

**JUNTA DE EXTREMADURA**

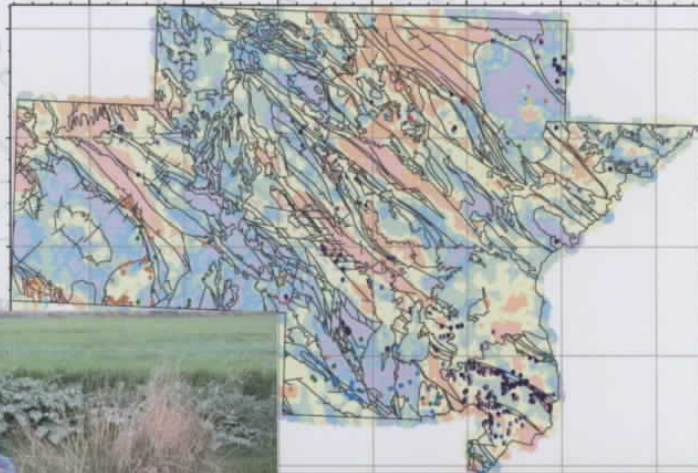
Consejería de Economía y Trabajo

Dirección General de Ordenación Industrial, Energía y Minas



Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente

# CARTOGRAFÍA Y EXPLORACIÓN GEOQUÍMICAS DEL SUR DE BADAJOZ



## MEMORIA

AÑO 2005

**CARTOGRAFÍA Y EXPLORACIÓN**  
**GEOQUÍMICAS DEL SUR DE BADAJOZ**

**2005**

Este estudio ha sido realizado por un equipo de trabajo del **Instituto Geológico y Minero de España (IGME)**, con 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

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

**Miguel Chamorro Pozo**: Mineralometría, Toma de muestras de llanuras de inundación, Supervisión y control de campo

**Concepción Fernández Leyva**: Apoyo informático a tratamiento de datos

**Edgar Berrezueta Alvarado**: Apoyo informático a tratamiento de datos

**Fernando Pérez Cerdán**: Apoyo SIG

**Mariano Martínez Martín**: Toma de muestras de llanuras de inundación y para la campaña de orientación o piloto

Los trabajos de toma de muestras en campo, de preparación de muestras y la analítica han sido realizados, en régimen de contratación, por la empresa consultora **Consultores en Recursos Naturales (C.R.N.)**, con la Dirección de **Juan León Coullaut Sáez de Sicilia** y con la participación de **Juan Carlos Delgado** como Coordinador de campo.

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

# ÍNDICE

<b>1.- ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
<b>2.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2.1. MARCO Y SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA</b>	<b>1</b>
<b>2.2.- OROGRAFÍA</b>	<b>2</b>
<b>2.3.- HIDROGRAFÍA</b>	<b>3</b>
<b>2.4.- CLIMA Y VEGETACIÓN</b>	<b>7</b>
<b>2.5.- MARCO GEOLÓGICO</b>	<b>8</b>
2.5.1.- ESTRATIGRAFÍA	10
<b>2.5.1.1.- <u>Precámbrico</u></b>	<b>10</b>
<b>2.5.1.1.1- Secuencia pre-orogénica</b>	<b>10</b>
<b>2.5.1.1.2- Secuencia sin-orogénica</b>	<b>13</b>
2.5.1.1.2.1.- Vulcanismo Finicadomiense: Vendicense-Cámbrico Inferior	13
2.5.1.1.2.2.- Flysch: Alogrupo Domo Extremeño (ADL)	13
2.5.1.1.2.3.- Formación de Azuaga	13
2.5.1.1.2.4.- Formación Bodonal	14
<b>2.5.1.2.- <u>Paleozoico</u></b>	<b>14</b>
<b>2.5.1.2.1.- Secuencias ligadas a la fase de rift</b>	<b>14</b>
2.5.1.2.1.1.- <u>Cámbrico inferior</u>	14
<b>2.5.1.2.2.- Secuencia de margen pasivo: Ordovícico-Devónico inferior</b>	<b>15</b>
2.5.1.2.2.1.- <u>Zona Centro Ibérica y Dominio Obejo-Valsequillo</u>	15
<b>2.5.1.2.3.- Cuencas sinorogénicas variscas: Devónico Medio-Pérmico Inferior</b>	<b>15</b>
2.5.1.2.3.1.- Carbonífero Inferior (37).	15
<b>2.5.1.3.- <u>Terciario</u></b>	<b>16</b>
<b>2.5.1.4.- <u>Cuaternario</u></b>	<b>16</b>
2.5.2.- ROCAS ÍGNEAS	16
<b>2.5.2.1.- <u>Rocas ígneas precámbricas</u></b>	<b>16</b>
<b>2.5.2.2.- <u>Magmatismo asociado al rift Cambro-Ordovícico</u></b>	<b>17</b>
<b>2.5.2.3.- <u>Rocas ígneas variscas</u></b>	<b>18</b>
2.5.3.- TECTÓNICA	18
<b>2.5.3.1.- <u>Zona Centro Ibérica</u></b>	<b>18</b>
2.5.3.1.1.- Deformación pre-varisca	18
2.5.3.1.2.- Deformación varisca	19

