de corriente en la zona del granito de La Bazana. Área anómala nº 32.

Los valores geoquímicos anómalos en concentrados de minerales pesados afectan igualmente a un grupo amplio de elementos metálicos como **Ag** (2 de 2° en la cuenca occidental y 1 de 3°, 2 de 4° en la oriental), **Au** (3 de 3° en la cuenca occidental, 1 de 2° en la oriental), **Br** (1 de 31 en la cuenca occidental, 1 de 2° en la oriental), **Cd** (1 de 2° y 2 de 4° en la cuenca occidental, y 1 de 2° y 2 de 3° en la oriental), **Cu** (1 de 2° en la occidental), **Na** (1 de 3° en la occidental), **Pb** (1 de 2° y 2 de 3° en la occidental), **S** (1 de 2° en la occidental), **W** (1 de 1°, 6 de 2°, 2 de 3° y 3 de 4° en la cuenca occidental, y 6 de 2°, 6 de 3° y 3 de 4° en la oriental), **U** (1 de 2° y 2 de 3° en cuenca occidental). Los elementos del grupo de las T.R. ligeras (Ce, La, Nd, Sm) aparecen con un valor anómalo de orden 2° en el mismo punto, dentro del granito, de la cuenca occidental.

Se aprecia, por lo tanto, una bastante grande coherencia entre los datos de sedimentos y de concentrados de minerales pesados. Los valores anómalos, en ambos casos, no provienen, en su mayor parte, del indicio conocido de W que está situado en la zona SE del intrusivo.

Los granitos varíscicos post-tectónicos son susceptibles de contener mineralizaciones de W-Sn-Bi-Mo y, de hecho, existe el modelo en una zona bien cercana de una mineralización de este tipo y en un contexto similar, el yacimiento de San Nicolás, que ha sido minada hasta hace un par de décadas. Por ello, parece lógico pensar en un seguimiento de esta área con una fase de reconocimiento inicial y una densificación de muestreo para geoquímica.

Zona anómala con interés prospectivo **alto**.

33.- Au-Ag-Pb-Zn-Cd-Cu-Mn-W-U- Wolframita-Scheelita-Hematites-Pirita-Magnetita-Es specularita-Xenotima- Au-Pb-S-Zn-Cd-Sb-W-Hf-Th-U.

Contexto geológico: granitoide varíscico de Brovales encajado en Fm. Bodonal y en Fm. Carbonatada. Éstas últimas están muy poco representadas en la zona y aparecen en afloramientos de muy poco espesor. En la estructura del Domo de Valungo en la que se sitúa la granodiorita de Brovales se encuentran algunos de los más importantes yacimientos de Fe del distrito ferrífero del SO (Colmenar-Santa Justa, San Guillermo y, en la zona O de contacto del granitoide, la mineralización de La Bilbaína. Todas estas mineralizaciones de magnetita tienen contenidos significativos, a escala local o puntual, de Au y de otros componentes metálicos como Cu, Zn y arseniuros. Estos enriquecimientos locales en metales son posteriores a la formación de las masas de magnetita pueden estar relacionados con sistemas hidrotermales más tardíos, controlados por discontinuidades. Están situados en el contacto de la roca granítica con los materiales volcánicos o carbonatados encajantes. La red hidrográfica está estructurada en dos cuencas principales de direcciones NS y SN, que se unen en un cauce que tiene salida hacia el SO.

A diferencia del área de la Bazana, en la de Brovales, las anomalías en sedimentos de corriente son mucho más escasas y restringidas, afectando todo lo más a tres puntos, situados en la zona central del área. Esos puntos anómalos suelen ser los mismos para una mayoría de elementos y están cohesionados. Los elementos que suministran valores anómalos constituyen un grupo asimismo más reducido que en el caso anterior: Au, Ag, Pb, Zn, Cd, Mn, W, U. Los valores anómalos alcanzados son también inferiores a los que aparecen en otras áreas. En la figura 8.8 puede verse la disposición de algunos de los puntos anómalos.

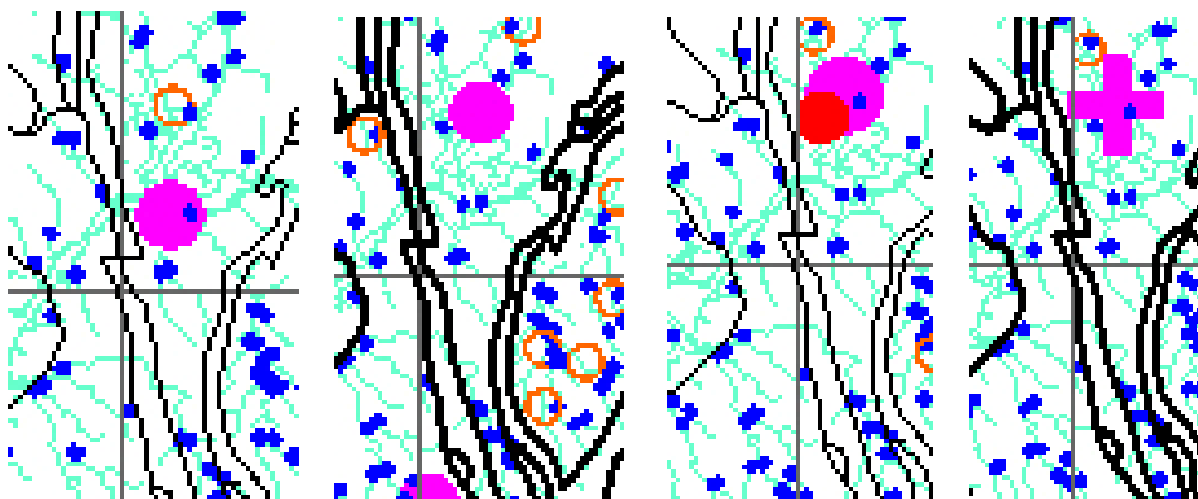


Figura 8.8. Anomalías de Ag, Au, Pb, Zn en sedimentos de corriente en la zona del granito de Brovales-La Bazana. Área anómala nº 33.

Las anomalías en los concentrados de minerales pesados corresponden a elementos coherentes con los que forman las existentes en sedimentos, y la localización de sus puntos anómalos plenamente coincidente con las anteriores. Lo mismo ocurre con las anomalías derivadas del estudio mineralométrico y más concretamente con las anomalías de wolframita y scheelita.

Cabe concluir que esta zona, en la que por cierto el número de muestras es muy reducido, con la escasa información de que se dispone manifiesta un interés muy relativo. La información obtenida es totalmente consistente y coherente pero no suficiente para especular con sus posibilidades.
Zona con grado de interés medio.

34.- W-Mn-Te-Au-Zn-Cd-P-Ta- Oro-Scheelita-Hematites-Ilmenita-Magnetita-Pirita-Granate- Ag-Cd-W-Ba-Ni-Lu.

Contexto geológico: Serie Negra, Fm. Bodonal y Fm. Carbonatada, definiendo una pequeña anticlinal con núcleo precámbrico situada entre el granito de Brovales y un cuerpo intrusivo ácido satélite del de Los Remedios. La zona contiene 4 indicios de Fe situados en la periferia de la zona, encajados en la Fm. Bodonal o en la Fm. Carbonatada. El conjunto del área está cubierta por una cuenca hidrográfica muy arborescente que vierte al NNE.

Los valores anómalos en sedimentos se distribuyen en 2-3 cuencas paralelas y áreas muy restringidas dentro del núcleo de Serie Negra y en pequeñas cuencas en la Fm. Carbonatada situada en la parte E del área. Existen varias anomalías de pequeña intensidad (3º o 4º orden), y formadas por uno o dos puntos anómalos, de Au, Zn, Ba, Bi, Pb, Sn, Ta, P, W. Otras anomalías, a menudo con valores más altos (2º-3º orden), aparecen en las pequeñas cuencas que drenan a la Fm. Carbonatada y corresponden a Fe, Cu, Mn, Sb, W.

Los valores anómalos obtenidos de los concentrados de minerales pesados son coherentes con los anteriores, si bien hay elementos no coincidentes entre ambos medios. Los más significativos en los concentrados corresponden a Ag, Cd, y W. Las anomalías mineralométricas de oro (1 muestra con oro) y de scheelita (cuatro puntos anómalos, uno de orden 1º) concuerdan bien con las áreas anómalas señaladas por los sedimentos de corriente.

Los datos obtenidos no son suficientes para atribuir a esta zona un gran interés, aunque tampoco para desecharla. Dadas las pequeñas dimensiones de las cuencas y el escaso número de muestras, queda una cierta indefinición que habría que solventar quizás con un reconocimiento de campo y una geoquímica de suelos en las áreas anómalas identificadas.

Grado de interés de la zona: medio.

35.- Au-Ag-As-Bi-Ni-W-As-Cd-Co-Fe-Zn-W-Cs-Ta-Ti-Lu-Yb-U-- Magnetita-Ilmenita-Oro-Scheelita-Hematites-Rutilo- Au-Ag-Cd-Fe-Cu-Ba-W-Zn-Rb-Hf-Ta-Th-Lu-Yb-U.

Contexto geológico: granito variscico sin-cinemático de Valencia del Ventoso, en contacto con materiales de la Serie negra, con uno de los intrusivos ácidos de Los Remedios y con la Fm. Carbonatada al S, los tres muy poco representados en el área. No existe ningún indicio minero en ella, pero hay uno de Fe en el granitoide de Los Remedios y otro de Cu en la Fm. Carbonatada. La red hidrográfica en la zona consiste en una cuenca arborescente de dirección SO a NE.

Las anomalías geoquímicas en sedimentos presentan por lo general un buen grado de agrupamiento y de estructuración. Los valores alcanzados son muy variables oscilando entre los de orden 1º y 4º. La gama de elementos que constituyen anomalías reúne a una mayoría de metales preciosos y metales base, esencialmente, y de elementos indicadores del medio geológico (elementos granitófilos).

Los análisis geoquímicos de los concentrados de minerales pesados aportan anomalías de Ba y no definen, en cambio anomalías de As, Fe, Bi o Ni como hacen los sedimentos. Al margen del hecho de que algunos elementos están analizados en los sedimentos y no en los concentrados, existe una fuerte relación entre los grupos de elementos formadores de anomalías en ambos medios de muestreo. Los elementos más significativos de ellas aparecen en los dos casos: Ag, Au, Cd, Fe, Zn, W, Lu, Yb, U, Ta.

Área con interés prospectivo **alto**.

36.- Au-Bi-Cu-W-Hg-As-Ni-Se-P-Zn-U- Magnetita-Scheelita-Wolframita-Berilo-Es specularita-Ilmenita-Pirita-Rutilo-Monacita- Au-W-Cd-Ag-S-U

Contexto geológico: Serie Negra.. El área contiene 6 indicios de Fe, localizados en el contacto de la Serie Negra con los cuerpos intrusivos ácidos y básicos que constituyen el borde S del granitoide de Burguillos.

Los elementos más significativos, por el número e intensidad de sus anomalías, son Au, Bi, Cu, Hg y W en sedimentos de corriente;; en concentrados de minerales pesados, son: Au, Cd y W. Las anomalías, aunque coherentes entre sí; son a veces de un único punto o muestra (salvo, p.ej. el Au en sedimentos con 1 de 2º orden, 6 de 3º y 6 de 4º). Sin embargo existen también algunas faltas de coherencia no explicadas. Así como algunos elementos (Bi, Au, Cu, Zn, y, en parte, W) o minerales (como wolframita) muestran puntos anómalos claramente ubicados y derivados de la Serie Negra, (Cuenca en zona NE del área) otros, como scheelita, o elementos químicos como U, Ti, Te, Sn, Se, Hg, Ni, P, suelen aparecer en forma periférica al intrusivo ácido englobado por el afloramiento de Serie Negra, inmediatamente a su contacto. El W aparece en ambas situaciones.

Por ello, teniendo en cuenta la importancia metalogenética, a escala regional, del área, pero también valorando la información recibida, algo confusa e incongruente, se considera que su valoración definitiva requeriría un estudio de algo más de detalle. Ese es en el fondo, el objetivo de la exploración geoquímica regional: señalar áreas que apuntan posibilidades pero que requieren un mayor aporte de datos y de más detalle.

Área anómala interés prospectivo **medio**.

37.- Au-Ag-Bi-Mn-S-Te-Sn-Cd-As-Pb-Sb-W-Zn-Ti-Lu-U- Oro-Scheelita-Magnetita-Hematites-Es specularita- Ilmenita-Rutilo- S.

Contexto geológico: afloramientos, con orientación NO-SE, de Serie Negra, Fm. Bodonal y Fm. Carbonatada, intruidos por el cuerpo granítico principal de Los Remedios y alguno de sus pequeños intrusivos satélites , ácidos o básicos. También afloran en el área, aunque a título casi simbólico por su escasa superficie, la Serie Detrítica Superior. La zona contiene 10 indicios mineros de Fe, situados en su mayoría dentro o en el entorno inmediato del cuerpo granítico de Los Remedios. Tres de ellos se ubican en la Serie Detrítica Superior y uno en la Fm. Carbonatada. Existen también dos indicios mineros de Cu, uno en la Serie Negra y otro en la Fm. Bodonal. La red hidrográfica se articula en numerosas pequeñas cabeceras de cuencas que se orientan hacia el NE.

Aunque una gran parte de los puntos anómalos en sedimentos, sobre todo de algunos elementos como el Au, se ubican en la Serie Negra, sus contenidos provienen de la Fm. Bodonal, en la que también aparecen puntos anómalos en la cabecera de cuenca. Hay que señalar que esas anomalías se estructuran en dos cuencas paralelas y contiguas que se unen al E en la Serie Negra. Por ello puede decirse que el área anómala en las cabeceras de cuenca, en la Fm. Bodonal, es amplia. Las principales anomalías que se denotan en ella son las de Au, Ag, As, Au, Bi, Sb, S, Pb, U. Las anomalías de Mn, La, Lu y algunas de Cu aparecen en la Fm. Carbonatada.

El único punto de muestreo de concentrados de minerales pesados existente en el área, situado en la principal cuenca anómala y en la Serie Negra, dispensa unas concentraciones anómalas de oro y scheelita.

Todos estos rasgos concluyen en un área relativamente amplia en la formación Bodonal, con una anomalía coherente y neta en metales nativos y otros normalmente asociados a ellos. Dada el interés que, a nivel general, tienen los materiales con fuerte participación volcánica de la Fm. Bodonal, por su asociación a numerosas anomalías y mineralizaciones de Au, esta área debe ser considerada con de interés medio y merecedora de un reconocimiento y de una investigación más detallada.

Área anómala con interés prospectivo **medio**.

38.- **Mn-Au-Ag-Ba-Sb-Cu-Pb-B-Ti- Hematites-Es specularita-Ilmenita-Pirita-Wolframita-Granate-Cd-S.**

Contexto geológico: esta zona, situada en la esquina SE de la zona de estudio, al S de Bodonal, es de una gran complejidad tectónica, y está formada por un damero de pequeños afloramientos de Fm. Carbonatada, Fm. Bodonal, Serie Detrítica Superior y Complejo Volcánico Sedimentario. La red hidrográfica es laxa y está estructurada en una cuenca con dirección NNO-SSE. Contiene un indicio de Fe en el C.V.S., situado en el borde oriental de la zona.

Dada la parcelación del área en pequeños dominios litológicos y la estructura poco densa de la red, es difícil establecer la procedencia u origen de los valores anómalos. Únicamente en el caso de Fm. Carbonatada, por la especial ubicación de sus afloramientos, no es posible establecer criterios de procedencia. La Fm. Carbonatada se asocia a fuertes anomalías en sedimentos de elementos como **Mn** (5 valores anómalos, 5 de orden 1º y 2 de 2º), **Fe** (3 de 1º y 2 de 2º), **Ba** (4 de 2º), **B** (1 de 2º), **Ag** (1 de 2º), **Ni** (2 de 3º), **Pb** (1 de 2º y 2 de 3º), **Sb** (2 de 1º, 1 de 2º, 3 de 3º). Los restantes valores anómalos se ubican en la cuenca principal, que recoge y mezcla valores anómalos procedentes de la Serie Detrítica Superior, del C.V.S. y de la Fm. Bodonal. Los elementos que se presentan de esta forma, con valores anómalos de grado variable entre los de orden 2º y 3º, son **Ag, Au, Cu, Sb, Ti**.

El estudio mineralométrico dispensa poca información, por el muy escaso número de muestras. Cabe reseñar, únicamente la presencia de 2 puntos, en la base de la cuenca principal, con concentraciones máximas de **wolframita** ($250 < < 946 \text{ g/m}^3$) o de especuladita ($200 < < 903 \text{ g/m}^3$), con posible procedencia de la Serie Detrítica Superior y/o del C.V.S.

Esta área, a pesar de algunos valores anómalos relativamente altos, muestra una cierta dilución del posible interés por la escasa dimensión de las cuencas y áreas de procedencia.

Área anómala con interés prospectivo **bajo**.

39.- **Au-Ag-S-Cu-Hg-Te- Oro-Wolframita-Hematites-Es specularita-Scheelita-Ilmenita-Magnetita-Pitita-Rutilo- Au-Pb-Ag-Cd-Cu.**

Contexto geológico: Serie Detrítica Superior, en lo que parece ser un cierre periclinal a pesar del desmembramiento general de las estructuras iniciales. Estos materiales contienen algún pequeñísimo afloramiento de Fm. Carbonatada. Existen en la zona dos indicios mineros, uno de Ba y otro de W, éste último situado en las cercanías del borde occidental del cuerpo intrusivo básico de Fregenal. Algunas de las cuencas de drenaje situadas en este área drenan a dos pequeños cuerpos intrusivos básicos, satélites del de Fregenal. Dada la amplitud y la forma del área seleccionada existen numerosas cuencas, con forma arborescente en general, y con diferentes orientaciones, desde NO-SE a E-O en la parte oriental.

Al margen de algunas cuencas de extensión minúscula, pueden considerarse 4 cuencas o áreas principales, una al O, drenando al indicio de W existente, otra al Sur con dirección NNE-SSO, drenando a materiales de la Serie Detrítica Superior y a materiales de un reducido enclave de la Fm. Carbonatada, otra al SE, drenando a materiales de la S.D.S y de los Esquistos de Jerez y otra al E, haciéndolo a materiales de la S.D.S. y de la Fm. Bodonal y Fm. Carbonatada de un área contigua más al E. Todas ellas presentan anomalías aunque en forma desigual.

La cuenca situada al E del área se manifiesta en los sedimentos de corriente, con anomalías de Au (2 de orden 1º, 1 de 2º y 2 de 3º, que pueden estar relacionadas con el indicio de W, aunque algunos de los puntos anómalos distan bastante de él; 1 de Cd de 2º; 1 de Cu de 3º; 2 de P de 2º; 1 de Sb de 3º; 2 de 2º y 1 de 3º de Te, bastante más aguas abajo en la cuenca. En el aspecto mineralométrico muestra anomalías puntuales y poco agrupadas de pirita 2º orden, rutilo (2º y 3º) y turmalina (2 de 3º). La geoquímica de concentrados define anomalías de Au (1 de 2º y 1 de 3º), de Cd (1 de 2º y 1 de 3º), de S (1 de 3º).

La cuenca situada al Sur (junto a una pequeña y paralela) se manifiesta en la geoquímica de sedimentos de corriente con anomalías de Au (1 de 1º, 1 de 2º y 1 de 3º), de Bi (1 de 2º), de Cd (1 de 2º), de Cu (2 de 2º y 3 de 3º), Mn (1 de 1º) localizada junto a un pequeño afloramiento de Fm. Carbonatada, Mo (1 de 2º y

2 de 3º), Pb (2 de 3º), Zn (1 de 2º). En lo que respecta a anomalías mineralométricas, se manifiestan en forma escasa y corresponden a especuladita (1 de 2º), hematites y magnetita (varias de 3º), monacita (2 de 3º), oro (1 de 1º), y pirita (1 de 1º, 1 de 2º y varias de 3º). Las anomalías geoquímicas definidas en los concentrados de minerales pesados más significativas son las de Au (1 de 2º), Cd (2 de 3º), Cu (1 de 4º), Mo (1 de 3º), Ni (1 de 3º), Pb (1 de 1º, 1 de 3º, 1 de 4º), S (1 de 1º, 1 de 2º y 1 de 4º).

La cuenca situada al SE (con orientación NO-SE) muestra las anomalías más estructuradas y cohesionadas de esta área aunque, en general, parecen proceder de los materiales de la Fm. Esquistos de Jerez situados en su cabecera pues las anomalías puntuales aparecen, en la mayoría de los casos en la parte alta de ella. En los sedimentos de corriente destacan las de Ag (1 de 1º y 1 de 2º, muy agrupadas), Au (3 de 1º y 3 de 2º, también muy cohesionadas), B (1 de 1º), Ba (1 de 2º), Bi (4 de 2º), Cd (5 de 3º), Cu (1 de 3º), Hg (1 de 1º y 1 de 2º), Mn (1 de 2º), P (1 de 3º), Pb (3 de 2º), Ti (1 de 2º y 1 de 3º), W (1 de 3º). Las anomalías mineralométricas son también escasas, siendo las principales las de especuladita (1 de 2º y 1 de 3º), hematites (2 de 2º y varias de 3º), oro (1 de 3º), scheelita (1 de 2º), wolframita (1 de 2º). Las anomalías geoquímicas en concentrados principales corresponden a Au (1 de 1º y 1 de 2º), Ba (1 de 3º), Cd (1 de 2º y 1 de 3º), S (1 de 2º y 1 de 4º).

La cuenca situada al E, con orientación ESE-ONO, presenta anomalías amplias y bastante cohesionadas, pero que pueden tener, en parte, su fuente en el área anómala nº 37, pues se manifiestan en las cercanías de ésta. Las anomalías de geoquímica de sedimentos más significativas corresponden a Ag (4 de 1º, 1 de 2º y 1 de 3º), Au (8 de 2º y 8 de 3º), Cd (1 de 3º), P (1 de 2º y 2 de 3º), Pb (1 de 2º y 2 de 3º), Sb (4 de 3º), Se (1 de 2º), Sn (1 de 3º), W (1 de 3º), Zn (1 de 3º). Las anomalías mineralométricas principales corresponden a cuarzo (1 de 2º), especuladita (4 de 2º), monacita (1 de 3º), oro (1 de 1º u 1 de 3º), rutilo (1 de 1º), wolframita (1 de 1º, 1 de 2º, 1 de 3º y 2 de 4º). Las anomalías geoquímicas en los concentrados de minerales pesados se expresan en el caso del Au (2 de 2º, 1 de 3º, 2 de 4º), Co (1 de 3º), Pb (1 de 4º), S (1 de 3º).

En conjunto puede decirse de estas anomalías, que no corresponden a mineralizaciones conocidas salvo la situada al O, que tienen siempre un componente esencial que es el **Au**. Las anomalías de S y del E son particularmente intensas y complejas, y muestran una apreciable cohesión y consistencia, aunque pueden tener su fuente en áreas descritas con anterioridad.

Interés prospectivo del área de grado medio a bajo.

40.- Au-Ag-Cu-Pb-Zn- Hematites-Ilmenita-Horblenda-Magnetita-Pirita-Monacita- Au-Cd-Pb-S.

Contexto geológico: Cuerpo intrusivo básico de Fregenal. Está muy tectonizado y fragmentado. Aparece rodeado, de forma algo irregular, por pequeños afloramientos de la Fm. Carbonatada. El macizo ígneo principal está asociado a tres pequeñas apófisis ígneas, dos de carácter básico al SO del principal y otro, de carácter ácido, al NE. Al S esta parcialmente cubierto por materiales terciarios. Existe un indicio de Fe, ubicado en Fm. Carbonatada al S del macizo.

Esta área contiene relativamente pocos puntos de muestreo y entre éstos existe una mayoría de muestras de suelos con respecto a los sedimentos, por lo que es problemático conocer la estructuración de las anomalías. Su interés radica en el hecho que una muestra de suelo tomada sobre una de las apófisis de rocas básicas al SE del cuerpo principal de Fregenal, presenta valores anómalos de 1º y 2º orden en una serie de elementos que forman una asociación geoquímica coherente con varios tipos de mineralizaciones posibles en este contexto geológico (Ag, As, Au, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Zn y Ni (3º orden). Asimismo, otro punto de muestreo, también correspondiente a un suelo, y situado en el intrusivo principal, manifiesta valores anómalos en gran parte de estos elementos aunque con menor intensidad. Esta zona se caracteriza pues por una anomalía poco definida aunque intensa y compleja, que debería ser estudiada más en detalle por su propia naturaleza y por su contexto geológico (apófisis intrusiva de rocas básicas).

Interés prospectivo del área, medio a elevado.

41.- Au-Bi-Ag-Cd-Cu-Pb-Hg-S-W-Sn-Zn-S-P-Sb-Oro-Hematites-Wolframita-Ilmenita-Magnetita-Scheelita-Monacita-Rutilo- Au-Pb-S.

Contexto geológico: Fm. Esquistos de Jerez. Cierre periclinal bien por los materiales de esta unidad. No hay indicios mineros conocidos.

Una amplia cuenca de drenaje que ocupa gran parte del área se manifiesta por anomalías intensas en varios puntos con una fuerte cohesión y agrupamiento. Estos valores anómalos afectan a un grupo amplio de elementos que conforman una asociación con fuerte significación metalogénica (Ag, Au, Bi, Cd, Cu, Hg, S, Sb, Se, S, Sn, W, Pb, Zn, Ni). Esta anomalía en sedimentos de corriente se reafirma y amplifica por las anomalías mineralométricas y geoquímicas en los concentrados de minerales pesados (oro, wolframita, hematites, y Au, Pb, S).

Por el contexto geológico y la intensidad y consistencia de las anomalías esta área debe ser considerada como de interés elevado y debería ser investigada en detalle a través de reconocimientos de campo y prospección geoquímica de suelos con más alta densidad.

Interés prospectivo del área, de grado medio a alto.

42.- Bi-Cd-W-Au-Li-Zn-Ag-B-Zn-Pb-Sb-Ta- Oro-Scheelita-Pirita-Berilo-Malaquita-Hematites-Magnetita-Brookita-Rutilo- Au-Cd-S-Ag-Co-Mo-Rb-Sb-Zn.

Contexto geológico: Formación Fatuquedo y Complejo Volcánico Sedimentario (C.V.S.). No hay indicios conocidos en el área, exceptuando a un indicio de Fe en el C.V.S. cercano a los límites definidos para la zona.

En forma similar a lo descrito para el área anterior, en ésta se define una cuenca de pequeñas dimensiones en la que un grupo de elementos químicos con significación metalogénica muestran varios valores anómalos, algunos de ellos elevados. Presentan una gran estructuración formando agrupaciones de puntos anómalos muy coherentes. Los elementos más significativos y que mejor definen a esta cuenca anómala son Bi, Cd, W, Zn y, en menor medida, Ag, Au, B, P, Li, Sb, Pb y W. También en este caso los datos mineralométricos y de geoquímica de concentrados de minerales pesados refuerzan a la vez que confirman el valor de la anomalía del área (berilo, especuladita, malaquita, oro, rutilo, pirita, scheelita, junto a valores elevados de **Au**, Cd, S, Sb, Ag, Co, Mo, Zn).

Interés prospectivo del área de grado medio a alto.

43.- Au-Hg-Bi-Cu-Pb-Zn-Te-Mo-Mn-P-Mn-Ni-Ti-Na-Nd-Yb-Oro-Scheelita-Casiterita-Goethita-Magnetita-Pirita-Hematites-Ilmenita-Rutilo-Circón-Turmalina-Xenotima-Au-Ag-Ba-Pb-Cd-Co-Br-Mn-Li-Cs.

Contexto geológico: Fm. Esquistos de Jerez, formada por materiales detríticos y rocas de origen volcanosedimentario en su parte basal. Al E esta formación está en contacto con materiales volcánosedimentarios de la Fm. Bodonal y de la Fm. Carbonatada (más al E). Dada la estructura de la red de drenaje las muestras situadas en esta área reciben probablemente aportes de sedimentos procedentes de estas unidades e, incluso, del granitoide de Táliga, que aflora más hacia el E, así como de la Serie negra que lo hace en la parte SE del área. Se trata de un área muy tectonizada, afectada por desgarres que ponen a estas unidades en contacto tectónico.

Existe un indicio de Fe dentro de la Fm. Esquistos de Jerez, a un km al S de las mineralizaciones de Alconchel.

La forma del área considerada, con elongación NO-SE, hace que en ella se definan varias cuencas cuya orientación es aproximadamente NE-SO. De ellas, hay que destacar a tres, una al NO (S de Alconchel), otras dos en su parte central, y una cuarta en su extremo SE, que presentan anomalías de sumo interés.

Todas ellas suministran respuestas anómalas, intensas y complejas, tanto en sedimentos de corriente como en concentrados de minerales pesados (mineralometría y geoquímica).

La cuenca situada en el sector NO se caracteriza por anomalías de Bi, Cd, Li, Nd, Ni, Se, **Te**, Ti en sedimentos, y de **Ag**, **Au**, Cs y Pb en concentrados.

La cuenca situada inmediatamente al SE de la anterior se expresa con anomalías de **Au**, Cd, **Cu**, Fe, **Hg**, Nd, **Pb**, Sb, **Te**, W, Zn en sedimentos, indicando en cierta forma la mayor complejidad litológica de los materiales de su cuenca. Asimismo, se expresa con anomalías mineralométricas de barita, **berilo**, cuarzo, especuladita, **hematites**, magnetita, **pirita**, **rutilo**, **scheelita** y **turmalina**. Los concentrados de minerales pesados dispensan anomalías de Ba, Cd, Co, Cs, Mn.

La cuenca siguiente en la dirección NO-SE, se manifiesta en los sedimentos con anomalías de **Au**, Bi, **Hg**, **Pb**, Se, **Te** y, en los concentrados de minerales pesados, de casiterita, cinabrio, goethita, cuarzo, **oro**, **turmalina**, **xenotima**, así como de **Au** en la geoquímica de éstos.

La cuenca situada en el extremo SE muestra respuestas anómalas en los sedimentos de corriente, con valores anómalos de As, **Au**, Bi, Cu, Mo, P, Se, **Te**, Ti. En los concentrados de minerales pesados presenta contenidos anómalos en **hematites**, ilmenita, magnetita, **oro**, **turmalina**, **pirita**, así como en **Ag**, **Au**, Ba.

Dado su contexto geológico, en el que están presentes unidades metalogénicamente significativas por el origen volcano-sedimentario de algunos de sus términos o por su capacidad reactiva frente a aportes hidrotermales (Fm. Carbonatada, Serie Negra) y dada la consistencia que muestran las anomalías a pesar del escaso número de muestras que contienen estas cuencas, esta área debe ser considerada como de elevada prospectividad.

Interés prospectivo del área: elevado.

Otras anomalías: Además de las áreas anómalas descritas anteriormente hay que mencionar algunas anomalías procedentes del estudio de los concentrados de minerales pesados, cuya consideración y valoración trasciende de los fines de este estudio.

Algunos de los minerales pesados determinados en el estudio con lupa binocular, como es el caso de la ilmenita, presentan en algunas muestras contenidos considerablemente elevados, de entre 20.000 y 41.860 g/m³, localizados principalmente en el área de los intrusivos cámbricos de Barcarrota y de Almendral. Podría ser interesante realizar un estudio morfológico y sedimentológico de los aluviales en las cuencas anómalas en este mineral, para valorar las posibilidades de existencia de aluviales de cierta extensión y tonelaje, así como previamente de la confirmación de los contenidos en ilmenita a través de la densificación de muestreos mineralométricos.

Un análisis similar sería pertinente con respecto a elementos del grupo de Tierras Raras cuyas concentraciones geoquímicas en los concentrados de bateas alcanzan en algunas cuencas valores muy elevados. Sin embargo no se manifiestan con la presencia explícita de minerales pesados relacionados con ellos (monacita, xenotima) en forma destacable. Cabe esperar otra forma de especiación de estos elementos. Las muestras anómalas se concentran en la Fm. Xistos Raiados, en la que son varios los puntos con concentraciones de entre 5.000 y 8.531 mg/kg de Ce, de entre 50-92 mg/kg de Eu, de entre 3.000 y 6.657 mg/kg de La, de entre 1.250 y 2.041 mg/kg de Nd, de entre 350-453 mg/kg de Sm y de entre 50 y 218 mg/kg de Yb. Aún teniendo en cuenta que estos datos están medidos en concentrados de minerales pesados son ciertamente elevados.

9.- CONSIDERACIONES MEDIO AMBIENTALES

El sedimento, como muestra que representa una mezcla y un promedio de los materiales superficiales de la cuenca de drenaje, es susceptible de suministrar una información geoquímica utilizable para hacer una estimación de los contenidos geoquímicos en los suelos erosionados en dicha cuenca. La información geoquímica multielemental regional puede, por ello, proporcionar una definición de los fondos geoquímicos y de su variabilidad y, por otra parte, de las zonas con contenidos elevados en elementos potencialmente peligrosos para el medio y para la salud. Este tipo de información se utiliza (Appleton, 1995) para hacer un diagnóstico y una aproximación a estos problemas, que deben ser posteriormente estudiados con mayor detalle y con la metodología adecuada. Esta información es, en una región bastante poblada, con una importante actividad ganadera y con un medio natural diverso y valorado, una base para una primera aproximación al análisis del estado ambiental a escala regional.

9.1.- ZONIFICACIÓN DEL ÁREA CON RESPECTO A UMBRALES DE CONTAMINACIÓN.

Uno de los principales problemas en el terreno medio ambiental es el de la gestión y preservación de los ecosistemas y, en concreto el conocimiento de las afecciones de los suelos y su remediación. Al margen de los inventarios de emplazamientos contaminados, realizados a partir del conocimiento de la ubicación de potenciales focos (de naturaleza industria o minera) son muy escasos los estudios a escala regional que tengan por objetivo la detección de posibles problemas que afecten a los suelos a partir de sus propias características geoquímicas. La cartografía geoquímica aporta una información regional que puede, en mayor o menor medida según la densidad de muestras utilizada, servir para caracterizar químicamente las áreas estudiadas e identificar zonas con posibles problemas relacionados con concentraciones inusuales que pueden ser debidas a contaminaciones de elementos nocivos para los ecosistemas y, en particular, peligrosos por tóxicos, para la salud de los seres vivos. Esas concentraciones inusuales pueden ser anormalmente elevadas (contaminaciones) o deprimidas (deficiencias), también problemáticas en el caso de elementos necesarios para el crecimiento de plantas y para la salud de animales y de los seres humanos.

El conocimiento sistemático de contenidos químicos a la escala regional puede también constituir una herramienta para la definición de los fondos geoquímicos y de los niveles de referencia de los materiales superficiales. La necesidad de discriminar las áreas afectadas por problemas relacionados con los contenidos en elementos químicos nocivos o peligrosos y de gestionar su preservación o la remediación de esos problemas.

Por ello, en los dos últimos decenios se han venido elaborando listados de umbrales de contenidos en suelos y otros materiales que permitan definir la presencia de contaminaciones y de grados de contaminación, con el objetivo de discriminar y clasificar áreas en función de sus características químicas (“Trigger concentrations”, umbrales de contaminación).

Uno de los primeros intentos de establecimiento de unos criterios en este sentido fue el realizado con la **normativa holandesa de suelos contaminados (Smit et al., 2003)**, en la cual se definían umbrales, tanto para los elementos químicos inorgánicos como para los compuestos orgánicos. Se basaba en la definición de tres umbrales, En las figuras 9-1 a 9-12 se han representado, con metodología similar a la ya explicada, las áreas en las cuales los contenidos en determinados elementos, potencialmente peligrosos para la salud exceden a los umbrales o límites que expresan las normativas de suelos contaminados, ya en uso en determinados países. Se ha escogido, a **título puramente orientativo**, la normativa holandesa de suelos contaminados, en la que se marcan para elementos potencialmente peligrosos, un nivel **A** o de referencia que señala las características de un suelo aceptable (“target concentration” o contenido en el suelo considerado como nivel objetivo), un nivel **B**, por encima del cual la zona o los suelos existentes en ella requieren un estudio de detalle, y un nivel **C**, o de intervención, por encima del cual es requerida una acción para la remediación de la situación, sin la cual esa área queda excluida para una mayoría de usos.

Las normas han sido reformuladas y modificadas en 2003. Las nuevas normas establecen un **valor o umbral “target”**, o de referencia, para cada elemento potencialmente peligroso o fitotóxico, y un **valor**

de intervención, más allá del cual el suelo debe ser estudiado y medidas de remediación deben ser aplicadas, siendo vetado para la mayor parte de los usos.

Los valores señalados como umbrales han sido fijados a partir de unos suelos tipo con unos parámetros precisos referidos a su contenido en materia orgánica y a la proporción de arcilla. Existen fórmulas para recalcular las concentraciones en el caso de ser esos parámetros diferentes en el suelo.

Debe insistirse en el carácter de **aproximación** al problema que representa el análisis que se presentan, pues las normativas están referidas a tipos y metodologías de muestreo y análisis muy normalizados. Constituyen, en cualquier caso, una mejora en el conocimiento de la situación del medio y una orientación para conocer posibles áreas con problemas de contaminación.

Dadas las características del área de trabajo, en la que no se desarrollan actividades industriales importantes, pero en la que ha tenido lugar un laboreo minero intenso, no son de esperar grandes contaminaciones antropogénicas salvo las mineras. Con respecto a la mayor parte de los elementos problemáticos desde un punto de vista ambiental (As, Pb, Cd, Sb..) el área de estudio presenta concentraciones bajas y por debajo de los límites de intervención, salvo ocasionalmente y a escala local, en zonas metalogénicamente especializadas (caso del As, del Pb) o de antigua minería intensiva (caso del Pb en el área minera al S de Fregenal). En el caso del Mn, aunque gran parte de la zona se sitúa por encima del valor de referencia, aparecen algunas pequeñas áreas con valores superiores a los de intervención. alguna de estas pequeñas áreas tiene sin duda una relación con las mineralizaciones de Mn de Zahinos pero otros (granito de Táliga) son sin duda de origen natural. Sería necesario un estudio detallado en el sobre el terreno para discriminar si los valores considerados como de intervención corresponden a la acción antropogénica, actividad minera y formación de balsas de residuos o escombreras o al enriquecimiento natural que más que una consecuencia de la actividad minera son causas de ella. Sólo algunos elementos como **Se** y **Sb** exceden en amplias zonas a alguno de estos límites normativos (por encima del valor de referencia y por debajo del límite de intervención, indicando la posibilidad de una contaminación débil). Presentan niveles de contenidos que exceden ampliamente a los umbrales más bajos fijados en las normativas, en zonas extensas que no tienen relación directa con la actividad minera y sí tienen rasgos geoquímicos naturales. De hecho las zonas definidas en las figuras mencionadas muestran una estrecha relación con los límites de algunas formaciones geológicas. Por ello cabe decir que los altos contenidos de algunos metales están controlados por factores litológicos. Los contenidos en metales no pueden ser interpretados como contaminaciones antropogénicas, sino como un rasgo natural del territorio. Por lo demás el estado del territorio desde el punto de vista de contaminación en metales pesados, y en una aproximación a la escala regional, es bastante satisfactorio. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el estudio anterior (CGEOM-Fase 1).

Los mapas en los que se representa la clasificación o zonificación del territorio incluido en la zona de estudio se representan en las figuras 9.1 a 9.16.

En la figura 9.1 puede apreciarse que la mayor parte del área tiene contenidos en **As** con valores inferiores al del valor “target” o de referencia. Los valores situados entre el de referencia y el de intervención se concentran en amplias áreas relacionadas con la Fm. Xistos Raiados y con el Silúrico. Estos contenidos no pueden ser asociados a procesos de contaminación antrópica sino que deben ser considerados como valores naturales ligados a unidades fuertemente especializadas geoquímicamente.

Los valores superiores al límite de intervención aparecen en contextos muy locales y rodeados por una aureola estrecha de la categoría anterior. Estas áreas muy restringidas, pero que pueden suponer puntos de interés desde el punto de vista ambiental, para su catalogación, para su estudio más detallado y por una eventual necesidad de remediación, se localizan sobre los afloramientos de Silúrico, en el campo filoniano de Oliva y en otro afloramiento próximo de la Fm. Fatuquedo, en el que se han identificado anomalías de interés prospectivo, pero en cuyo entorno no hay indicios de actividad minera pasada o presente. En esta última, cabe excluir una fuente antropogénica y sus causas deben relacionarse con dispersiones naturales a partir de un entorno enriquecido en As por procesos hidrotermales y posteriormente supergénicos. Incluso en el caso de la alta concentración en el campo filoniano de Oliva, sería necesario un estudio más detallado para diagnosticar si su fuente está relacionada con la actividad minera o con las fuertes

alteraciones hidrotermales presentes asociadas al proceso de mineralización y a la intrusión granítica subaflorante allí presente.

Otras áreas, de pequeñísima extensión y con valores de riesgo en As, aparecen sobre stocks intrusivos satélites del de Fregenal, y en el granitoide de Almendral. Como para los anteriores, cabe atribuirles un origen natural (dispersiones primarias y secundarias de naturaleza geológica).

El Ba (figura 9.2) presenta valores superiores al valor de referencia en la casi totalidad de la zona de trabajo, lo cual puede atribuirse lógicamente a un rasgo regional y definiendo una zonalidad o heterogeneidad geoquímica posiblemente a la escala cortical. Las áreas con valores superiores al nivel de intervención ocupan, asimismo, un porcentaje muy significativo de la superficie total. Tienen desarrollos amplios y muestran una cierta sociación con determinadas unidades geológicas mucho más que con estructuras locales como son las mineralizaciones. Estas unidades son los granitoides de Táliga, Almendral y Barcarrota, así como las unidades de los Xistos Raiados, Fm. Barrancos, Fm. Esquistos de Jerez, Serie Negra. Por ello y por la amplitud de este fenómeno, cabe excluir fuentes antrópicas y menos relacionadas con la actividad minera pasada, de la cual sólo existen dos indicios de esta sustancia y localizados en áreas con fondos algo superiores al valor de referencia.