<b>2.5.3.2.- <u>Zona de Ossa Morena</u></b>	<b>19</b>
2.5.3.2.1.- Deformación pre-varisca	19
2.5.3.2.2.- Deformación varisca	19
2.5.3.2.3.- Deformación alpina	20
2.5.4.- METAMORFISMO	20
<b>2.6.- MARCO METALOGENÉTICO</b>	<b>23</b>
2.6.1.- MINERALIZACIONES EN LA ZONA CENTRO-IBÉRICA	23
2.6.1.1.- <u>Mineralizaciones de Pb-Zn (Ag)</u>	23
2.6.1.1.1.- Mineralizaciones relacionadas con procesos hidrotermales tardí y post variscos. Mineralizaciones filonianas de Pb-Zn-Ag.	23
2.6.1.2.- <u>Mineralizaciones de W y Sn-Li</u>	25
2.6.1.2.1.- Mineralizaciones filonianas ligadas al plutonismo varisco. Filones de wolframita scheelita	25
2.6.1.3.- <u>Mineralizaciones de Cu</u>	25
2.6.1.3.1.- Filones intraplutónicos de Cu-(Bi) en la granodiorita de Los Pedroches	25
2.6.1.4.- <u>Mineralizaciones de Molibdeno</u>	25
2.6.1.4.1.- Filones intraplutónicos en la granodiorita de Quintana	25
2.6.2.- MINERALIZACIONES EN LA ZONA DE OSSA MORENA	28
2.6.2.1.- <u>Mineralizaciones de hierro</u>	28
2.6.2.1.1.- Mineralizaciones estratoligadas en rocas volcánicas del Neoproterozoico Superior-Cámbrico	28
2.6.2.1.2.- Mineralizaciones relacionadas con skarns y remplazamientos de albita-actinolita	28
2.6.2.1.3.- Otros tipos de skarns	28
2.6.2.1.4.- Mineralizaciones ligadas a intrusiones subvolcánicas de albititas	28
2.6.2.1.5.- Indicios en otros dominios tectónicos	29
2.6.2.2.- <u>Mineralizaciones de Pb-Zn</u>	29
2.6.2.2.1.- Mineralizaciones estratiformes en el dominio de Sierra Albarrana	29
2.6.2.2.2.- Sulfuros masivos volcanogénicos en la Formación Malcocinado	29
2.6.2.2.3.- Mineralizaciones en rocas volcanosedimentarias del Carbonífero Inferior	30
2.6.2.2.4.- Filones en la Serie Negra y Formación Malcocinado	30
2.6.2.2.5.- Filones en rocas volcanosedimentarias del Carbonífero Inferior	30
2.6.2.2.6.- Mineralizaciones filonianas en relación con la Falla de Azuaga y Zona de Cizalla Badajoz-Córdoba	30
2.6.2.2.7.- Filones ligados al granito de Santa Marta	31
2.6.2.2.8.- Filones en el Dominio de Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina	31
2.6.2.3.- <u>Mineralizaciones de Cu</u>	31
2.6.2.3.1.- Mineralizaciones estratiformes en la Serie Negra	31

2.6.2.3.2.- Diseminaciones en plutones subvolcánicos de edad Cadomiense	31
2.6.2.3.3.-Mineralizaciones estratoides en el complejo volcanosedimentario cadomiense	31
2.6.2.3.4.- Indicios filonianos en el complejo volcanosedimentario cadomiense	32
2.6.2.3.5.- Filones en el Cámbrico Inferior y Medio	32
2.6.2.3.6.- Remplazamientos hidrotermales del área de Usagre	32
<b>2.6.2.4.- <u>Mineralizaciones de W</u></b>	<b>32</b>
<b>2.6.2.5.- <u>Mineralizaciones de Hg</u></b>	<b>32</b>
<b>3.- <u>OBJETIVOS Y METODOLOGÍA GENERAL</u></b>	<b>34</b>
<b>4.- <u>GEOQUÍMICA DE ROCAS (LITOGEOQUÍMICA)</u></b>	<b>36</b>
<b>4.1.- OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</b>	<b>36</b>
4.1.1.- TOMA DE MUESTRAS	36
4.1.2.- PREPARACIÓN Y ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE ROCAS.	37
4.1.3.- ANÁLISIS QUÍMICO MULTIELEMENTAL	37
<b>4.2.- TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.</b>	<b>37</b>
4.2.1.- HISTOGRAMAS	41
4.2.2.- DIAGRAMAS DE CAJAS DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS POR TIPOS LITOLÓGICOS	42
4.2.3.- DIAGRAMAS DE CAJAS DE LOS CONTENIDOS DE ELEMENTOS QUÍMICOS POR UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.	42
4.2.4.- DIAGRAMAS SPIDER	45
<b>5.- <u>CAMPAÑA DE ORIENTACIÓN</u></b>	<b>47</b>
<b>5.1. METODOLOGÍA Y DESARROLLO</b>	<b>47</b>
5.1.1. TOMA DE MUESTRAS	47
5.1.2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	48
5.1.3. ANÁLISIS QUÍMICO	50
5.1.4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA CAMPAÑA DE ORIENTACIÓN	50
<b>5.1.4.1. <u>Toma de muestras y ámbito del muestreo</u></b>	<b>50</b>
<b>5.1.4.2.- <u>Resultados</u></b>	<b>51</b>
<b>5.1.4.2.1.- Variaciones de contenidos en las distintas fracciones granulométricas.</b>	<b>52</b>
5.1.4.2.1.1.- <u>Comparación entre sedimentos y suelos</u>	52
5.1.4.2.1.2.- <u>Tendencias generales de variación geoquímica en función de la granulometría</u>	53
5.1.4.2.1.3.- <u>Respuestas de litologías y mineralizaciones</u>	55
<b>5.1.4.3.- <u>Resultados</u></b>	<b>56</b>
<b>6.- <u>GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE CORRIENTE</u></b>	<b>59</b>
<b>6.1. MUESTREO</b>	<b>60</b>
<b>6.2.- PREPARACIÓN DE MUESTRAS</b>	<b>63</b>
<b>6.3.- ANÁLISIS QUÍMICO MULTIELEMENTAL</b>	<b>63</b>
<b>6.4.- CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA Y DE CALIDAD DEL MUESTREO</b>	<b>64</b>
6.4.1.- CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA.	64