El Be (figura 9.3) tiene como el Ba, todos sus valores por encima del valor de referencia aunque no supera nunca el de intervención. Esta disposición es asimismo reflejo de causas naturales y de los fondos geoquímicos elevados de esta sustancia a escala regional.

El Cd (figura 9.4), a semejanza del As, se manifiesta con fondos geoquímicos netamente por debajo del valor “target” y únicamente en dos áreas de muy reducida extensión, pero con gran significación geológica, supera ese valor. Lo hace sobre dos apófisis o stocks ígneos (al SO del intrusivo de Fregenal, y junto al intrusivo de Almendral). Estas anomalías, sin relación con mineralizaciones conocidas, so, por el contrario, manifestaciones del posible interés metalogénico de dichas áreas. En cualquier caso, hay que pensar en concentraciones geoquímicas de origen natural y geológico.

El caso del Co y del Cr (figuras 9.5 y 9.6) es similar al del As. Gran parte de la zona con fondos por debajo del valor “target”, y unas áreas de cierta amplitud, por encima pero inferiores al umbral de intervención, pero con una evidente relación con el contexto geológico (granitoides de Almendral, Táliga, Barcarrota, Valencia del Ventoso, Fregenal y la unidad de C.V.S.). La zonificación de la zona es exclusivamente debida a causas naturales y de escala regional.

Los caso de Cu y Hg (figuras 9.7 y 9.8) son asimismo parecidas a las anteriores aunque con una mucho menor presencia de contenidos superiores al valor de referencia. Los superiores a éste aparecen en relación con los afloramientos de Silúrico y Fm. Xistos Raiados (y , en el caso del Cu, con stocks y pequeñas cúpulas intrusivas básicas (complejo intrusivo de Fregenal).

El Mn (figura 9.9) muestra una estructura de zonificación similar a la del Ba aunque con menor desarrollo de áreas con fondo superior al de intervención. Se manifiesta la especialización a escala regional con respecto al Mn, cuyos valores son superiores al “target” en la totalidad del área.

Los fondos superiores al de intervención se localizan en general en asociación espacial con litologías determinadas como son la Fm. Carbonatada, y pequeños sectores de los granitoides de Almendral y Fregenal. En la zona de Zahinos se localizan dos pequeñas áreas centradas sobre indicios de Mn de ese distrito. Puede tratarse de contaminación inducida por la minería o de halos de dispersión primaria de origen natural. Sólo un análisis detallado puede esclarecer este problema. Sin, embargo, el contexto de altos fondos en Mn o, en otras palabras, la anomalía regional en Mn pueden inducir a pensar en que al menos parte de este hecho puede ser de origen geológico.

El Ni (figura 9.11) presenta unos rasgos totalmente similares a los del Co.

El Pb (figura 9.12) tiene fondos que, en toda el área, son inferiores al valor de referencia de la normativa holandesa. La única excepción se manifiesta, con valores ligeramente superiores al valor de referencia, en

un pequeño stock intrusivo básico al SO de Fregenal. Se deduce el origen totalmente natural de esta posible anomalía.

El Sb (figura 9.13) muestra rasgos muy similares a los anteriores distribuciones, como la del Ni. Únicamente difiere por la presencia de una zona con fondos superiores al valor de referencia en los cuerpos intrusivos de Almendral, ya comentados en capítulos anteriores. Por su amplitud y fidelidad a las estructuras geológicas cabe definir la zonificación establecida como relacionada con causas naturales y geológicas.

El Sb (figura 9.13), cuyos fondos son inferiores al valor elegido como referencia en la casi totalidad de la zona, se expresa con fondos superiores a ese valor e inferiores al valor de intervención en pequeñas áreas consistentes, sin ninguna relación con la actividad minera, y sí con afinidad por unidades geológicas o parte de ellas. Como ejemplo, lo hace en afloramientos de la Fm. Carbonatada y de la Serie Negra al N del granitoide de Almendral, y en pequeños stocks intrusivos, de naturaleza básica, satélites del cuerpo intrusivo básico de Fregenal. Así mismo se asocian a los afloramientos replegados de Silúrico localizados al SO de la zona. Se concluye, por lo tanto, en el control geológico, y subsecuentemente natural, de la distribución geoquímica de Sb y la escasa o nula influencia antrópica en ellas.

El Se (figura 9.14) se expresa con pautas de distribución, con respecto a los umbrales de contaminación seguidos, muy parecidas a las que manifiesta el Cr. Hay áreas amplias (aunque inferiores en extensión a las que son inferiores) con valores de fondo superiores al valor “target”. Tienen un evidente control geológico y aparecen ajustándose a los afloramientos de los cuerpos intrusivos de Táliga, Los Remedios, Valencia del Ventoso, Barcarrota y Almendral, así como, parcial o totalmente, a afloramientos de la Fm. Xistos Raiados, de C.V.S., Fm. Esquistos de Jerez. Se manifiestan también en el área ocupada por los supuestos granitos subaflorantes entre Zahinos y Villanueva del Fresno. Hay que concluir en el origen totalmente natural y de naturaleza geológica de esta zonificación.

En el caso del V (figura 9.15), puede decirse que aproximadamente un 50% de la superficie de la zona tiene fondos geoquímicos de V con valores inferiores al valor “target”, mientras que el 50% restante los tiene superiores a él, aunque sin alcanzar el umbral de intervención salvo en un área inferior a 1 km² situada en la Serie Negra y en el contacto de ésta con el granitoide de Valencia del Ventoso. Las zonas con valores superiores al de referencia se identifican estrechamente con unidades litoestratigráficas y litológicas, como la Fm. Xistos Raiados, la Fm. Barrancos, la Fm. Fatuquedo, el C.V.S., la Serie Negra, la Fm. Carbonatada y, sobre todo, con los cuerpos intrusivos de naturaleza básica (Barcarrota, Fregenal, Jerez) y amplios sectores de los de carácter ácido (Barcarrota, Táliga, Valencia del Ventoso). Los factores que controlan su distribución son totalmente de orden geológico y natural, sin participación de otros antrópicos.

Finalmente, el Zn (figura 9.16), presenta una imagen totalmente similar a la de, por ejemplo, el Cd (figura 9.4): Toda la zona tiene contenidos geoquímicos de V inferiores al valor de referencia, salvo en una pequeña área circundante a un stock básico cercano al intrusivo de Fregenal (SE), geoquímicamente anómalo para varios elementos metálicos.

Como **conclusión general**, se obtiene una visión bastante positiva de la zona por cuanto una gran parte de los elementos considerados (elementos potencialmente tóxicos o de riesgo) se mantiene en contenidos inferiores a los fijados como objetivo o “target” en las normativa holandesa de suelos contaminados, elegida para este ejercicio de aproximación al estado ambiental. En el caso de aquellos elementos que muestran valores superiores al valor de referencia en una parte significativa del territorio (Ba, As, Be, Cr, Co, Mn, Ni, Se, V), la estructura de las distribuciones espaciales (no puntuales o de escala local), la asociación y relación estrecha con unidades litológicas en contraposición a su desvinculación de áreas mineras o de núcleos de población (o industriales) lleva a atribuirles un control geogénico y, por lo tanto, natural. Algunas anomalías muy puntuales de valores superiores al umbral de intervención (As, Cr, Cu, Sb, Zn) aparecen en puntos geológicamente singulares y pueden corresponder a anomalías ligadas a mineralizaciones reales o potenciales, en las cuales, salvo en el caso del Mn, no han existido actividades extractivas lo cual excluye una contaminación antrópica y apunta hacia procesos geológicos o de mineralización, es decir, naturales, como causa última. Únicamente el Mn, en cuyo caso sí que hubo

actividad minera asociada, puede pensarse en una contaminación antrópica cuya mayor o menor importancia frente a la geológica requeriría un estudio detallado.

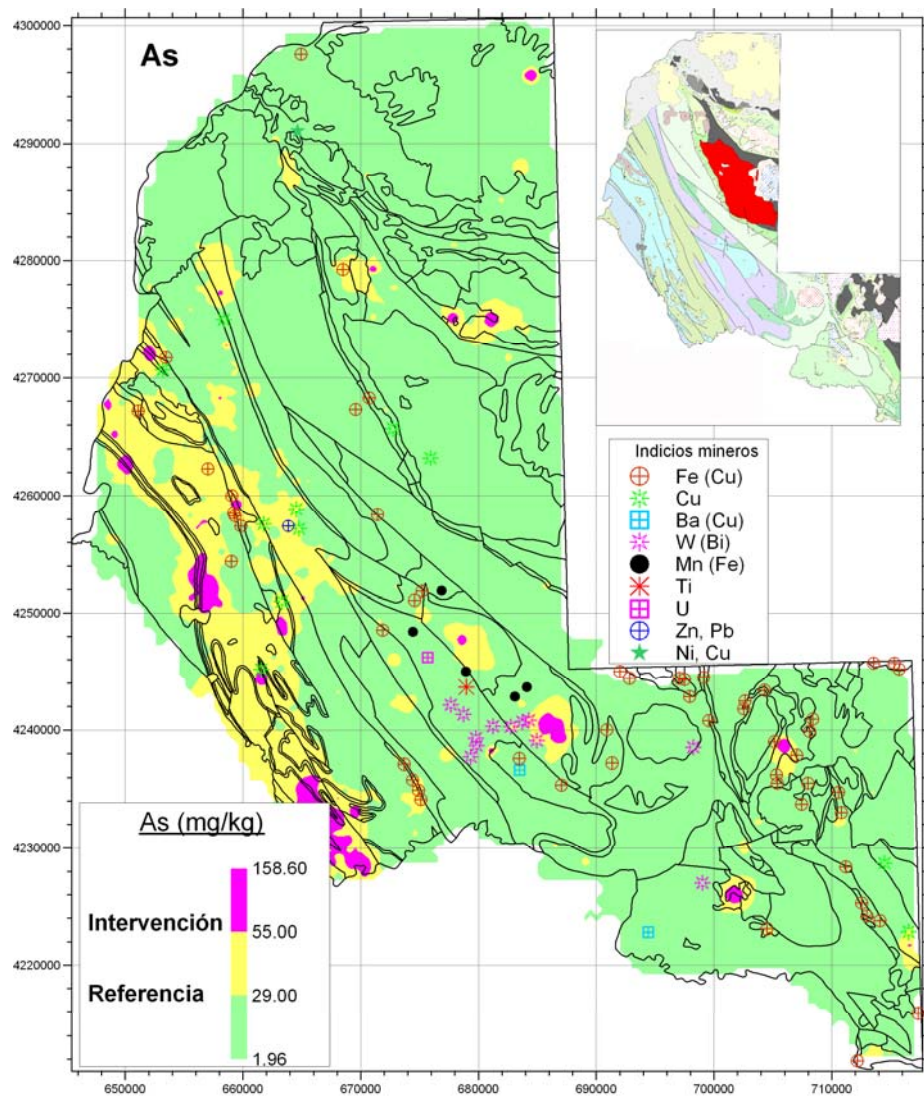


Figura 9.1. Geoquímica de sedimentos y suelos. Clasificación del área en función de los contenidos en As y de acuerdo con los valores de referencia (Ref= 23 mg/kg) y de intervención (Int.= 55 mg/kg) para suelos contaminados (Normas holandesas, 2003)

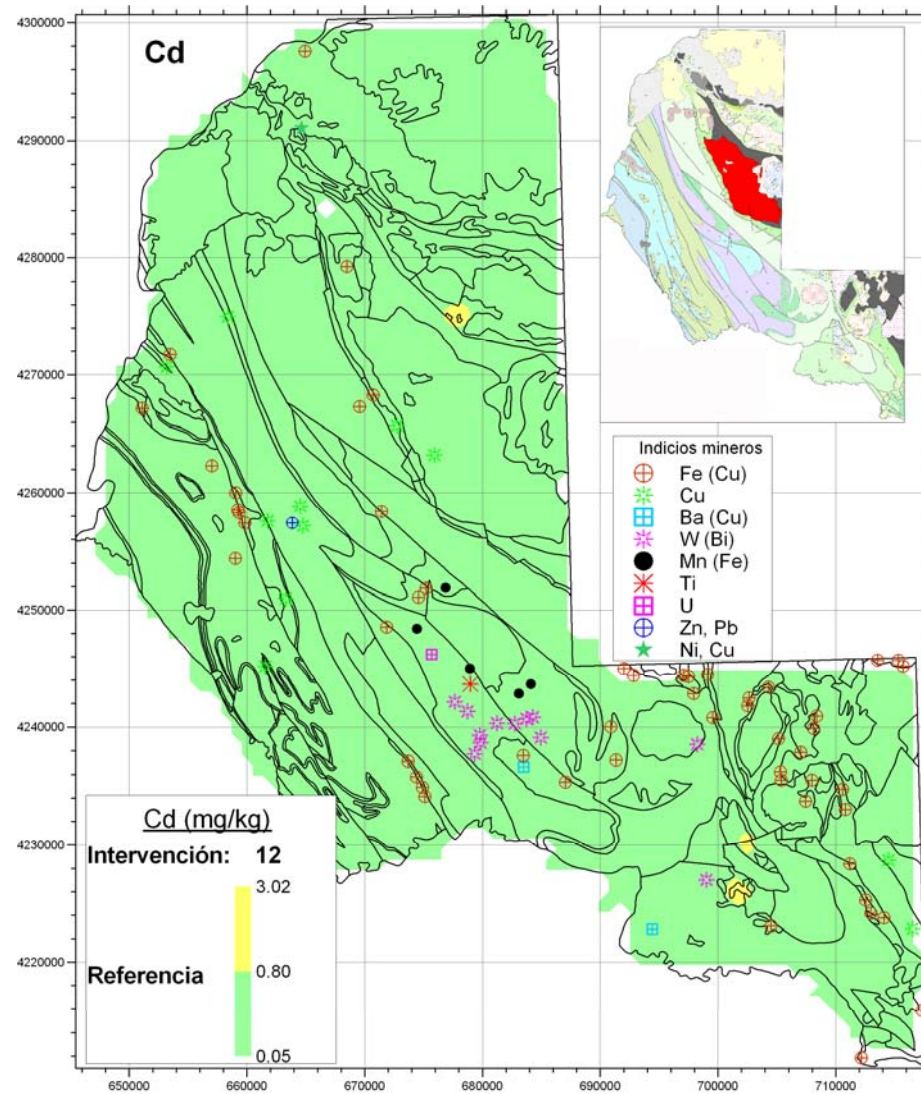


Figura 9.4. Geoquímica de sedimentos y suelos. Clasificación del área en función de los contenidos en Cd de acuerdo con los valores de referencia (Ref= 0,8 mg/kg) y de intervención (Int= 12) para suelos contaminados (Normas holandesas, 2003)

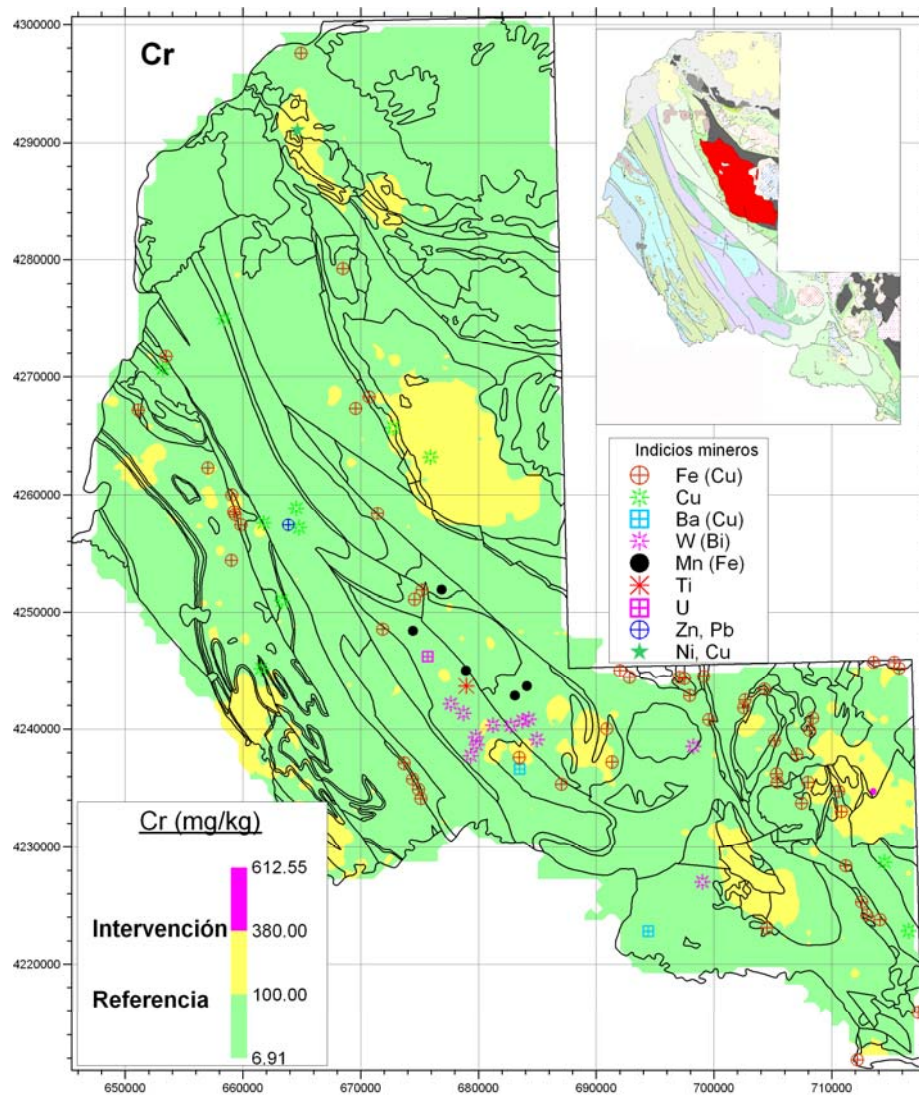


Figura 9.6. Geoquímica de sedimentos y suelos. Clasificación del área en función de los contenidos en Cr y de acuerdo con los valores de referencia (Ref= 100 mg/kg) y de intervención (Int.= 380 mg/kg) para suelos contaminados (Normas holandesas, 2003)

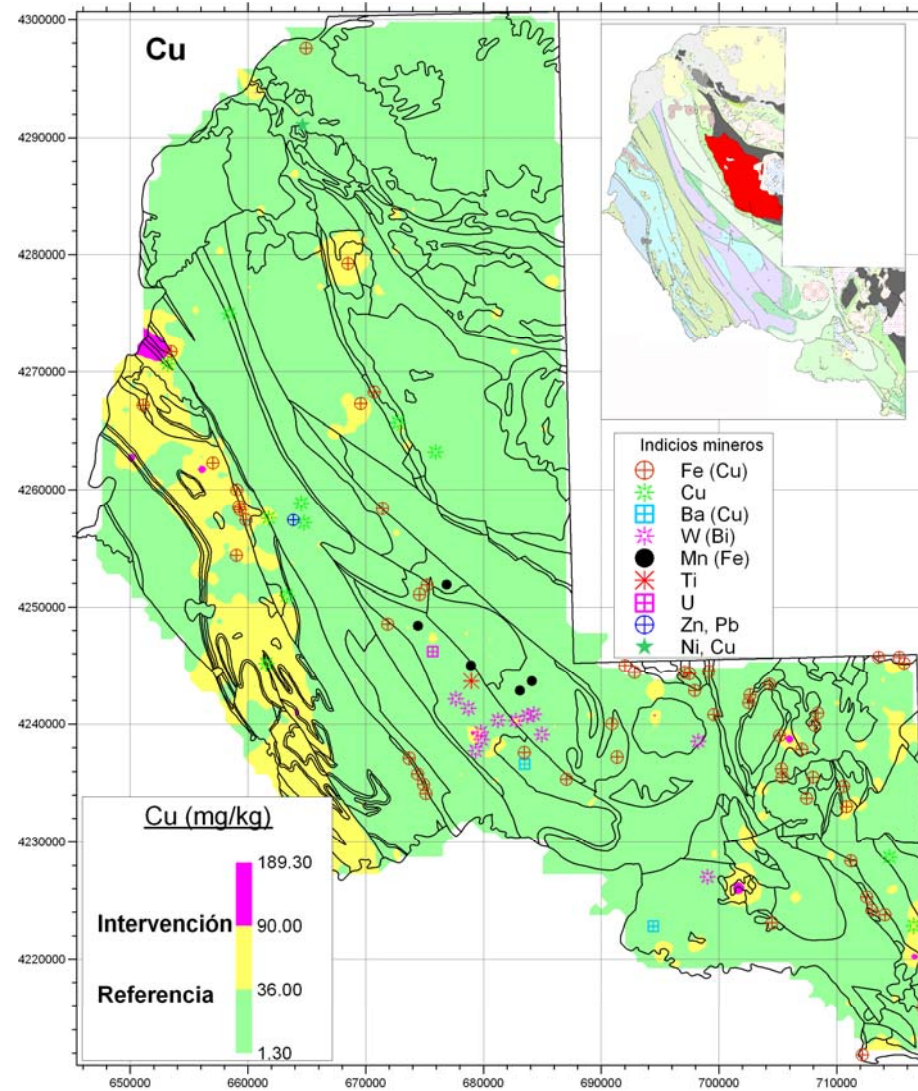


Figura 9.7. Geoquímica de sedimentos y suelos. Clasificación del área en función de los contenidos en Cu y de acuerdo con los valores de referencia (Ref= 36 mg/kg) y de intervención (Int.= 90 mg/kg) para suelos contaminados (Normas holandesas, 2003)

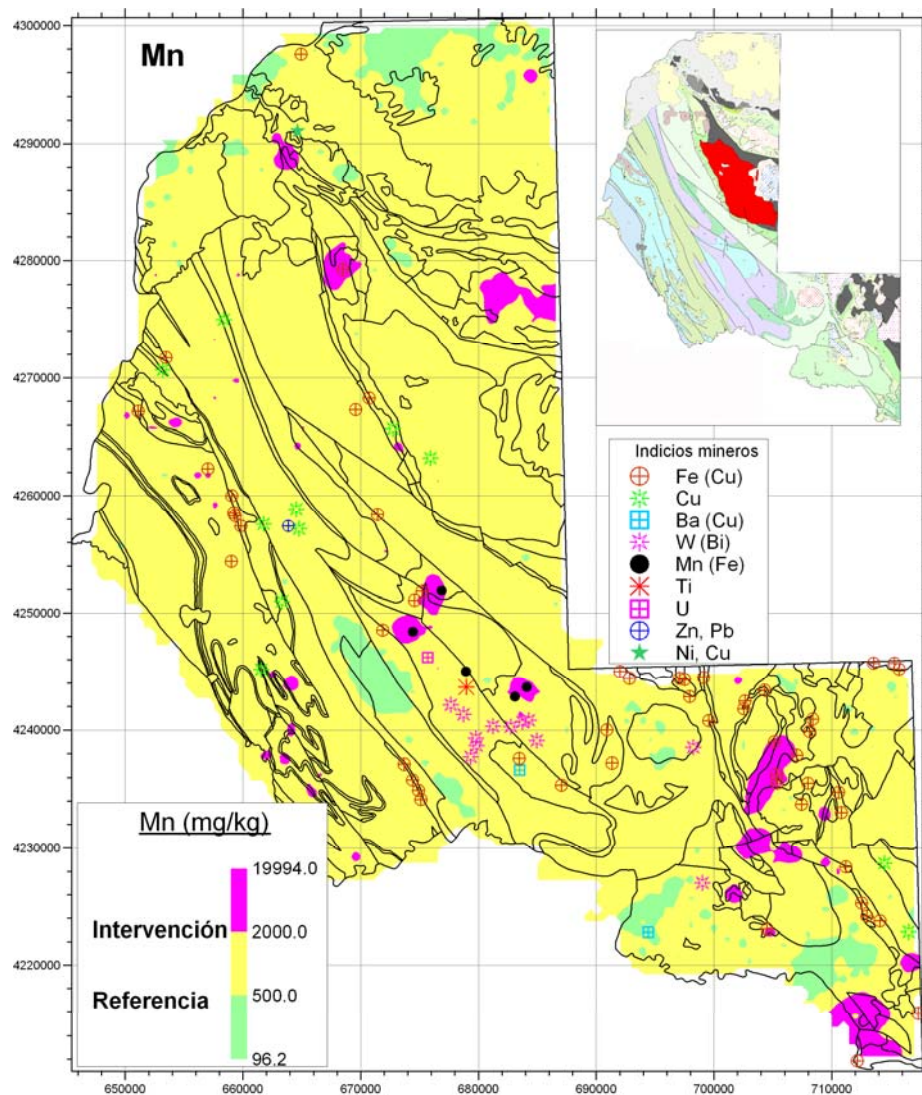


Figura 9.9. Geoquímica de sedimentos y suelos. Clasificación del área en función de los contenidos en Mn y de acuerdo con los valores de referencia (Ref= 500 mg/kg) y de intervención (Int.= 2.000 mg/kg) para suelos contaminados (Normas Kelly, U.K.)

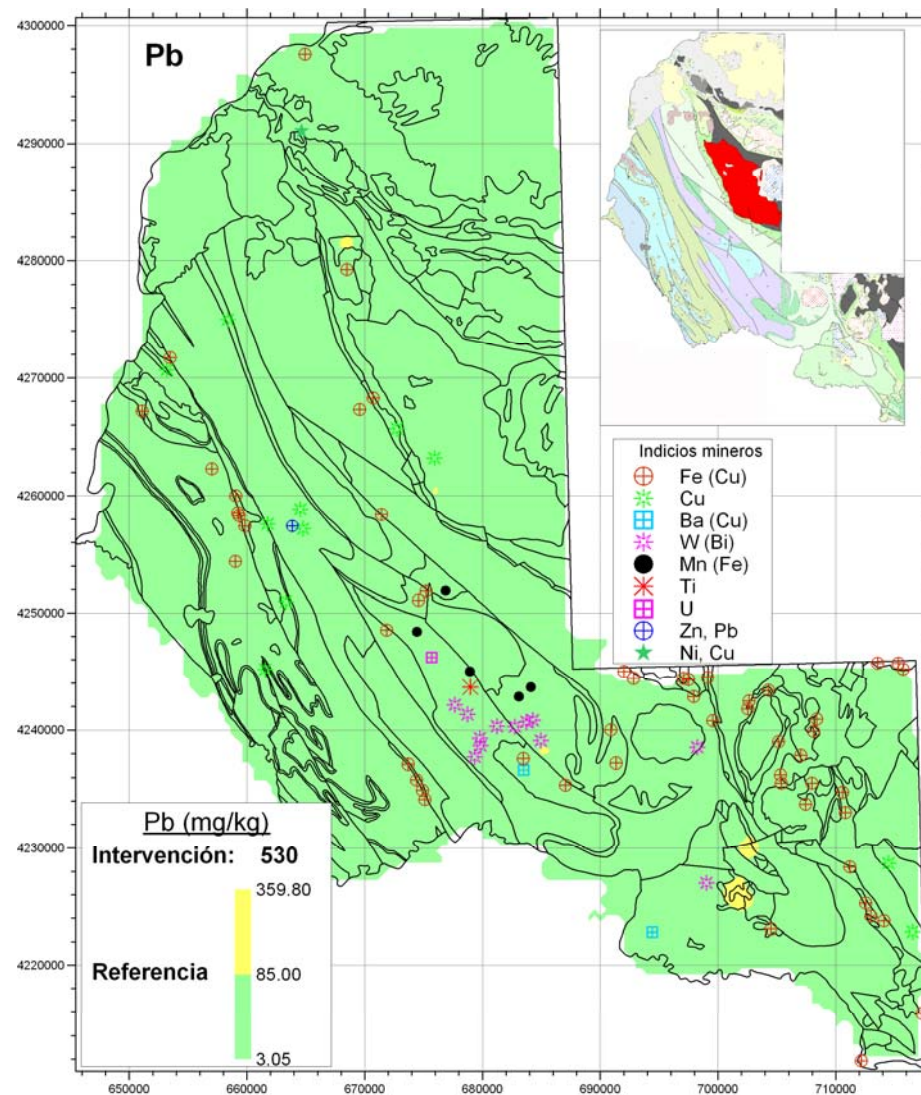


Figura 9.12. Geoquímica de sedimentos y suelos. Clasificación del área en función de los contenidos en Pb y de acuerdo con los valores de referencia (Ref= 85 mg/kg) y de intervención (Int.= 530 mg/kg) para suelos contaminados (Normas holandesas, 2003)

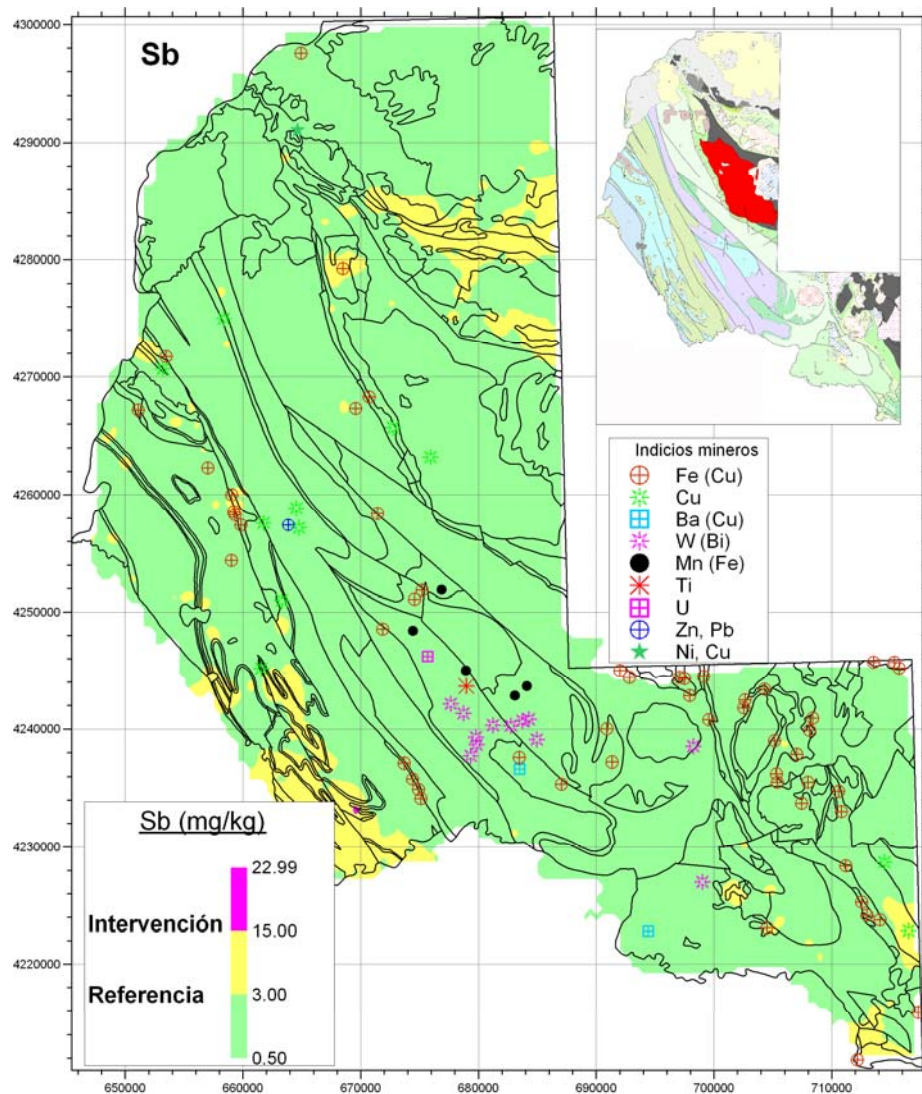


Figura 9.13. Geoquímica de sedimentos y suelos. Clasificación del área en función de los contenidos en Sb y de acuerdo con los valores de referencia (Ref= 3 mg/kg) y de intervención (Int.= 15 mg/kg) para suelos contaminados (Normas holandesas, 2003)

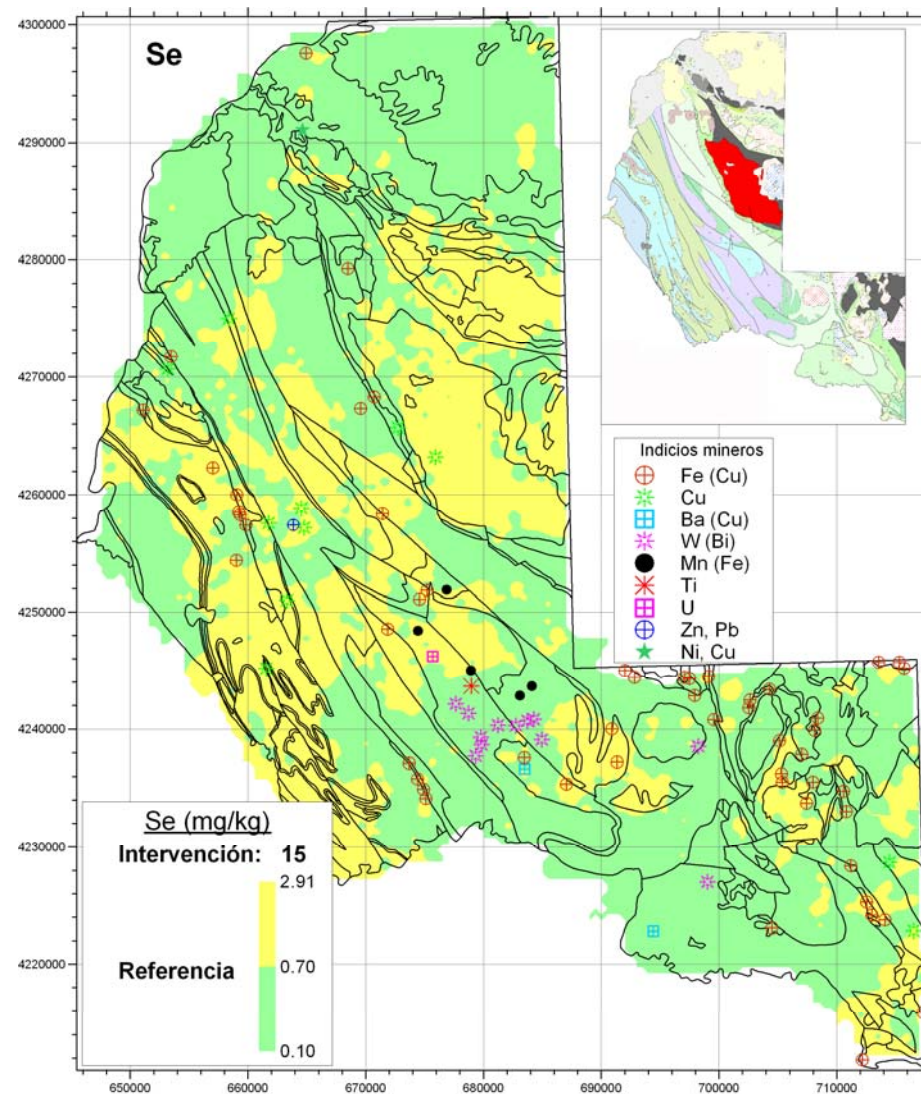


Figura 9.14. Geoquímica de sedimentos y suelos. Clasificación del área en función de los contenidos en Se y de acuerdo con los valores de referencia (Ref= 0,7 mg/kg) y de intervención (Int.= 15 mg/kg) para suelos contaminados (Normas holandesas, 2003)

9.2.- DISTRIBUCIÓN DE MUESTRAS CON VALORES SUPERIORES A LOS NIVELES DE REFERENCIA.

La declaración y gestión de suelos contaminados, se suele fundamentar en los niveles genéricos de referencia (NGR) cuya metodología de establecimiento es regulada por el R.D. 9/2005. Se basan en gran medida en la determinación de los niveles de fondo y de los niveles de referencia (NR). Los NGR (niveles genéricos de referencia) se definen, para cada sustancia, como las concentraciones límite en el suelo que se traducen en un riesgo admisible. Los niveles de fondo se definen como las concentraciones de sustancias peligrosas presentes de forma sistemática en el medio natural que no han sido influenciadas por actividades humanas localizadas. Suele estimarse por una única medida de estimación del valor central, en general la mediana, o como un intervalo de variación de valores a partir del cual se elige la cota superior de la mediana. Valores que normalmente suelen ser muy próximos por lo que en este estudio se ha optado directamente por la mediana. Asimismo, el **valor de referencia** se define (IGME, 2003) se define como el umbral cuya superación por una unidad muestral de la población sea poco probable y que, por tanto, si no ha habido modificaciones de las condiciones de muestreo, sea también poco probable su superación por una unidad muestral tomada posteriormente.. Se considera como valor de referencia principal la cota superior del percentil 99% con un 95% de grado de confianza. Se puede decir que cualquier muestra con un valor próximo pero inferior a dicho umbral no está contaminada con un grado de confianza del 95%.

Dadas las muy pequeñas variaciones entre el umbral y su cota superior se ha simplificado este análisis determinando los percentiles 95% y 99% (VR₉₅ y VR₉₉) y no sus cotas superiores. En la tabla 9.1 se presentan los valores de dichos umbrales para los principales elementos potencialmente peligrosos o fitotóxicos.

	Clase 1		Clase 2		Clase 3		Clase 4		Clase 5		Clase 6	
	P95	P99	P95	P99	P95	P99	P95	P99	P95	P99	P95	P99
As	79,4	120,0	52,3	101,0	25,8	43,0	40,0	62,5	22,1	33,0	29,0	53,0
Ba	880,0	1030,0	940,0	1210,0	855,0	1400,0	840,0	1450,0	650,0	840,0	1040,0	1290,0
Be		5,0	5,0	6,0	4,0	5,0		4,0	3,0	4,0	7,0	11,0
Cd	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,3
Co	27,0	33,0	24,0	28,0	23,0	29,0	35,0	42,0	14,0	18,0	25,0	33,0
Cr	120,0	156,0	117,0	143,0	133,0	204,0	176,0	275,0	77,0	99,0	167,0	198,0
Cu	90,0	168,0	86,0	155,0	47,5	90,0	57,0	101,0	24,0	40,0	26,0	45,0
Hg	79,0	252,0	81,0	174,0	152,5	712,0	177,0	613,0	109,0	305,0	128,0	1030,0
Mn	2460,0	3370,0	2170,0	4520,0	1430,0	2350,0	2500,0	5390,0	1180,0	2240,0	1960,0	2860,0
Mo	2,0	4,0	1,0	3,0	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	3,0	1,0	3,0
Ni	57,0	63,0	49,0	62,0	45,0	56,0	62,0	98,0	25,0	30,0	45,0	55,0
Pb	25,0	35,0	35,0	51,0	31,0	65,0	28,0	46,0	23,0	51,0	25,0	43,0
Sb	6,0	7,0	4,0	7,0	3,0	4,0	4,0	5,0	3,0	4,0	3,0	4,0
Se	2,0	2,7	1,2	1,9	1,1	1,6	1,3	1,6	0,8	1,2	1,5	2,2
V	160,0	192,0	108,0	138,0	92,5	130,0	146,0	216,0	70,0	88,0	121,0	187,0
Zn	92,0	119,0	103,0	148,0	118,5	189,0	116,0	170,0	68,0	111,0	117,0	153,0

Tabla 9.1. Valores de niveles de referencia según clases o dominios geoquímicos

En las figuras 9.17 a 9.32 se representan, por clases geoquímicas, las muestras que trascienden de los percentiles P95 y P99 y que por tanto tienen mayor probabilidad de ser muestras contaminadas.

Estos valores no indican que los contenidos superiores a ellos sean debidos a una contaminación sino que por encima de ellos son mayores las probabilidades de que lo sean. Constituyen por lo tanto una indicación o una referencia de que esos contenidos son susceptibles de estar causados por contaminaciones. Dadas las simplificaciones introducidas en es el planteamiento seguido, que se enfrenta al análisis de grades áreas, y no a emplazamientos reducidos sospechosos de contaminación, esta aproximación no debe ser considerada como un dictamen al respecto sino como una mera indicación.

Como valoración general, hay que señalar que en los mapas derivados aparecen mayores números de muestras que superan a los percentiles P99 y, sobre todo, P95 que los que superan los límites marcados por la normativa holandesa. Esta primera impresión no debe conducir a interpretaciones erróneas pues ambos enfoques se sustentan en conceptos y planteamientos sensiblemente diferentes.

También puede llamar la atención la mayor abundancia relativa, según elementos, de los valores superiores al P95 e incluso al P99, dispensando una imagen de una posible mayor problemática en algunos elementos. Ello obedece a que en el caso de elementos cuyas medidas de concentración son discretas y se expresan en unidades (mg/kg) sin decimales (por ejemplo Be, Mo, etc) y dado el escaso número de muestras de algunas de las clases o grupos, las determinaciones de los P95 y P99 no son exacta y sí aproximadas, en general menores que las reales.