6.4.2.- CONTROL DE CALIDAD DE MUESTREO DE CAMPO	67
<b>6.5.- TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN GEOQUÍMICA</b>	
<b>MULTIELEMENTAL E INTERPRETACIÓN</b>	<b>68</b>
6.5.1. ESTUDIO O ANÁLISIS UNIVARIANTE	68
<b>6.5.1.1.- <u>Estudio estadístico</u></b>	<b>68</b>
6.5.1.1.1.- Histogramas	72
6.5.1.1.2.- Diagramas de cajas o boxplots de la población total	72
6.5.1.1.3.- Gráficos probabilísticos (log plots o rectas de Henry)	73
6.5.1.1.4.- Diagramas de cajas de las poblaciones de suelos y sedimentos por separado	76
6.5.1.2. - Estudio gráfico univariante	77
6.5.1.2.1.- Mapas de distribución espacial de los elementos químicos	77
6.5.1.2.2.- Mapas de distribución espacial con escala no ecualizada	91
6.5.2.- ESTUDIO Y ANÁLISIS BIVARIANTE	94
6.5.3.- ESTUDIO Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE	100
6.5.3.1.- <u>Análisis de componentes principales.</u>	100
6.5.3.2.- <u>Mapas ternarios</u>	109
6.5.3.3.- <u>Mapas aditivos</u>	112
6.5.3.4.- <u>Clasificación de la población en clases geoquímicas</u>	113
6.5.4.- ANOMALIAS GEOQUÍMICAS	122
<b>7.- <u>MINERALOMETRÍA Y GEOQUÍMICA DE CONCENTRADOS DE MINERALES PESADOS</u></b>	<b>129</b>
7.1. TOMA DE MUESTRAS	129
7.2. -PREPARACION DE MUESTRAS	131
7.3.- ESTUDIO MINERALOMÉTRICO CON LUPA BINOCULAR	131
7.4.- MAPAS MINERALOMÉTRICOS	141
7.5.- ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS CONCENTRADOS DE MINERALES PESADOS	152
7.5.1.- <u>Estudio estadístico univariante.</u>	152
7.5.2.- <u>Estudio gráfico univariante</u>	154
7.5.3- <u>Estudio bivariante</u>	159
7.5.4.- <u>Análisis o estudio multivariante</u>	161
<b>8.-SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN GEOQUÍMICA. INTERPRETACIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>164</b>
8.1.- SÍNTESIS FINAL DE ANOMALÍAS Y ÁREAS PROSPECTIVAS	164
8.1.1.- CONCLUSIONES DE TIPO GEOLÓGICO	164
8.1.2.- CONCLUSIONES DE TIPO GEOQUÍMICO-METALOGÉNICO	165

8.1.3.- CONCLUSIONES DE TIPO PROSPECTIVO. DEFINICIÓN DE ZONAS ANÓMALAS	165
<b>9.- <u>CONSIDERACIONES MEDIO AMBIENTALES</u></b>	<b>176</b>
<b>10.- <u>GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS DE LLANURAS DE INUNDACIÓN</u></b>	<b>182</b>
<b>11.- <u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b>193</b>



## 1. ANTECEDENTES

El estudio “Cartografía y Exploración geoquímica en Ossa Morena, Sur 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 2002 y 2005.

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”. 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 multielemental. 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 km<sup>2</sup> y en ella se analizaron 22 elementos químicos.

El presente trabajo representa una continuidad de los anteriores, aunque siguiendo criterios y metodologías diferentes, y quizás con un enfoque más infraestructural. Este estudio de carácter regional, sistemático y multielemental, inicia una nueva vía de aplicación de las técnicas geoquímicas, 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).

## 2. INTRODUCCIÓN

### **2.1. MARCO Y SITUACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA**

El área de trabajo se localiza en la zona centro-oriental de la provincia de Badajoz y está limitada al E por la provincia de Córdoba. Está situada, en una gran parte, en el dominio de la zona de Ossa Morena, discurrendo al Norte de ella la zona de cizalla Badajoz-Córdoba. En la parte más septentrional de la zona de trabajo se encuentran materiales de la zona Centro Ibérica.