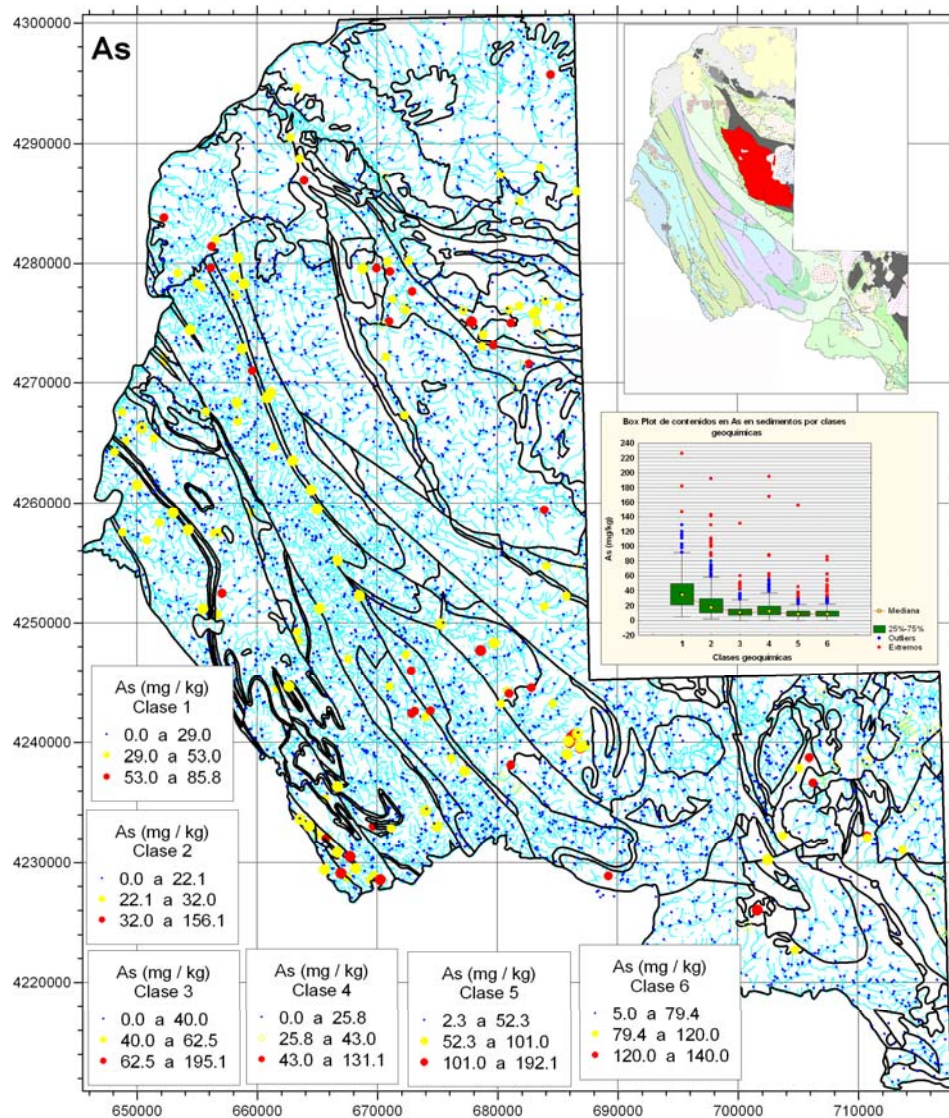


Figura 9. 17. Mapa de distribución de los puntos con valores en As superiores a los niveles de referencia o percentiles P95% y P99% por clases o dominios litológicos

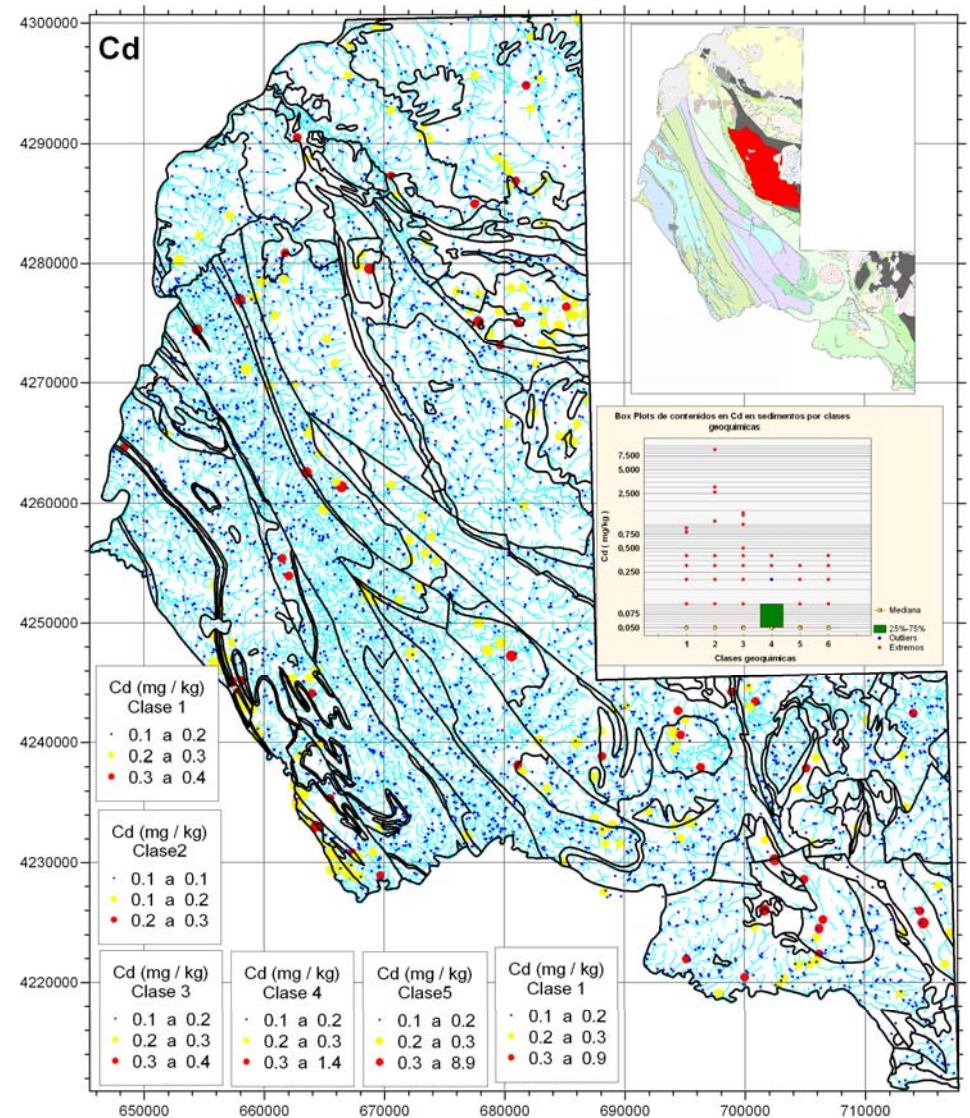


Figura 9. 20. Mapa de distribución de los puntos con valores superiores en Cd a los niveles de referencia o percentiles P95% y P99% por clases o dominios litológicos

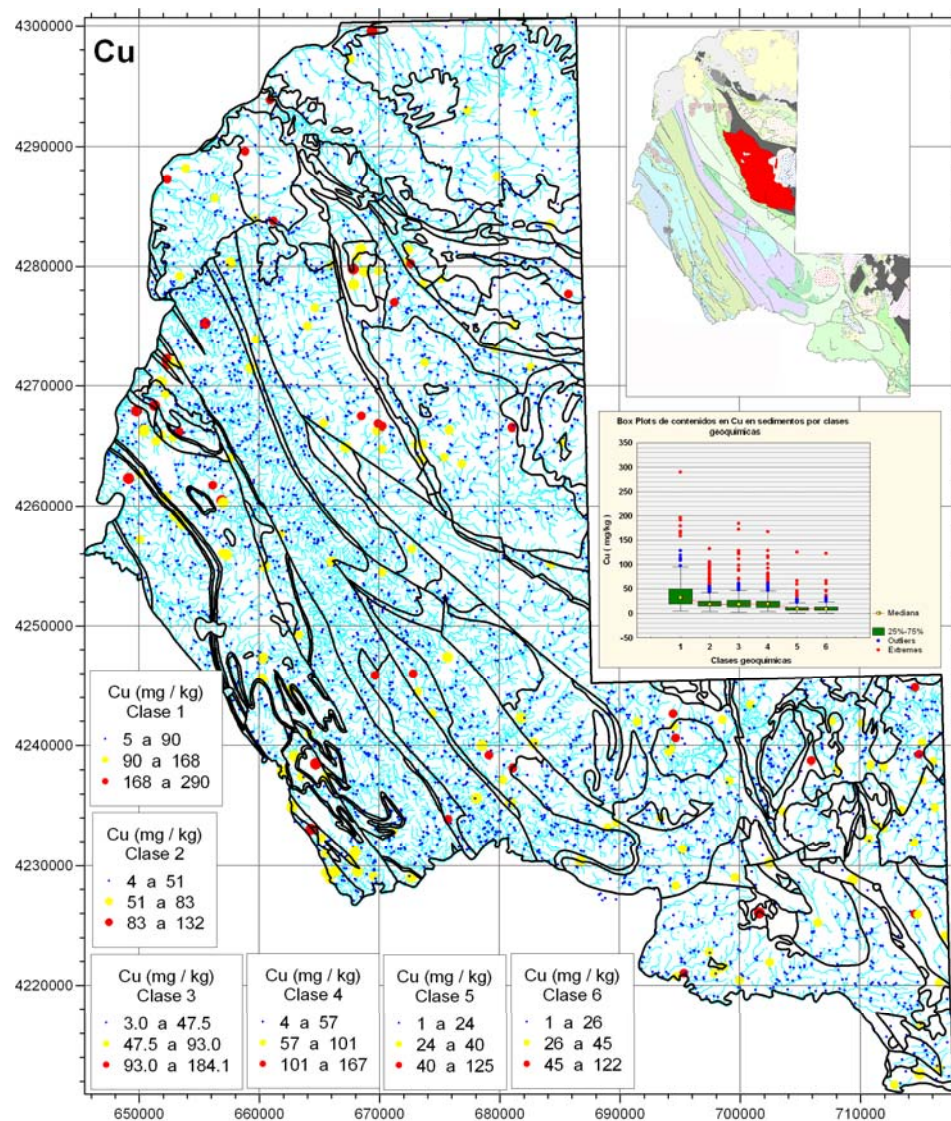


Figura 9. 23. Mapa de distribución de los puntos con valores superiores en Cu a los niveles de referencia o percentiles P95% y P99% por clases o dominios litológicos

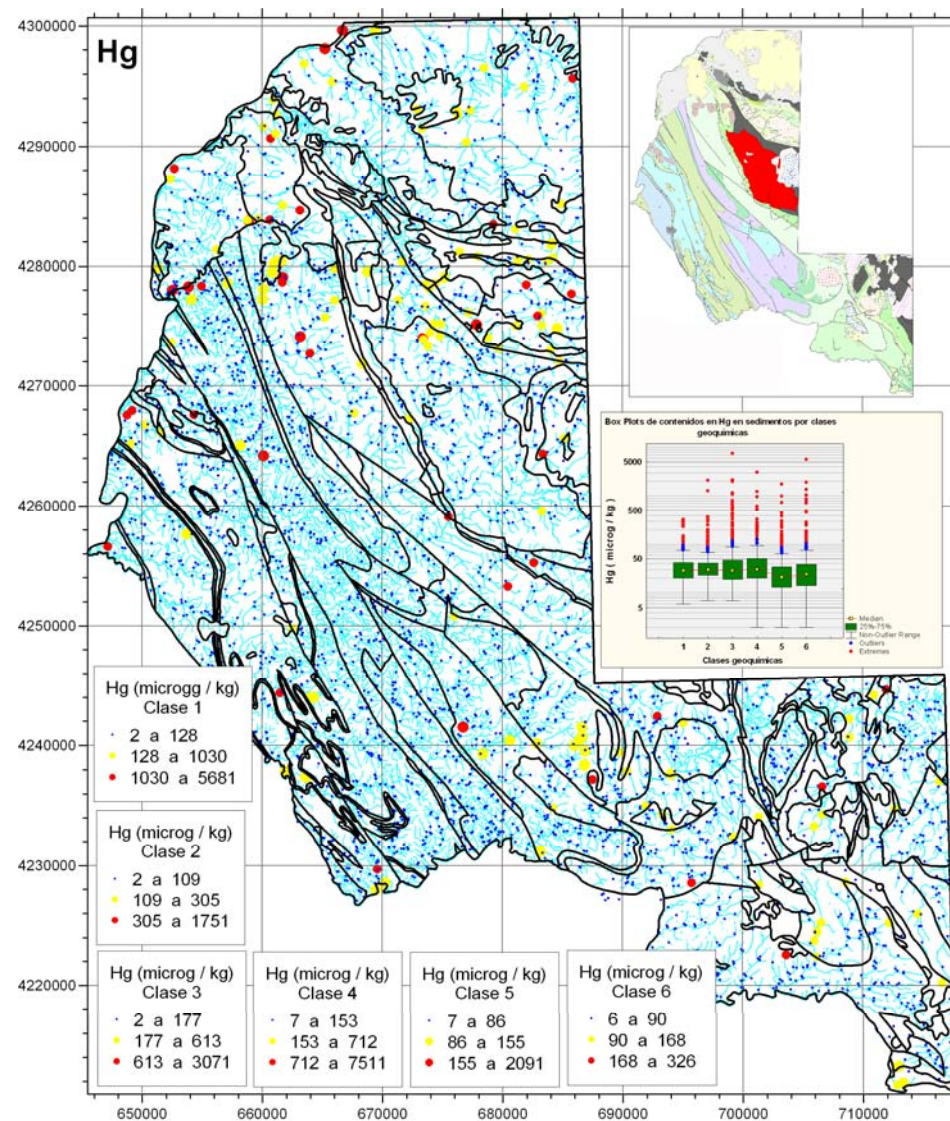


Figura 9. 24. Mapa de distribución de los puntos con valores superiores en Hg a los niveles de referencia o percentiles P95% y P99% por clases o dominios litológicos

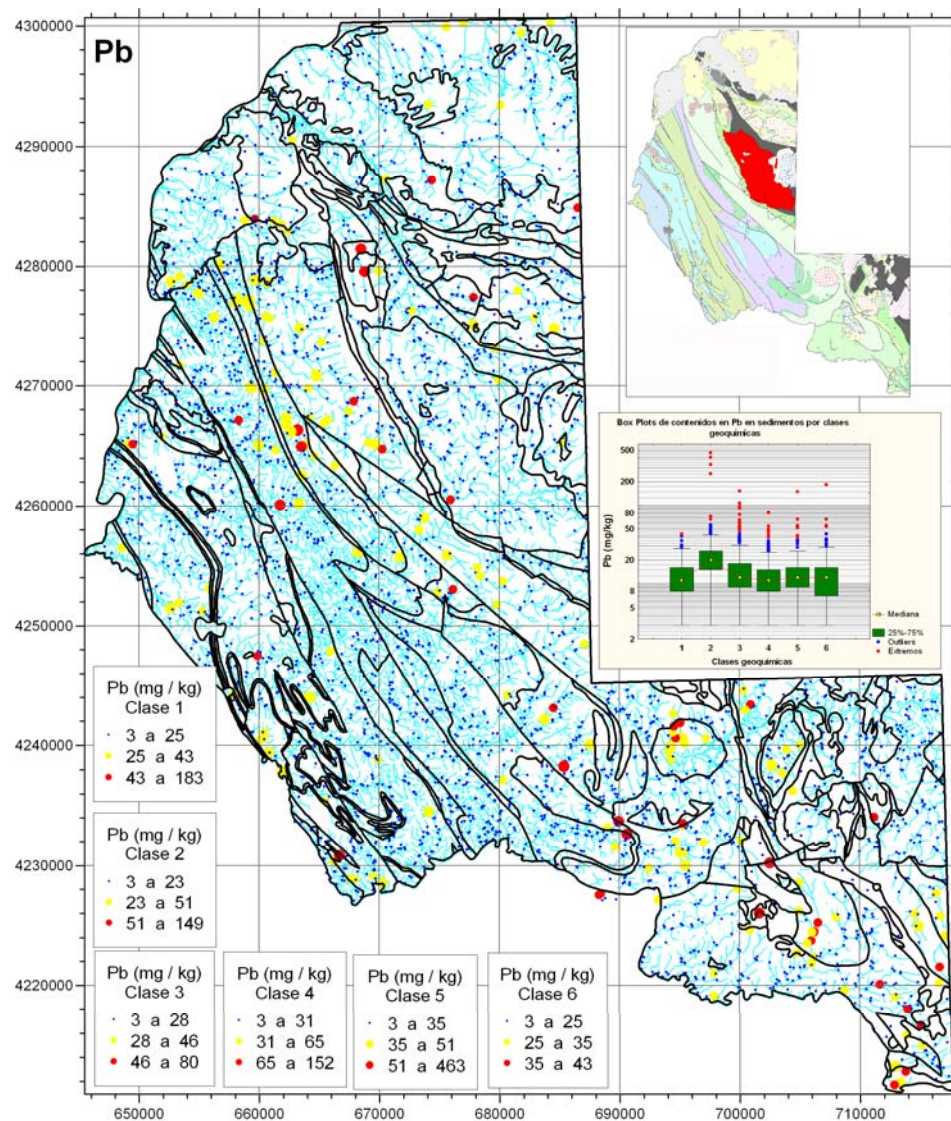


Figura 9. 28. Mapa de distribución de los puntos con valores superiores en Pb a los niveles de referencia o percentiles P95% y P99% por clases o dominios litológicos

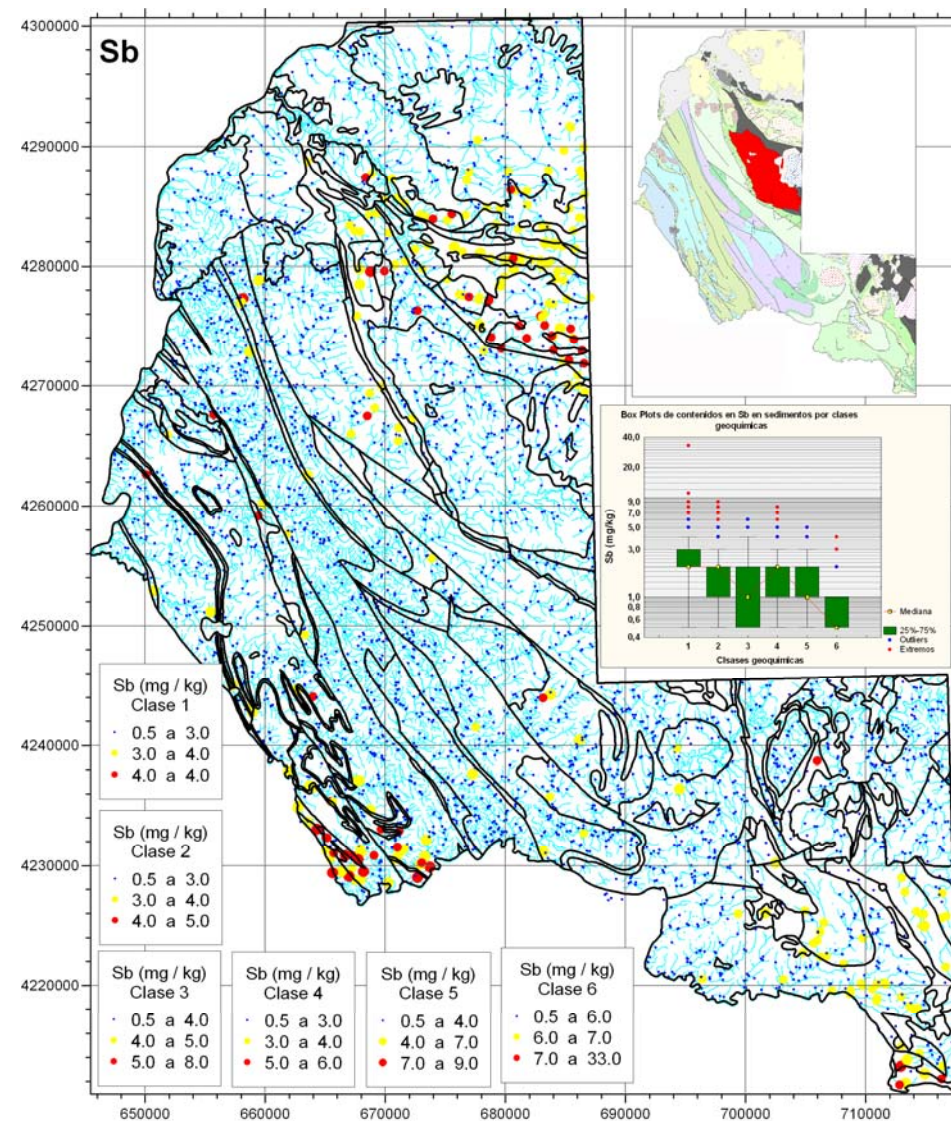


Figura 9. 29. Mapa de distribución de los puntos con valores superiores en Sb a los niveles de referencia o percentiles P95% y P99% por clases o dominios litológicos

9.3.- GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE LLANURAS DE INUNDACIÓN

Se está imponiendo cada vez más el uso de los sedimentos de llanuras de inundación como medio de elaboración de infraestructuras geoquímicas de aplicaciones diversas, desde las de conocimiento del territorio y sus rasgos geológicos y metalogénicos, hasta los medio ambientales y de planificación del territorio. Se basa en la toma de muestras de los niveles de materiales finos que se depositan en las llanuras aluviales en épocas de inundación. Se aplica a cuencas de unas dimensiones mínimas, superiores a 50-100 km². Su valor radica en dos hechos. En primer lugar, en épocas de inundación, el sedimento fino o lodo que arrastran las aguas en suspensión proviene de la erosión, más o menos homogénea de toda la superficie de la cuenca hidrográfica, por lo que la muestra es representativa de los materiales que afloran en ella, suelos y rocas, de una forma promediada. En segundo lugar, las sucesivas inundaciones van depositando capas de lodo y, como es lógico, las más antiguas (2000, 3000 o 5000 años, por ejemplo) se sitúan debajo de las más recientes. Por ello, muchos muestreos de este tipo se realizan tomando una muestra a techo del depósito (muestra superior) y otra a muro (muestra inferior), representando teóricamente la inferior el quimismo de los materiales hace miles de años y la muestra superior el actual o reciente. Ello permite, por comparación entre los niveles de contenidos actuales y los más antiguos (se supone que naturales y sin contaminación), conocer el grado de contaminación de una cuenca, es decir, de una zona amplia. Por otra parte este enfoque por cuencas hidrográficas tiene un particular interés por estar, en gran medida muy relacionado con la estructura hidrogeológica.

La consideración de los niveles superiores como reflejo del estado actual y la de los niveles inferiores como representación del estado pristino o natural del medio y, por lo tanto, la lógica comparación entre ellos, no deja de ser asimismo una cierta simplificación que puede plantear problemas de interpretación de los resultados obtenidos. En primer lugar, y debido a la amplitud de las cuenca hidrográficas consideradas, las sucesivas capas de sedimento pueden proceder del conjunto de la cuenca o de diferentes subcuencas en función de las precipitaciones violentas que, a veces, son de muy diferente intensidad a distancias relativamente pequeñas. Por ello, y teniendo en cuenta los diferentes tipos de materiales movilizados según las subcuencas (o la totalidad de la cuenca considerada) pueden surgir diferencias geoquímicas ligadas a la procedencia y no a la mayor o menor contaminación. En segundo lugar los diagnósticos basados en las grandes diferencias de contenidos entre sedimentos superiores e inferiores y men áreas con fuerte contaminación actual son más delicados de hacer cuando las diferencias de contenidos son mucho menores y entran en el rango de la variabilidad analítica o de muestreo. Por ello, no es de extrañara que, salvo cuando las diferencias de contenidos geoquímicos sean grandes, puedan observarse relaciones contradictorias entre ambos tipos de muestras (fondo y techo).

Se han considerado en la zona de estudio **34 cuencas**, que han sido muestreadas antes de su entrada en cuencas de orden superior. El muestreo se hizo simultáneamente a la toma de muestras de sedimentos de corriente. Muchos de los ríos o arroyos muestreados llevaban, en el momento de la recogida de muestras, un caudal apreciable, impidiendo el nivel del agua tomar la muestra inferior justo encima del nivel de grava actual. Por ello, las muestras inferiores tomadas en este caso estaban a una altura intermedia de la columna de sedimentos de inundación, o cerca por debajo de las de techo, por lo que no presentan diferencias sensibles de contenidos o, lo que es peor, éstas entran dentro del intervalo de error analítico. Por ello es preferible, en esos casos, considerar únicamente a las muestras superiores para obtener una información de la situación actual. En la figura 10.1 se representa la ubicación de las cuencas consideradas y la situación de las muestras de sedimentos de llanuras de inundación tomadas en su desembocadura. Además de las muestras superior e inferior de la columna de sedimentos de llanura de inundación, se ha tomado, en cada punto de toma de muestra, un sedimento de corriente que es representativo de los depósitos en el momento actual.

En general, la granulometría de los sedimentos de llanura de inundación es más fina que la de los sedimentos de corriente y el porcentaje, en peso, de las fracciones finas de sedimento (< 63 micras, 63-125 micras) es mayor en los sedimentos de llanura de inundación que en los sedimentos de corriente. En esta aproximación al estudio de la geoquímica de los sedimentos de llanuras de inundación se ha utilizado para su análisis la fracción inferior a **63 micras**, por ser la fracción que, en una misma muestra, contiene las concentraciones más elevadas. La razón de esta elección ha sido la de evitar, en lo posible, que algunos elementos con contenidos generalmente bajos, tengan concentraciones superiores a su L.D.I.

Los elementos analizados y la metodología analítica empleada es la misma que la seguida para los sedimentos de corriente (Cap. 6). Los resultados figuran en un listado incluido en el Anexo.



Fotos 9.1 y 9.2. Vista de diversos puntos de muestreo en llanuras de inundación en Ossa Morena de Badajoz.



Fotos 9.3 y 9.4. Otros aspectos de llanuras de inundación en Ossa Morena, Badajoz.



Fotos 9.5. Sección de una llanura de inundación



Foto 9.6. Sección de llanura de inundación. Tramo superior muestreado

Para el conjunto de los puntos de muestreo se han determinado los parámetros estadísticos básicos (mediana y desviación típica), que figuran en la tabla 9.2. En ella puede apreciarse que los valores medios (mediana) para cada elemento químico, difieren, en general, poco entre los tres tipos de muestras. Las diferencias de contenidos no difieren en más del 15%, salvo en el caso de algunos elementos mayores (Al, Ca) o en el de elementos químicos con una gran variabilidad debida a efecto pepita (Au). Es de destacar la gran diferencia manifestada por el V.

Dentro de los elementos que no muestran una clara desviación de contenido en alguno de los tipos de muestra, existe una tendencia general a que los valores más elevados se encuentren en los sedimentos de corriente, que, en principio, representan los aportes superficiales más actuales, y los más susceptibles de recoger influencias locales o contaminaciones puntuales. Entre las muestras superior e inferior de llanura de inundación, parece existir una tendencia a valores muy ligeramente superiores en las muestras inferiores, salvo en el caso de elementos químicos como As, Se, Mn, Rb, Hg, que tienen más concentración en las superiores.



Foto 10.7. Muestra inferior del sedimento de llanura de inundación de la foto 10-5



Foto 10.8. Sección completa de llanura de inundación



Foto 109. Toma de muestra en llanura de inundación

	Sedimento de corriente		Llanura inundación-M. Superior		Llanura inundación-M. inferior	
	Mediana	Desv. Stdt.	Mediana	Desv. Stdt.	Mediana	Desv. Stdt.
Ag	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,36
Al	6,765	1,46	6,155	1,08	6,29	1,54
As	13,15	12,52	12,25	6,81	12,95	8,80
Au	1	47,12	1	8,38	1	32,29
B	16	54,14	2	58,96	5,5	56,58
Ba	640	182,93	500	152,61	580	215,95
Be	3	0,91	2	0,77	2	0,77
Bi	0,3	0,10	0,2	0,11	0,2	0,45
Br	7,3	6,85	7,3	4,34	6,85	7,99
Ca	1,79	1,21	1,48	0,91	1,41	0,89
Cd	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,15
Ce	84,5	32,60	82,5	29,82	77,5	29,54
Co	16,5	5,92	15	3,52	15,5	4,43
Cr	76,5	30,04	64,5	18,71	66	25,43
Cs	3	2,25	2	1,70	3	1,68
Cu	25,5	9,54	19	6,53	23	7,73
Eu	1,85	0,53	1,8	0,57	1,8	0,50
Fe	4,195	2,00	3,64	1,56	3,725	1,85
Hf	9,5	6,95	11	2,69	10	2,38
Hg	31,5	21,49	39	34,84	32	24,75
K	1,475	0,39	1,31	0,26	1,315	0,33
La	40,35	16,05	38,3	14,49	36,25	14,72
Li	16	13,57	14	9,43	16,5	12,09
Lu	0,73	0,15	0,71	0,13	0,67	0,14
Mg	0,85	0,42	0,75	0,35	0,8	0,37
Mn	1045	541,28	893	262,48	824,5	375,64
Na	1,275	0,65	1,735	0,63	1,59	0,64
Nd	33,5	11,21	28	11,05	31	10,96
Ni	33	10,68	27	5,59	30	9,78
P	0,081	0,05	0,053	0,04	0,0475	0,03
Pb	17	6,29	14	4,78	14	5,58
Rb	83,5	27,16	60	22,93	67	30,76
S	0,05	0,03	0,05	0,00	0,05	0,00
Sb	1	0,62	1	0,66	1	0,70
Sc	13	4,46	12	3,72	13	3,58
Se	0,5	0,17	0,4	0,20	0,5	0,94
Sm	6,7	1,81	6,1	1,84	6,4	1,76
Sn	0,5	0,90	0,75	0,94	0,75	1,11
Sr	121,5	72,39	128	77,72	129,5	68,51
Ta	0,3	1,61	1,9	1,43	0,3	1,43
Tb	0,45	0,44	0,7	0,46	0,2	0,43
Te	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,33
Th	10,9	4,36	9,8	2,75	9,8	2,71
Ti	0,29	0,25	0,43	0,43	0,36	0,33
U	3,45	17,27	2,85	0,89	3	1,44
V	77,5	37,47	65	54,99	67	36,84
W	0,5	3,17	0,5	2,09	0,5	1,70
Y	27	9,39	25	8,09	26	8,78
Yb	4,2	0,88	4,1	0,83	4,1	0,76
Zn	71,5	28,88	50,5	18,14	50,5	19,33
Zr	133,5	56,25	153	56,99	139	47,08

Tabla 9.2. Parámetros estadísticos de las poblaciones muestrales de sedimentos de corriente y de llanuras de inundación (techo y base)

Los mapas realizados con las concentraciones determinadas en este tipo de muestras sirven para obtener una estimación de los fondos geoquímicos por cuencas hidrográficas. Los fondos geoquímicos tal y como determinados en el capítulo 6, muestran una sensiblemente mayor variabilidad y una mayor resolución. A menudo, las estimaciones de fondos geoquímicos demandadas por determinados sectores son de ámbito regional. A tal efecto, los fondos determinados por sedimentos de llanuras de inundación son más representativos y promediados. En los mapas citados puede verse la estrecha relación de los fondos por cuencas con los rasgos geológicos en esas áreas o con sus características metalogenéticas (Figuras 9.31 a 9.50).

Puede verse en estas figuras que en la mayoría de los casos y, en términos generales, los mayores contenidos se presentan en los sedimentos de corriente y hay un mayor número de ellas con valores más altos que en los sedimentos de llanuras de inundación. Sin embargo, las diferencias entre las concentraciones en los tres tipos de muestras, tomadas en cada salida de las cuencas de drenaje, no muestran diferencias marcadas entre ellas en prácticamente todos los elementos. Las muestras de base y de techo tienen valores muy similares, aunque los mayores valores en algunas cuencas se presentan en las muestras de techo. Este rasgo es más marcado en el caso de elementos ligados a mineralizaciones que han estado sometidas a extracción minera relativamente reciente (por ejemplo, el Mn). En los casos de los elementos de carácter más litológico, o que no han sido explotados (Ce, Se, etc..) las distribuciones son muy similares en las muestras de techo y de base. Las diferencias existentes entre ellas, salvo excepciones, entran en el rango de la incertidumbre analítica. Las cuencas en las cuales las muestras de base presentan valores significativos en elementos de mineralización pueden indicar el hecho de que algunas de esas mineralizaciones eran aflorantes o subaflorantes, o tienen halos de dispersión primaria importantes que ya fueron erosionados en tiempos anteriores a la actividad minera. En cualquier caso, tanto las muestras de sedimentos como, en general, las de sedimentos de llanuras, presentan distribuciones que son un reflejo a grandes rasgos de la estructura geológica y metalogenética.

El As (figura 9.21) muestra valores más elevados y en más cuencas en sedimentos de corriente que en los de inundación. En éstos, las muestras de techo se manifiestan también con valores elevados en más cuencas que las de base. En términos generales, son coincidentes las cuencas con valores medios a elevados en los tres tipos de muestras. No existen diferencias de contenidos, entre techo y base mayores de un orden de magnitud en la escala.

El Ba (figura 9.32) muestra una distribución similar en los tres tipos de muestras aunque con mayor número de cuencas con contenidos elevados en los sedimentos de corriente. Las cuencas en que aparecen los valores medios a elevados son prácticamente coincidentes, salvo excepciones, en las llanuras y en los arroyos.

No son significativas las diferencias que se manifiestan en el caso del Co (figura 9.36) entre techo y base de las llanuras, dada la escasa diferencia de valores en la escala, inferior a la incertidumbre analítica.

Es llamativa la presencia de contenidos mayores en las muestras de base de varias cuencas con respecto a las de techo, en el caso del Cr (figura 9.37). Los sedimentos de corriente parecen hacer un compendio de las dos anteriores, señalando todas las cuencas con valores más elevados en ellas.

El Fe (figura 9.38) dispensa distribuciones prácticamente iguales en los tres medios de muestreo, pudiendo indicar la permanencia de condiciones a lo largo de un amplio periodo de tiempo. Destacan las cuencas del SE que drenan a un conocido distrito ferrífero.

En el caso del Hg (figura 9.39) destacan las mayores concentraciones de Hg en las muestras de techo de las llanuras, que diferencian en este aspecto a un mayor número de cuencas que las de base y las de sedimentos de corriente.

El Ni (figura 9.41) se manifiesta de igual forma, con contenidos bajos, en las muestras de techo y base de las llanuras, mientras que los sedimentos de corriente identifican a otras cuencas con valores algo más elevados.

El P (figura 9.42) presenta una distribución muy análoga a la anterior en las muestras de llanuras. Los sedimentos de corriente amplían la respuesta con valores medios en otras cuencas en la zona central.

El Pb (figura 9.43) se manifiesta de forma muy similar en las muestras de techo y base de las llanuras, con la excepción de dos cuencas en las que las concentraciones son ligeramente superiores en el techo de ellas. Los sedimentos de corriente presentan valores superiores a los de las llanuras en tres cuencas de la zona central.

El Te (figura 9.46) muestra en las distribuciones de base y techo de las llanuras de inundación varias cuencas con concentraciones en los tramos más altos de la escala. Aunque en algunas de ellas coinciden estos valores elevados, en otros casos los valores más altos se marcan en las muestras de base y en otros en las de techo. Los sedimentos de corriente, por el contrario se manifiestan menos, apareciendo únicamente en dos cuencas con valores del tramo alto. Esta distribución, aparentemente incongruente refleja posiblemente la escasa variación en el tiempo de las concentraciones en Te en los depósitos sedimentarios y la fuente natural de éstos.

Puede concluirse que los materiales muestreados, al margen de suministrar una información acerca de los fondos geoquímicos en las diferentes cuencas hidrográficas, manifiestan una cierta inconsistencia en lo que concierne a la definición de diferencias notables de contenidos en ellos y de su utilidad para diferenciar y discriminar los contenidos debidos a posibles contaminaciones de aquellos naturales. No se observan diferencias claras entre las muestras de techo y de base de las llanuras, aunque en general sí que se identifican y diferencian cuencas por sus rasgos geoquímicos. Esta inconsistencia puede ser, en sí misma, un indicador de la similitud de los fondos geoquímicos en ambos tipos de muestras de llanuras. Pueden señalar que las diferencias entre ambos niveles son, a menudo, inferiores a los intervalos de incertidumbre analítica y de muestro, por lo que cabe pensar en una escasa variación del paisaje geoquímico en la superficie a lo largo del tiempo.

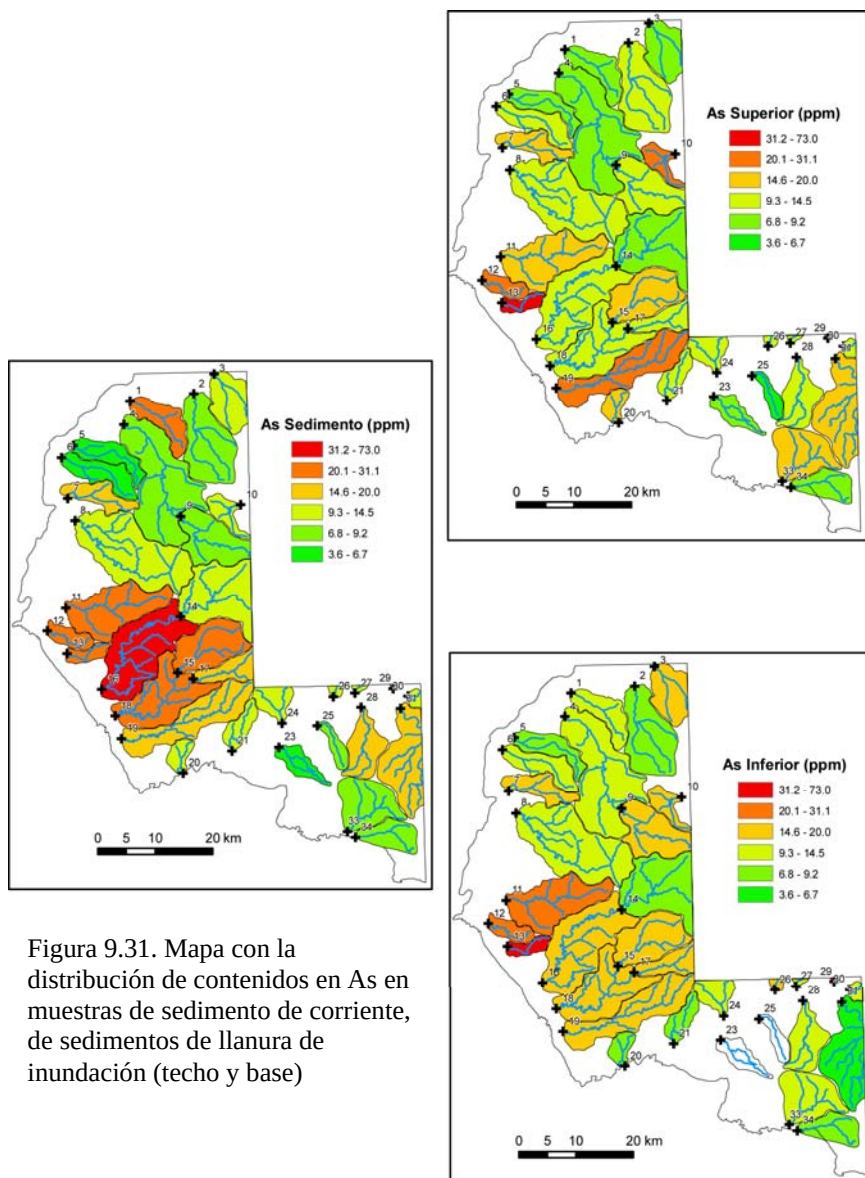


Figura 9.31. Mapa con la distribución de contenidos en As en muestras de sedimento de corriente, de sedimentos de llanura de inundación (techo y base)

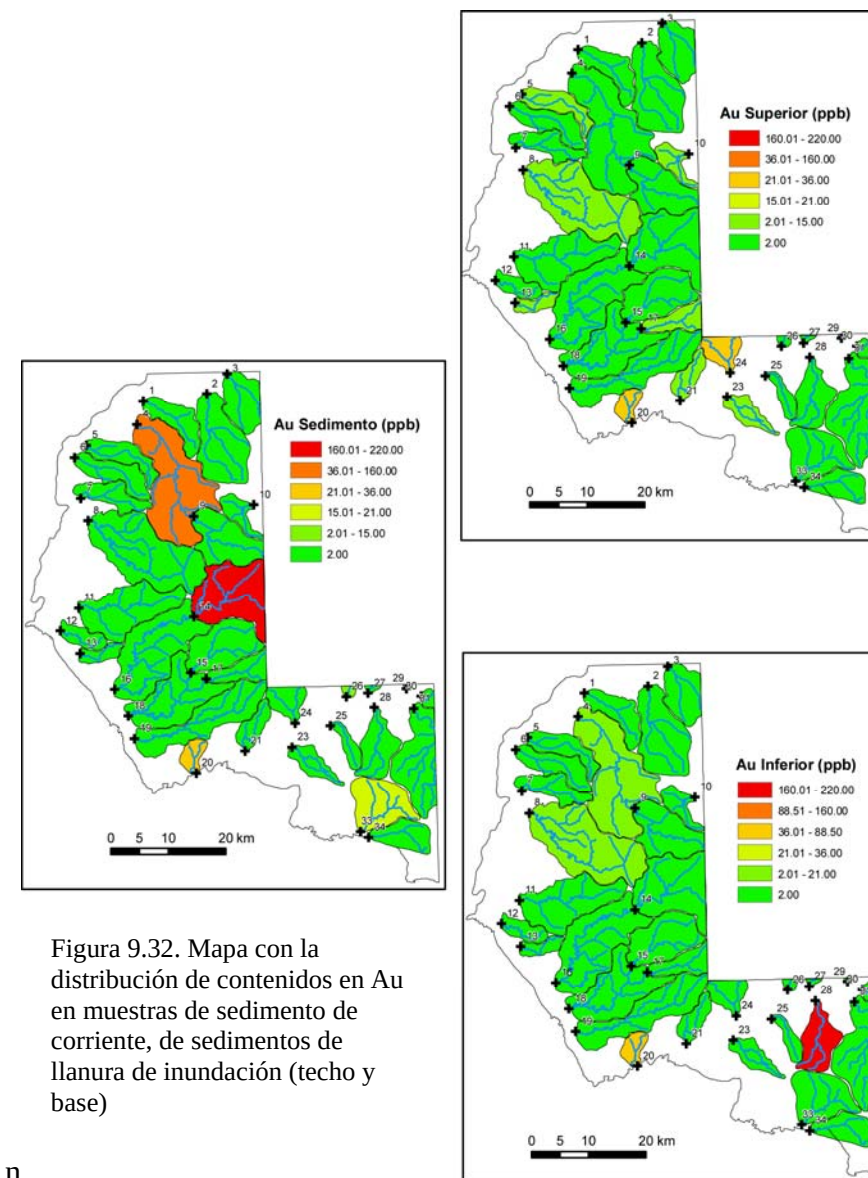


Figura 9.32. Mapa con la distribución de contenidos en Au en muestras de sedimento de corriente, de sedimentos de llanura de inundación (techo y base)