La superficie de la zona de estudio, **de aproximadamente 6.250 km<sup>2</sup>**, se distribuye por 12 hojas 1/50.000 del Mapa Topográfico Nacional a escala 1/50.000. Las 12 hojas 1/50.000 representadas en la zona de trabajo son las siguientes:

**803** (Almendralejo), **804** (Oliva de Mérida), **805** ( Castuera), **828** (Bancarrota) **829** (Villafranca de Los Barros), **830** (Hornachos), **831** ( Zalamea de La Serena), **832** (Monterrubio de la Serena), **853** (Burguillos del Cerro), **854** (Zafra), **855** (Usagre), **856** (Maguilla), **857** (Valsequillo), **877** ( Llerena), **878** (Azuaga) y **899** (Guadalcanal)

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

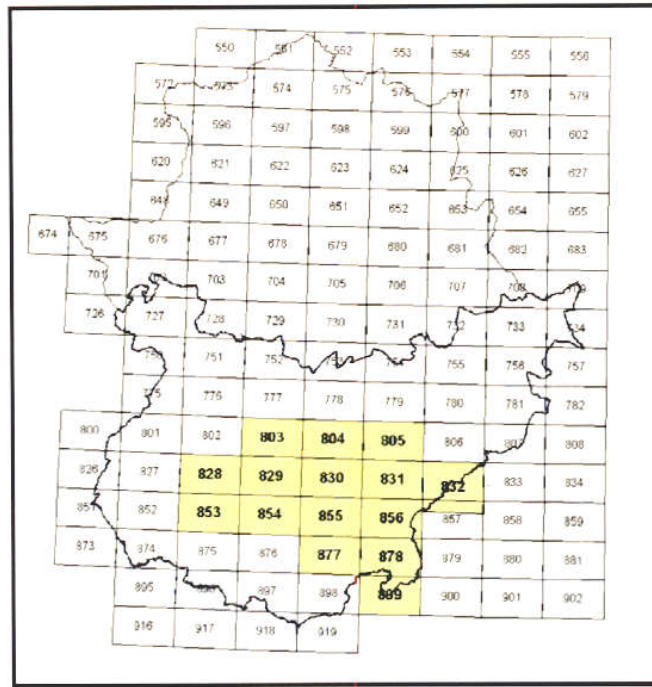


Figura 2-1. Mapa de situación de la zona de trabajo sobre las hojas topográficas 1/50.000.

## 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 2-2). Constituye una prolongación hacia el O y SO de la meseta de la Mancha aunque con un descenso sensible de cotas absolutas. El relieve crece progresivamente desde las amplias llanuras de la Tierra de Campos al NO de la zona, con cotas de unos 400 m, hacia el SE en el que existe una penillanura con alturas muy poco superiores, de 500-600 m.