n

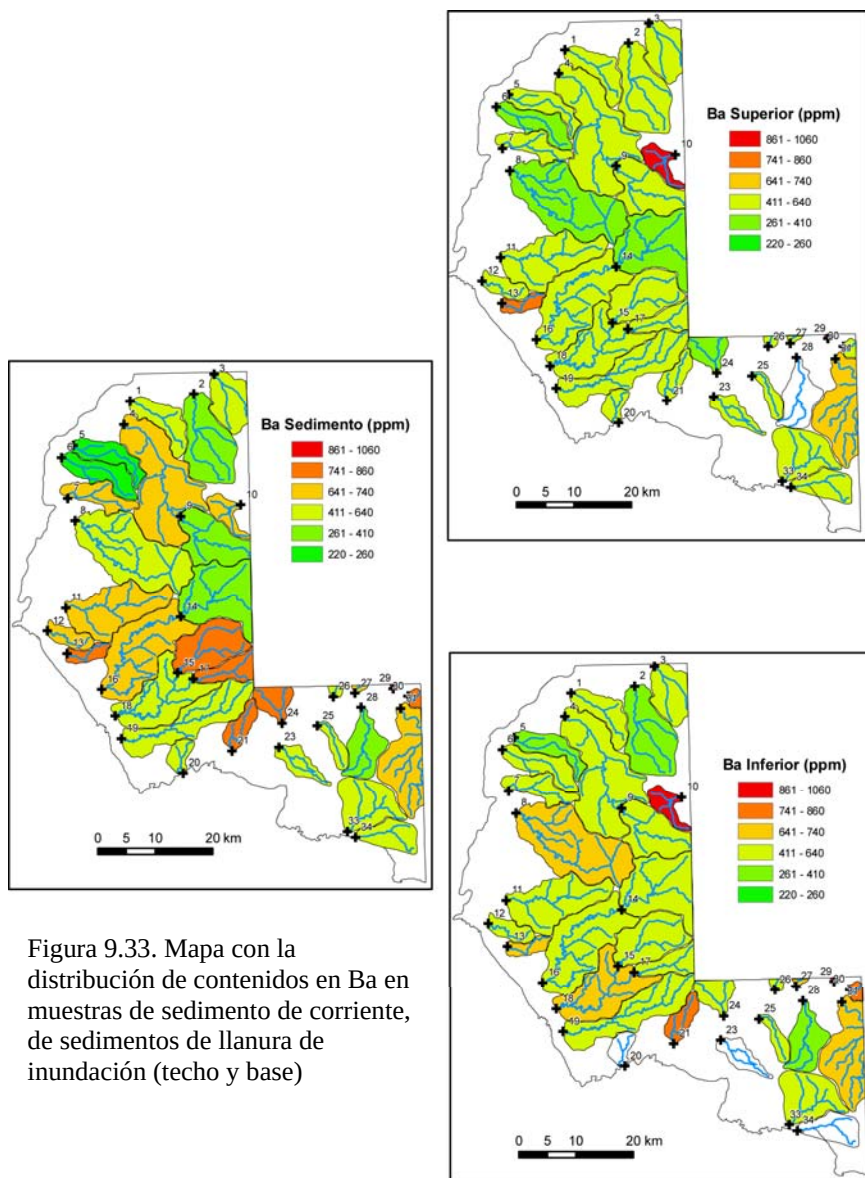


Figura 9.33. Mapa con la distribución de contenidos en Ba en muestras de sedimento de corriente, de sedimentos de llanura de inundación (techo y base)

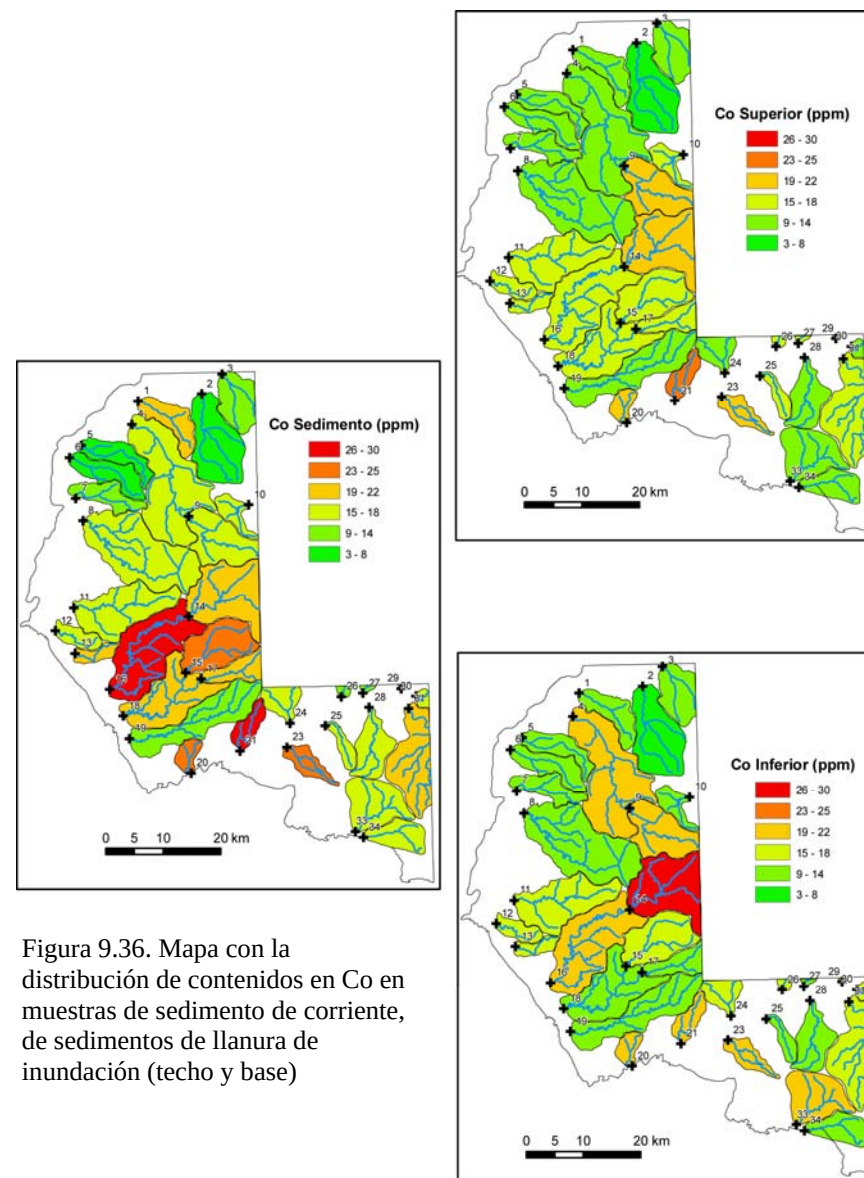


Figura 9.36. Mapa con la distribución de contenidos en Co en muestras de sedimento de corriente, de sedimentos de llanura de inundación (techo y base)

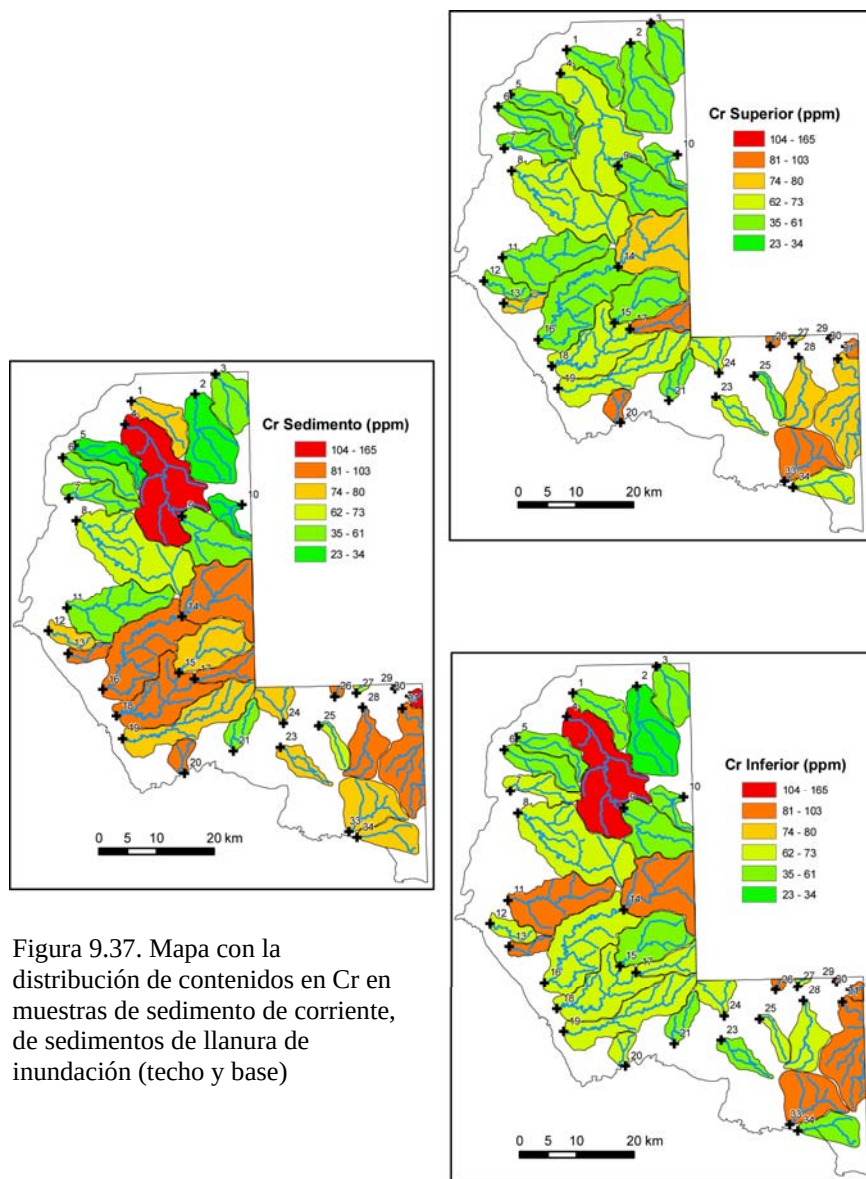


Figura 9.37. Mapa con la distribución de contenidos en Cr en muestras de sedimento de corriente, de sedimentos de llanura de inundación (techo y base)

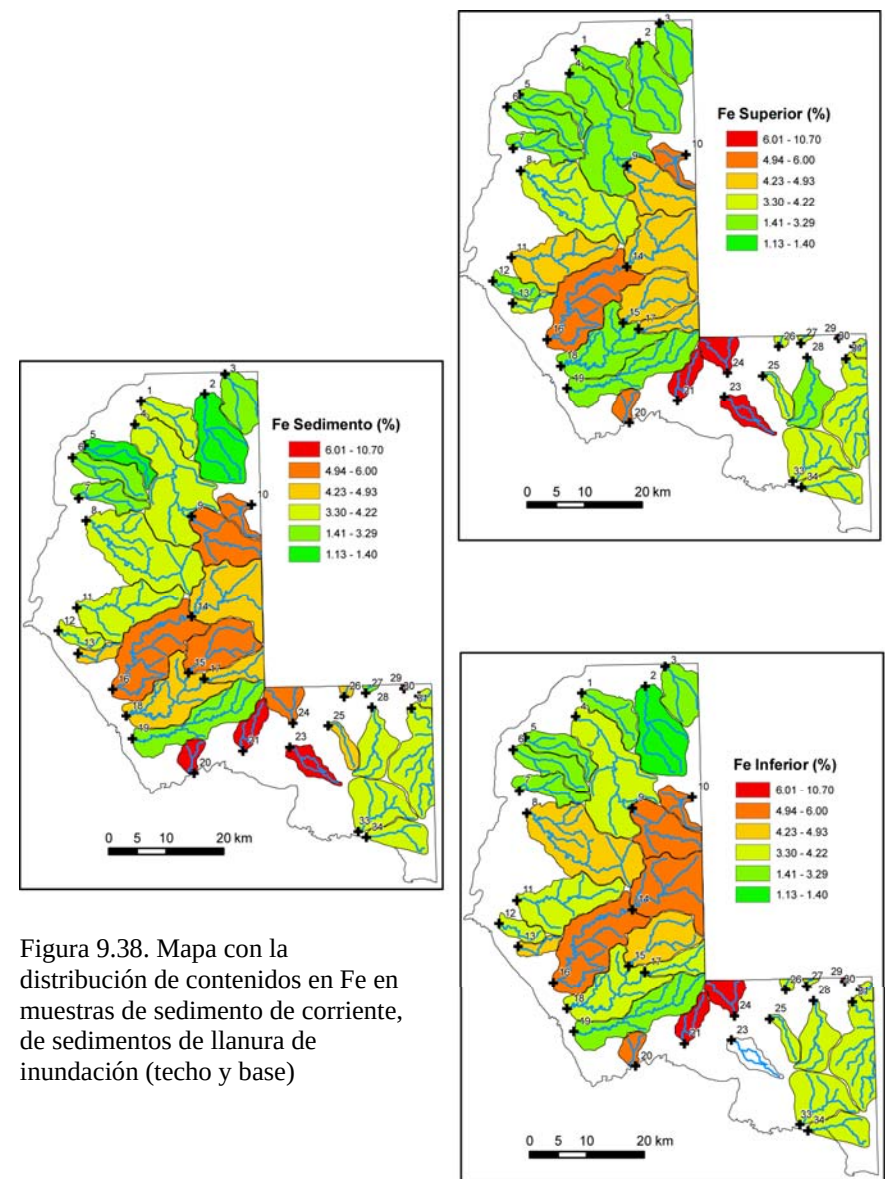


Figura 9.38. Mapa con la distribución de contenidos en Fe en muestras de sedimento de corriente, de sedimentos de llanura de inundación (techo y base)

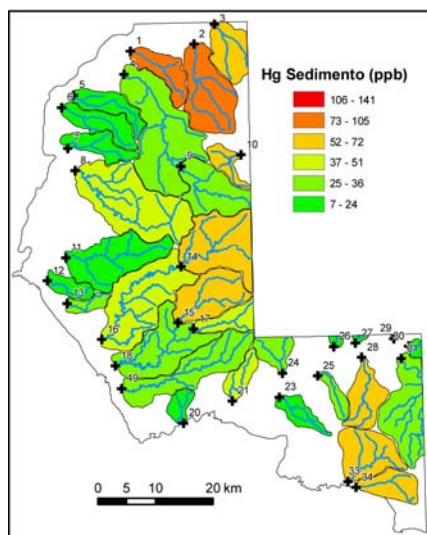


Figura 9.39. Mapa con la distribución de contenidos en Hg en muestras de sedimento de corriente, de sedimentos de llanura de inundación (techo y base)

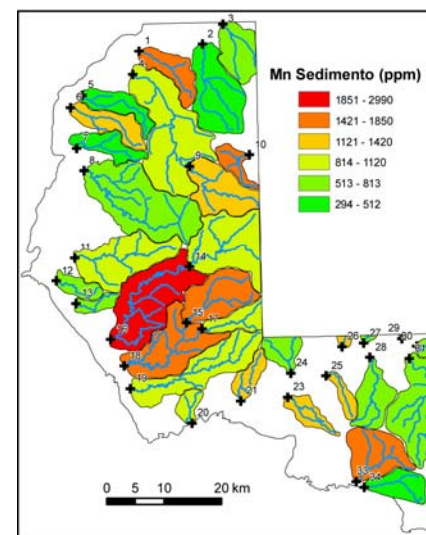
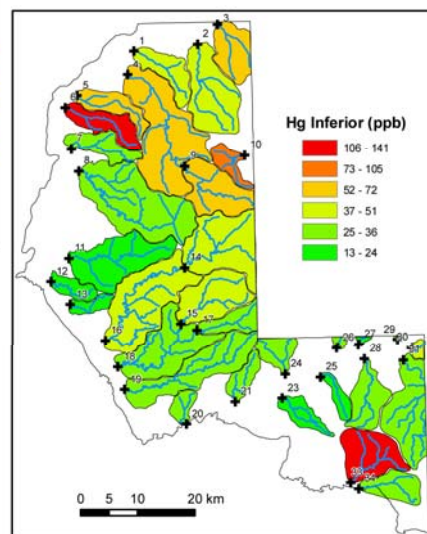
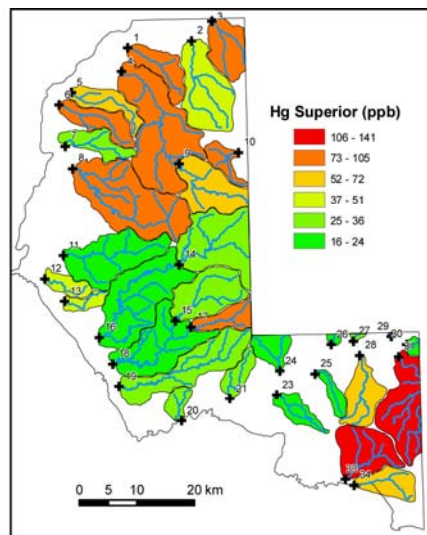
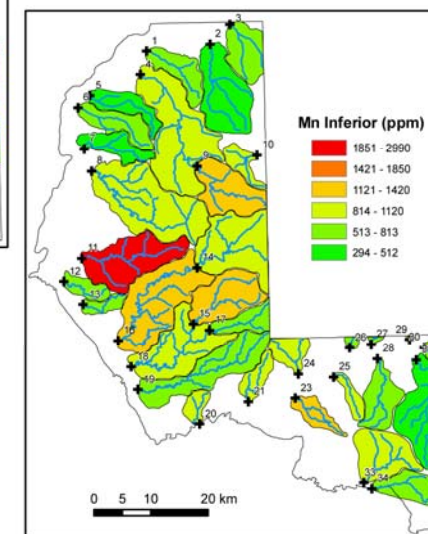
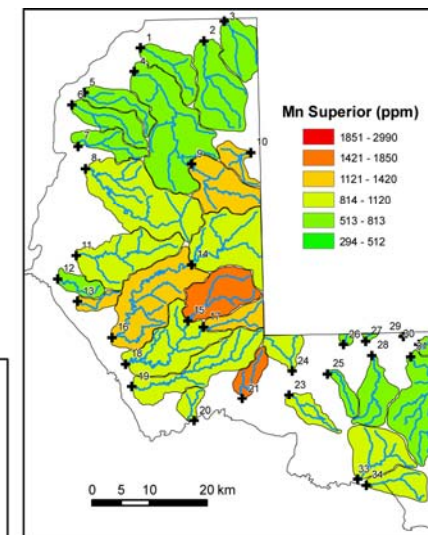


Figura 9.40. Mapa con la distribución de contenidos en Mn en muestras de sedimento de corriente, de sedimentos de llanura de inundación (techo y base)



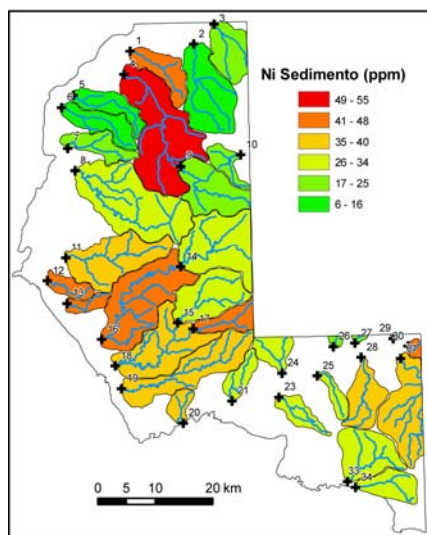


Figura 9.41. Mapa con la distribución de contenidos en Ni en muestras de sedimento de corriente, de sedimentos de llanura de inundación (techo y base)