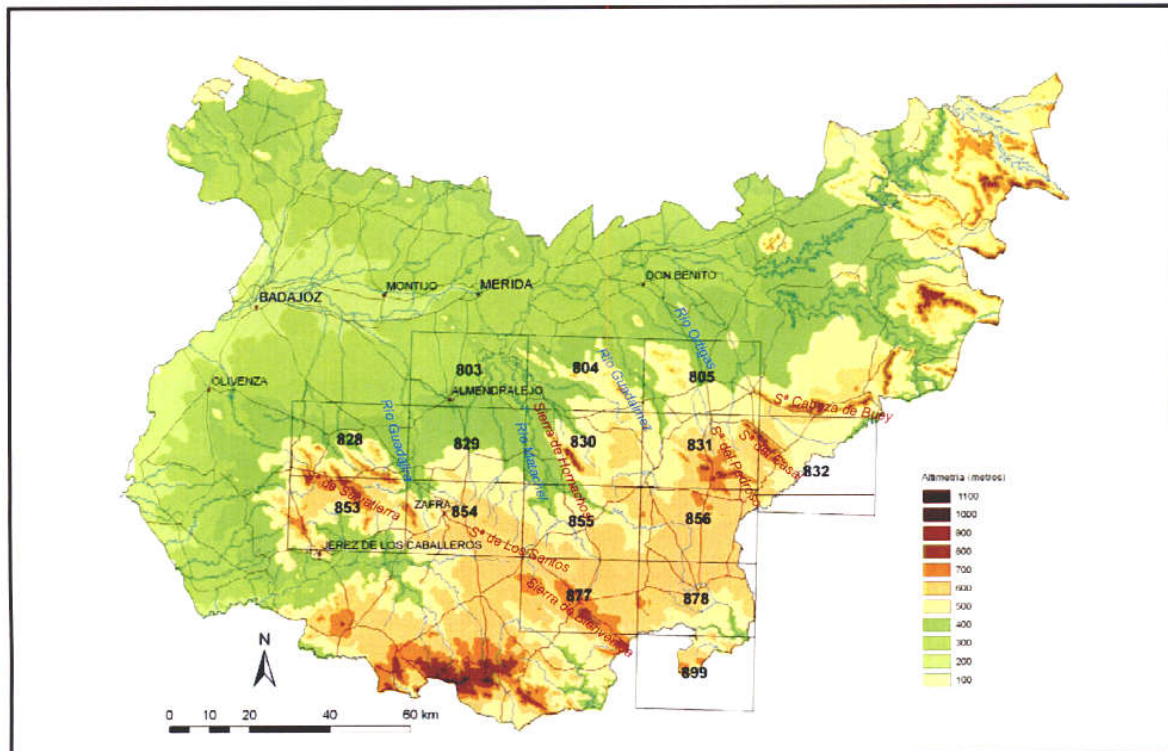


Figura 2-2. Situación de la zona de estudio y representación de su orografía

Esta penillanura, que ocupa una gran parte de la zona, está parcelada por los relieves de una serie de sierras con dirección N120° a N150°, con alturas entre 700 y 800 m (Sierras de Salvatierra, de Los Santos y de Bienvenida, Sierra de Hornachos, Sierra del Pedroso y del Acebuche, Sierra del Casal, Sierra de Cabeza de Buey). Las máximas cotas que se alcanzan rondan los 800-900 m, pudiéndose citar los cerros de Bienvenida (793 m) en la sierra de mismo nombre, de Calaveruelas (733 m) en la zona de Azuaga, Tiro (961 m) en la Sierra del Casal, Santa Inés (848 m) en la Sierra del Pedroso. Localmente, existen algunos valles encajados, con diferencias de cotas apreciables en pequeñas distancias, que dan lugar a relieves abruptos, entre llanuras con 300-400 m de cota y las pequeñas sierras que se elevan por encima de los 700-800 m. Algunas formas de paisaje se presentan en las fotos 2-1 a 2-4.

### 2.3.- HIDROGRAFÍA

La red hidrográfica, al NE de la Cordillera se articula en torno a los ríos que discurren en las depresiones entre las sierras NO-SE, entre los cuales los más significativos son los ríos Guadajira, Matachel, Guadalmez y Ortigas e incluso Zújar, que constituye el límite oriental de la provincia y de la zona de trabajo (Figura 2-2). Vierten al N y NO en el río Guadiana que, con dirección E-O discurre al N de la zona. Al Sur de la zona se encuentran las cabeceras de algunos cursos de agua que discurren hacia el Sur, vertiendo sus aguas al Guadalquivir, y que tienen un muy corto recorrido en el área.

Los principales cursos de agua, en torno a los cuales se estructura la red hidrográfica, tienen dirección NO-SE, siguiendo las depresiones delimitadas por las sierras de esa dirección. La red secundaria, en la que se integran los cursos de agua de orden inferior, tributarios de los anteriores nacen en esas elevaciones y tienen, más frecuentemente direcciones NE-SO. La estructura general de la red hidrográfica en la zona de trabajo puede verse en la figura 2-3. Es una red bastante densa, de naturaleza arborescente a partir de la red principal que tiene una estructura groseramente ortogonal (NO-SE y NE-SO). Puede verse su detalle en la figura 2-3, en la que aparecen los cursos de agua de orden más inferior.

Debido a la escasa pluviometría de la región, la mayor parte de los pequeños arroyos de la zona tienen carácter estacional e intermitente, estando secos en las épocas de estío. Sólo tienen carácter permanente los ríos principales mencionados y algunos arroyos de orden alto (Fotos 2-7 a 2-11). A causa de la escasez de lluvias y de su irregularidad, el territorio está muy sometido a marcadas sequías y a frecuentes inundaciones. Estas dejan su impronta en los valles fluviales de los principales cursos de agua con el desarrollo de llanuras de inundación de mayor o menor entidad, función de la importancia del río y del grado de encajamiento de su cauce (Fotos 2-7 y 2-8).

Debido a los rasgos climáticos y a la morfología ligeramente ondulada y a veces con relieve algo acentuado en zonas, los suelos son, en general, poco profundos, con un escaso desarrollo del horizonte de acumulación, pasándose frecuentemente del horizonte A al C, constando esencialmente de un horizonte C de material fragmentado y ligeramente descompuesto.

Esos suelos tienen raramente desarrollos superiores a 30-50 cm y poseen un grado de estructuración bajo. Sin embargo, en zonas muy llanas, por ejemplo, en áreas de la Tierra de Barros, se encuentran suelos más desarrollados y profundos (Fotos 2-5 y 2-6).

La erosión y el transporte de los materiales superficiales son fundamentalmente físicos o mecánicos. Los depósitos de fondo de los arroyos son groseros y están formados en general por gravas, a veces bloques, y arenas. Ello denota una apreciable capacidad de acarreo, debido al carácter torrencial de avenidas de agua en épocas de tormentas. (Fotos 2-10 a 2-14).