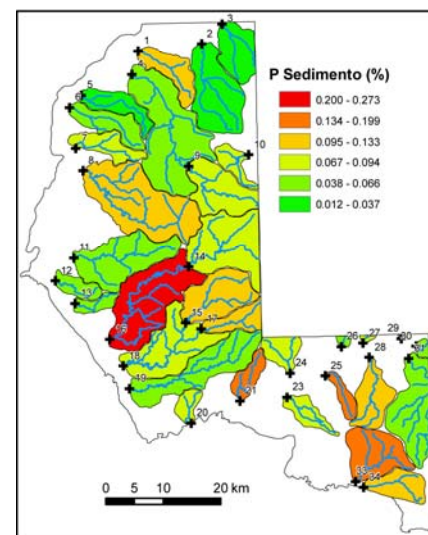
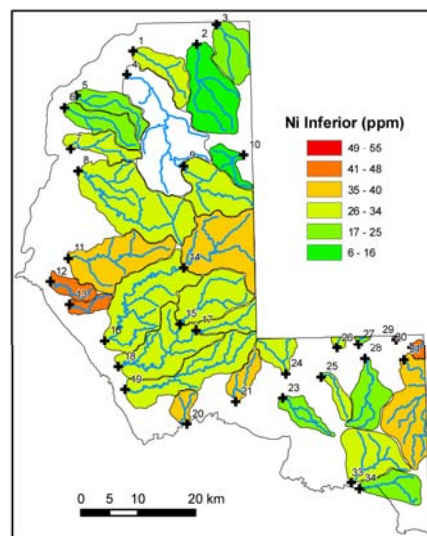
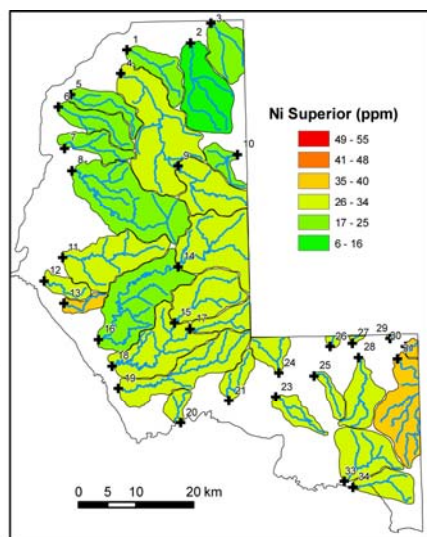
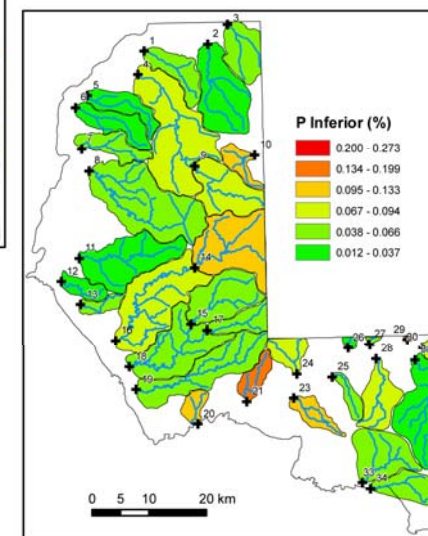
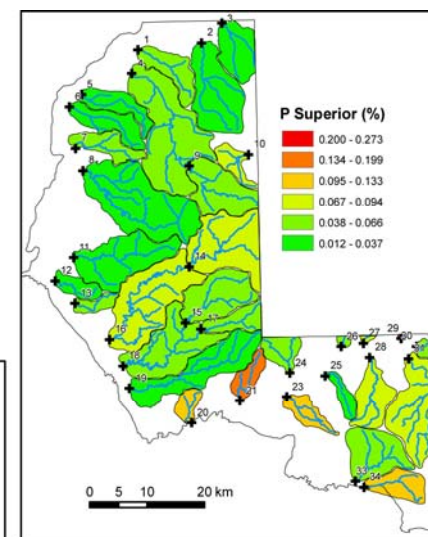
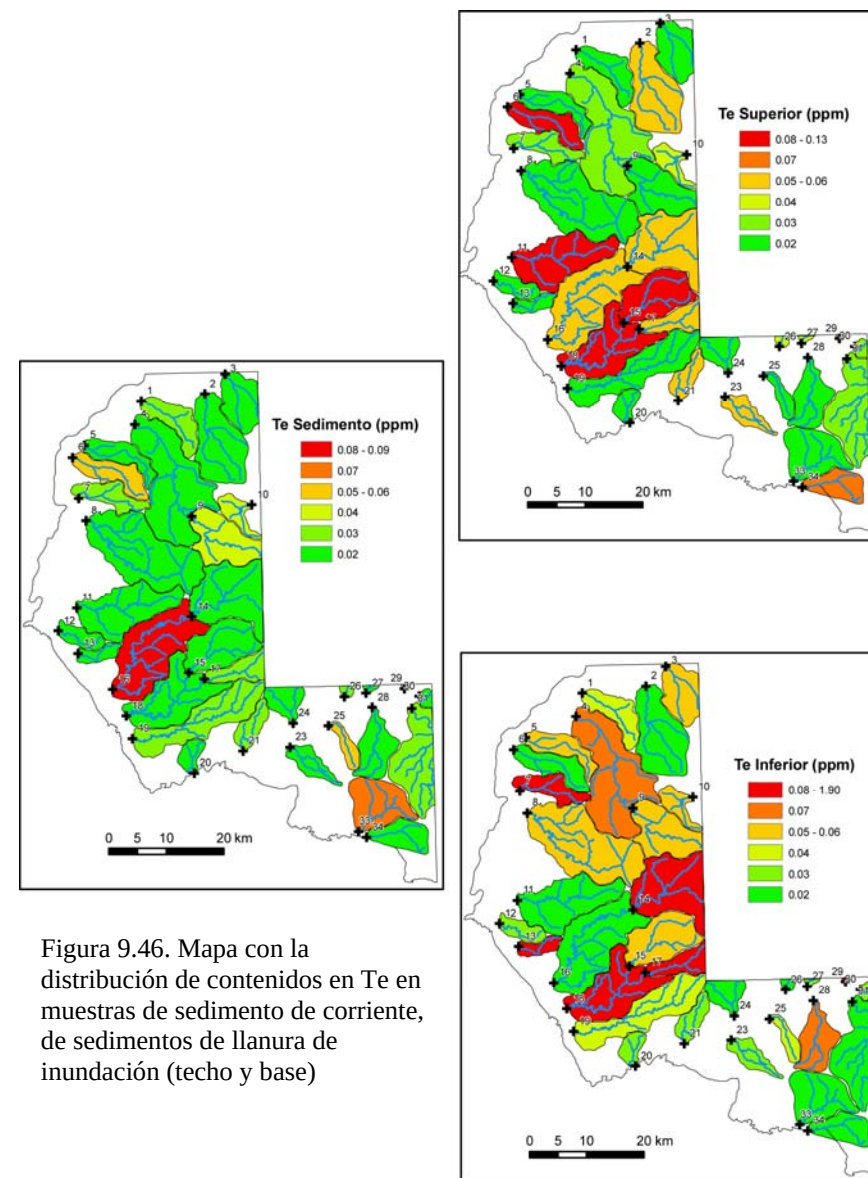
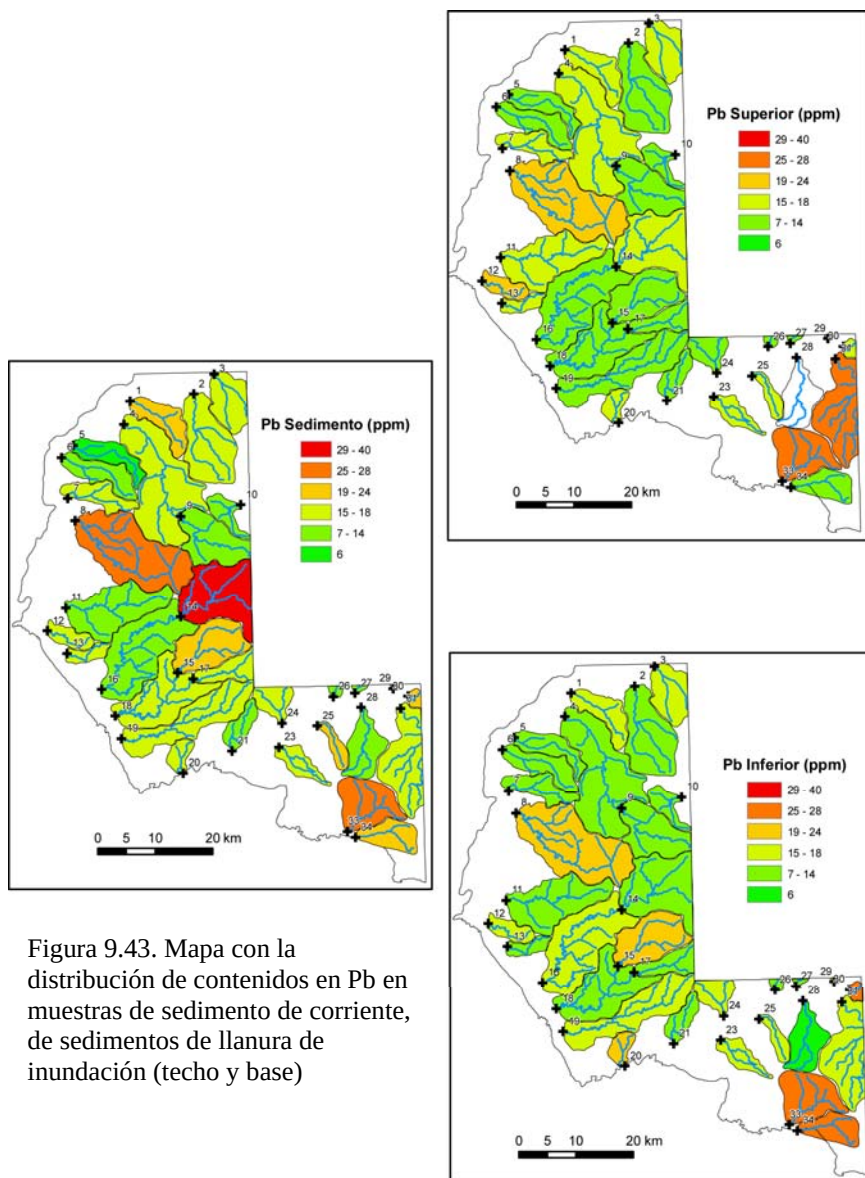


Figura 9.42. Mapa con la distribución de contenidos en P en muestras de sedimento de corriente, de sedimentos de llanura de inundación (techo y base)





10.- CONCLUSIONES GENERALES

El principal resultado de este estudio es la obtención de un conjunto de datos geoquímicos multielementales de alta resolución, estructurados (Base de Datos Geoquímicos de Ossa Morena, zona Sur y SurOeste), conseguidos a partir de varios tipos de medios de muestreo y siguiendo desde su inicio hasta el final, una serie de protocolos de control de calidad, tanto analítica como del muestreo. Estos datos tienen valor referencial y son susceptibles de comparaciones e integraciones con otros obtenidos con similares criterios. Constituyen una base para diversas aplicaciones en los campos de las ciencias de la tierra, además de los esencialmente exploratorios que han motivado la realización de este estudio.

10.1.- CONCLUSIONES DE TIPO METODOLÓGICO

La elección de los medios de muestreo empleados, la determinación de los parámetros de la campaña (es decir el diseño de ésta), las metodologías de muestreo, los protocolos de control de calidad responden a las recomendaciones que la UNESCO y FOREGS consideran como ineludibles para los estudios de cartografía geoquímica. A los objetivos de la cartografía geoquímica “sensu lato” se añaden o amplían los puramente exploratorios que son la base para el análisis de potencialidad en recursos minerales del territorio.

Este proyecto se ha basado en cuatro tipos de medios de muestreo, rocas (litogeoquímica), sedimentos de corriente (y suelos eventualmente), concentrados de minerales pesados a partir de sedimentos de corriente y sedimentos de llanuras de inundación a dos profundidades. Los dos principales han sido el sedimento de corriente, muestra ineludible para el estudio regional por su representatividad y robustez, y los concentrados de minerales pesados a partir de sedimentos aluviales. Los dos restantes son complementarios aunque con significado propio importante a escala regional.

La densidad de muestreo elegida para la campaña de sedimentos de corriente (1 muestra / 0,69 km² equivalente a 1,44 muestras / km²) es alta en comparación con la media de las cartografías geoquímicas regionales que se efectúan en Europa. Aello ha movido la vertiente exploratoria del proyecto. En este sentido puede decirse que esta cartografía y exploración geoquímica tienen una **elevada resolución** que se manifiesta, como se verá a continuación, en un muy apreciable ajuste de las distribuciones geoquímicas con la estructura geológica y en una identificación y detección de las respuestas de las mineralizaciones conocidas (con excepción quizás, de algunos yacimientos de Fe del SE de la zona).

Los paquetes de análisis seleccionados y la metodología analítica ha sido la adecuada pues todos (con la salvedad del Ir) manifiestan una suficiente variabilidad a escala regional que permite (en mayor o menor grado) un análisis de los factores que controlan su variabilidad y su distribución.

Los procedimientos de seguimiento y de control de la calidad, tanto del muestreo como analítica, además de la supervisión permanente de los equipos de prospección por parte de prospectores experimentados del IGME proporcionan la seguridad de una calidad aceptable de los resultados. Esta calidad se corrobora por la coherencia de los resultados analíticos con los rasgos geológicos y de metalogenéticos del área. La integración de varios tipos de medios de muestreo conduce también a resultados coherentes en sí mismos y de unos con respecto a otros.

La metodología de tratamiento de datos se ha mostrado asimismo eficiente. La mayor parte de las posibles hipótesis presentadas en su interpretación se corroboran en los diversos tratamientos gráficos y estadísticos.

Las únicas posibles deficiencias para llegar a resultados más definitivos en algunos aspectos radican quizás en la cierta heterogeneidad de la densidad de muestreo en algunas pequeñas áreas en las que la red hidrográfica poco densa ha llevado a tomar suelos como medio alternativo (sector SE de la zona, sobre todo). En estos sectores la densidad de muestreo, teniendo en cuenta la menor representatividad y dispersión en este tipo de muestras ha conducido a veces a una menor consistencia e irregularidad de las anomalías. Por otra parte, se centran también en que el caso de los análisis de algunos elementos con variabilidad moderada (Mo, Be) hubiera sido deseable un más bajo límite de detección y resultados expresados con cifras decimales para asegurar un carácter menos discreto de las distribuciones.

2.2.- CONCLUSIONES DE ORDEN GEOLÓGICO Y METALOGÉNICO

El estudio litogeoquímico y las comparaciones de las distribuciones geoquímicas en las principales unidades litoestratigráficas han conducido, a pesar del reducido número de muestras tomadas, a una constatación de la fuerte heterogeneidad geoquímica de las unidades más significativas aflorantes en la zona, a la confirmación de los grupos de elementos que las caracterizan de una forma más clara y al conocimiento muy aproximado del orden de magnitud de los fondos geoquímicos. También se ha podido observar un rasgo, ya señalado en el proyecto CEGOM-Fase 1, cual es el de enriquecimiento relativo en ciertos elementos traza, de carácter generalmente más metalogénico que litogénico, en los términos más modernos de la serie estratigráfica (excluidos los materiales del Terciario-Cuaternario de la Cuenca del Guadiana (por ejemplo, Sb, Cd).

Los sedimentos de corriente, por su elevado número y su representatividad y robustez, son los que dan lugar a una mayor información y a resultados más interés. Se han obtenido las distribuciones espaciales elementales y se comprueba que en general sirven para definir en una mayoría de casos su afinidad por unidades litoestratigráficas definidas y hacer una estimación de los rangos de contenidos, de los fondos y de su variabilidad a escala regional. Determinados tratamientos estadísticos multivariantes, como el análisis factorial, y su tratamiento y representación gráfica conducen a interpretar las principales asociaciones geoquímicas que explican la mayor parte de la variabilidad geoquímica total y, fundamentalmente, a interpretar su sentido y origen, relacionado, en este caso, con factores geológicos regionales o metalogénicos y locales. Los mapas de distribución ternarios confirman rasgos ya observados en los mapas de distribución espacial elementales, como son las discontinuidades geoquímicas existentes en la zona. Estas discontinuidades pueden corresponder a menudo a estructuras tectónicas profundas con mayor o a veces nula expresión superficial. Varias de ellas con direcciones N40°E, N60°-70°E, N150°-170°E, N120°E, corresponden a estructuras relacionadas con los importantes desgarres sinistros que han conformado la estructura de la zona, ya sea en la orogenia cadomiense o en la variscica (algunas han actuado en las dos).

Varias de estas estructuras se remarcen incluso en los mapas de distribución espacial elementales, a través de los mapas realizados con escalas no ecualizadas. Se ha comprobado además que determinados elementos presentan estructuras de distribución secantes y de cierta entidad con respecto a los límites geológicos y que están en parte controladas por lagunas de estas estructuras (Cu, As, Te, Rb, ¿Au?). Podrían significar lugares o estructuras preferentes para el desarrollo de sistemas hidrotermales que condicionan la geoquímica regional y la distribución de mineralizaciones.

Los mapas ternarios ponen asimismo en evidencia, con una adecuada elección de los elementos considerados, la existencia de unas anomalías de distribución, manifestadas repetidamente con asociaciones geoquímicas inequívocamente relacionadas con rocas graníticas. Ello lleva a pensar, y más por la comparación de esas respuestas con las de granitos aflorantes, en la existencia de varias pequeñas apófisis graníticas subaflorantes, con mayor o menor similitud con la existente bajo el campo filoniano de Oliva de la Frontera. Destaca sobre todo la observada en muchos mapas y tratamientos diferentes entre Zahinos y Villanueva del Freno. En algunos de los mapas elaborados puede intuirse una posible conexión en profundidad de ese supuesto granito y el de Oliva, así como con otro en la zona más próxima a Zahinos. Además de estas supuestas apófisis subaflorantes se observan otras respuestas de menores dimensiones y menos evidentes hacia el NO (en Fm. Barrancos y en Fm. Esquistos de Jerez).

En el contacto tectónico entre la Fm. Esquistos de Jerez y la F. Fatuquedo se manifiestan respuestas no coherentes con el tipo de granitoide anterior, pero que inducen asimismo a pensar una influencia de rocas graníticas adaptándose a dicho contacto (zona al NO del pez tectónico de C.V.S.).

Estas hipótesis de granitoides subaflorantes son asimismo plenamente coherentes con la presencia de intensas y amplias anomalías de elementos relacionados con la asociación metalogénica de W-Bi correspondiente a las mineralizaciones de filiación granítica de Oliva de La frontera.

El uso de medios de muestreo complementarios como los sedimentos de corriente y los concentrados de minerales pesados de sedimentos aluviales y, en gran medida, la conjunción de técnicas mineralométricas y geoquímicas multielementales aplicadas a éstos, hacen que la síntesis de anomalías

determinadas por varias vías sea mucho más fiable. Al mismo tiempo esta conjunción de datos multielementales permite una valoración de las áreas anómalas con mucho más significado y coherencia con respecto al medio geoquímico regional. Se han definido 43 áreas anómalas que se han clasificado por su coherencias interna y por asociaciones geoquímicas anómalas en tres grados de interés prospectivo, destacando varias de de W-Bi-Au, otras de Au y otros elementos metálicos.

Finalmente y a título orientativo se ha realizado una aproximación al diagnóstico medio ambiental a escala regional, a partir de la hipótesis de que los contenidos geoquímicos en los sedimentos tienen una gran similitud con aquellos en los suelos de las cabeceras de las cuencas de drenaje, dados los rasgos morfoclimáticos imperantes en la zona. La comparación realizada entre contenidos en suelos y sedimentos de corriente valida en una medida muy apreciable esa similitud. Los mapas elaborados para cada elemento en relación con los umbrales fijados en las normativas holandesas de suelos contaminados suponen un ejercicio tendente a mostrar las posibilidades que ofrece la utilización de los datos geoquímicos regionales para una primera zonificación del territorio y la identificación de fuentes o áreas anómalas y con posibles problemas de contaminación. En la zona de estudio, puede afirmarse que, en general, las contaminaciones antrópicas son muy reducidas espacialmente en el caso de algunos elementos y, posiblemente, asociadas a actividad minera en el pasado. Pero, en la gran mayoría de los casos puestos de manifiesto en el área de estudio, los valores que superan a los umbrales fijados, además de reducidas son relacionables directamente con causas naturales o geogénicas.

Los mapas realizados a partir de los percentiles P99 son otra vía de enfocar este objetivo. Es evidente que la discriminación o valoración de la contaminación de los suelos requiere estudios más precisos y profundos a escala local, pero el problema del análisis de áreas amplias sí que puede hacerse probablemente con enfoques análogos al realizado.

Finalmente, el análisis de los contenidos multielementales a dos profundidades en los sedimentos de llanuras de inundación, pone de manifiesto la mayor complejidad de visualización o de interpretación de este tipo de información, sobre todo cuando, como aquí es el caso, no existen probablemente grandes e intensas contaminaciones antrópicas en las cuencas de origen y las variaciones de contenidos en una misma llanura están en el rango de incertidumbre analítica o de muestreo. En cualquier caso esa información geoquímica por cuencas, información que implica un promedio relativo a un área amplia, puede ser a temas de otra naturaleza considerados usualmente en el marco de cuencas hidrográficas.

BIBLIOGRAFÍA

De Miguel E., Callaba, A., Arranz, J.C., Cala, V., Chacón, E., Gallego, E., Alberruche, E., Alonso, C., Fernández-Canteli, P., Iribarren, I., Palacios, M. 2002. Determinación de niveles de fondo y de niveles de referenciade metales pesados y otros elementos traza en suelos de la Comunidad de Madrid. Instituto Geológico y Minero de España. Eds: Baretino, D., Callaba, A. 167 pgs.

IGME-Junta de Extremadura (2007). Mapa Metalogenético de Extremadura a escala 1/250.000. Mapa, Memoria 359 pgs.

IGME-Junta de Extremadura (2007). Cartografía y Exploración Gepquímicas de Ossa Morena (Sur de Badajoz). Memoria, Figuras y Mapas.

Reimann, Cl., Filzmozer, P., Garrett, R., Dutter, R. 2009. Statisrical analysis explained. John Wiley.349 pgs.

Reimann Cl., Caritat, P. 1998. Chemical elements in the Environment. Factsheets for the geochemist and the environmental scientist. Springer Verlag. 398 pgs.

Smit, P., Eleveld, R. 2005. New developments in soil protection policy in the Netherlands. Van Hall. 20 pgs