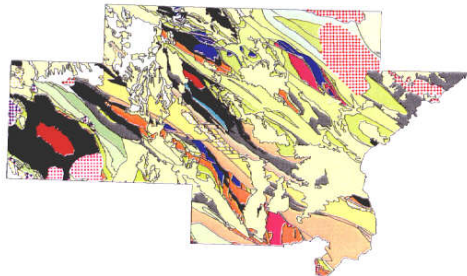
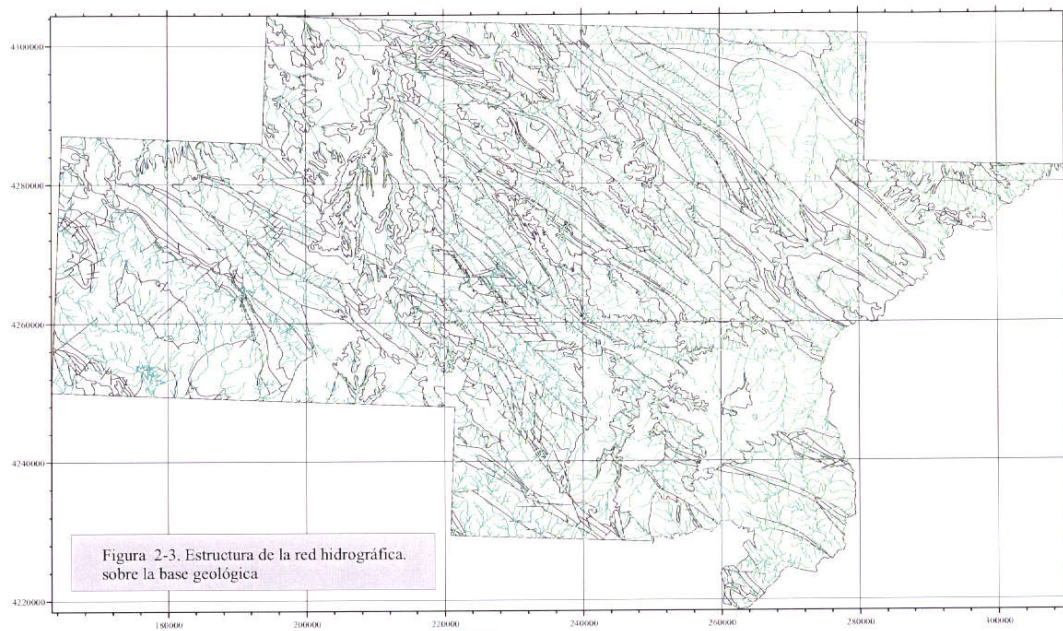




Foto 2-1. Paisaje de llanura en la Serena



Foto 2-2. Llanura con cultivo de viña en Tierra de Campos



Foto 2-3. Paisaje más accidentado entre sierras



Foto 2-4. Paisaje en zona granítica entre



Foto 2-5. Suelo poco desarrollado sobre materiales esquistosos en la zona de Ribera del Fresno. Ausencia de estructuración clara



Foto 2-6. Suelo profundo y estructurado en la zona de Ribera del Fresno-Puebla del Prior- Puede apreciarse el horizonte de acumulación, con marcada tonalidad rojiza, sobre el horizonte C.



Foto 2-7. Llanura de inundación en arroyo en la zona de



Foto 2-8. Arroyo de orden bajo y pequeña llanura de inundación reciente entre otras más antiguas- Zona de



Foto 2-9. Arroyo típico en zona de penillanura con un caudal apreciable, en la zona de



Foto 2-10. Arroyo sin flujo de agua y con lecho de bloques y gravas en la zona de



Foto 2-11. Aspecto de un cauce seco con carga de fondo de dimensiones de grava-arena.



Foto 2-12. Fondo de un arroyo seco. Sedimento grosero de bloques, gravas y arenas



Foto 2-13. Fondo de arroyo seco con depósito menos grosero que el anterior, de grava y arena- Zona de



Foto 2-14. Fondo de arroyo seco con depósito menos grosero que el anterior, de grava y arena, con mayor proporción de arena. Zona de

## 2.4.- CLIMA. VEGETACIÓN

La región está sometida aun 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 mayores, cercanas a los 1.000 mm en las zonas de sierra (Sierra Morena en particular).

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 frecuentes los suelos 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 (foto 2-15). Las dehesas 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.



Foto 2-15 . Paisaje de dehesa. Actividad ganadera en la zona de Llerena



Foto 2-16. Zona agrícola dedicada a cereal en el Valle de La Serena.

En amplias zonas de la Tierra de Campos, del Valle de La Serena y de los Llanos de Llerena hay una importante actividad agrícola, dedicada a la viña, a los cereales y el olivo (foto 2-16).

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 Zafra, Almendralejo y, en menor medida, Fregenal o Villafranca de los Barros, se desarrolla una creciente actividad industrial en sectores diversos, entre otros los de 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.

## 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 el área de trabajo 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 antiformal Olivenza Monesterio (NAOM).  
Cabalgamiento de Monesterio y su prolongación occidental, según fallas tipo "strike-slip" asociadas
- Sector meridional (S) de la antiformal Olivenza-Monesterio (SAOM)  
Falla de Beja-Valdelarco (fuera de los límites de la zona)

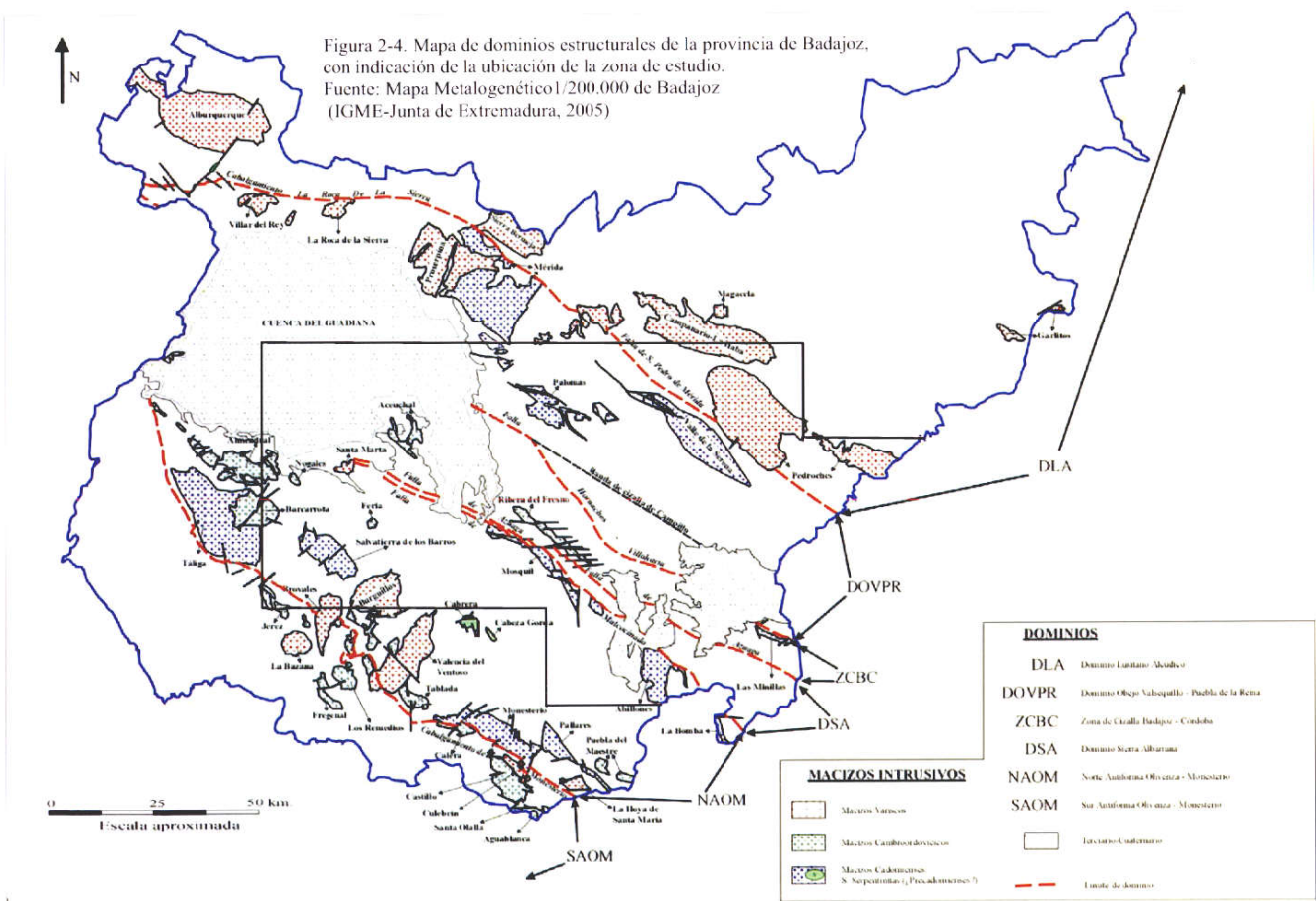
Un esquema regional, reducido a los límites provinciales de Badajoz, mostrando la distribución de estos dominios estructurales y la ubicación de la zona de trabajo, aparece en la figura 2-4.

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).

Puede apreciarse también en ella la situación de las diversas unidades magmáticas existentes, diferenciadas por su relación con los eventos orogénicos (unidades variscas, unidades cambro-ordovícicas y unidades cadomienses).



Figura 2-4. Mapa de dominios estructurales de la provincia de Badajoz, con indicación de la ubicación de la zona de estudio.  
 Fuente: Mapa Metalogénico 1/200.000 de Badajoz (IGME-Junta de Extremadura, 2005)



## 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 2-5.

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.- Secuencia pre-orogénica

##### *Neises de Azuaga.*

Afloran exclusivamente en el sector meridional de la Zona de Cizalla Badajoz-Córdoba, en lo que se conoce tradicionalmente como Corredor Blastomilonítico. Se trata de una secuencia de ortoNeises, Neises migmáticos, Neises biotíticos y anfibolitas con un metamorfismo polifásico de alto grado y una importante deformación milonítica a ultramilonítica. Intercala lechos poco potentes de cuarcitas negras, mármoles y rocas calcosilicatadas

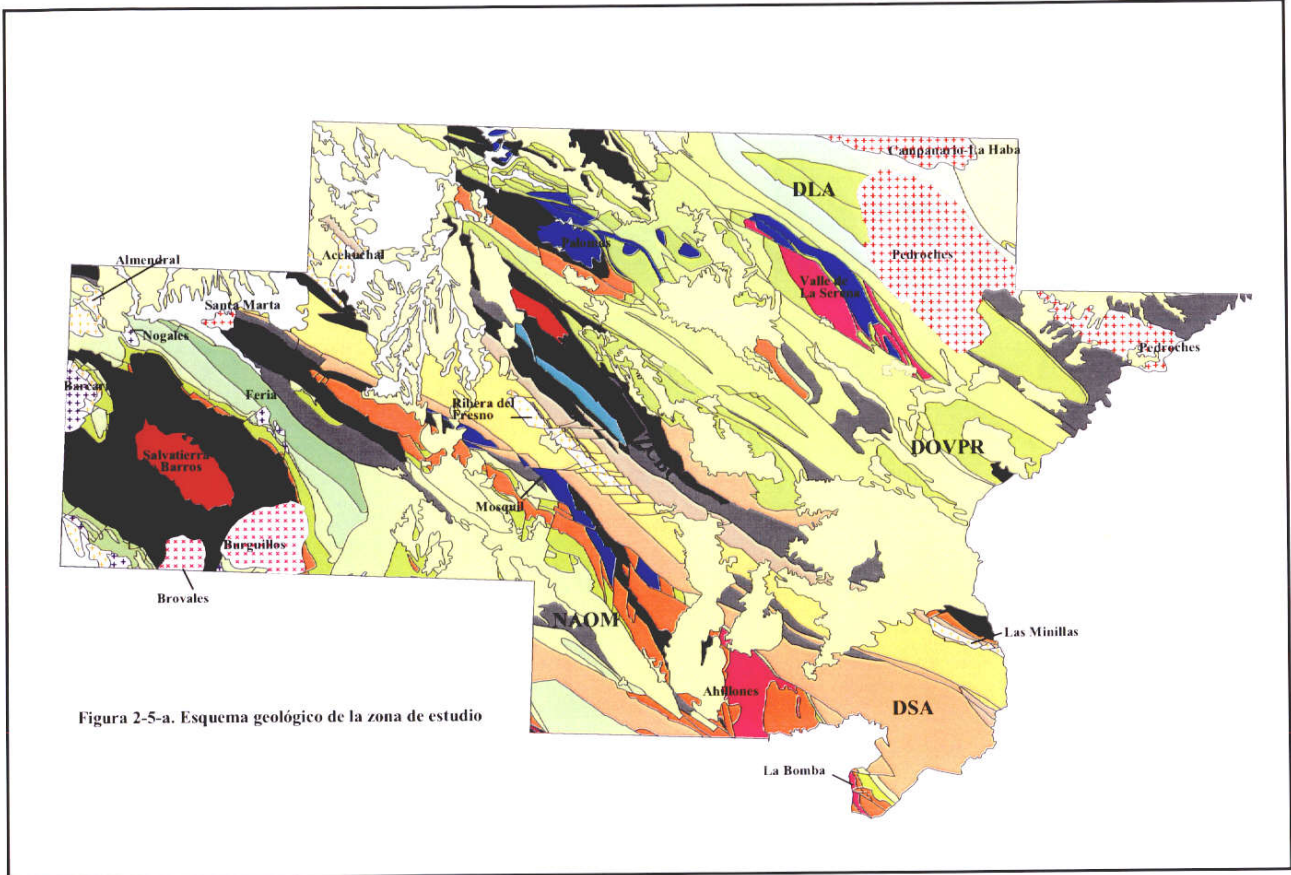
##### *Serie Negra.*

En el DOVPR, los materiales de la Serie Negra aparecen en el interior de estructuras transcurrentes, en muchos casos casi totalmente cubiertos por los materiales terciarios de la Cuenca del Guadiana. Sobre ellos aparecen discordantes las arcosas conglomeráticas del Paleozoico Inferior. En los sectores más meridionales, relacionados con la antifirma de Monesterio, la Serie Negra está constituida por una alternancia monótona de metagrauvascas, esquistos y cuarzoesquistos, con intercalaciones de anfibolitas y metavolcanitas, y pasadas de cuarcitas negras y pequeños lentejones calizos (Sucesión de Montemolín) que, a techo, pasa a una alternancia de grauvascas y pizarras con abundantes pasadas volcanosedimentarias e intercalaciones de cuarcitas negras y calizas, la Sucesión de Tentudía (Eguiluz, 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. En la ZCBC estos materiales afloran en los sectores septentrionales configurando una banda constituida por metagrauvascas y esquistos con intercalaciones de anfibolitas y cuarcitas negras de caracteres muy similares a los que presenta en los sectores meridionales.

##### *Formación de la Atalaya*

Se trata de un conjunto litológico respecto a cuya edad y significado geodinámico no existe consenso general, siendo interpretada como una secuencia precámbrica (Quesada et al., 1987) o como sedimentos Paleozoicos en otros casos (IGME, 1985; Azor, 1994; Martínez-Poyatos, 1997).

Aflora dentro de la ZCBC, donde se han interpretado como un para-autóctono relativo. Se han correlacionado con otros materiales aflorantes en la provincia de Córdoba como la Fm. Albariza, los micasquistos del Hoyo, etc. Está constituida por una secuencia de micasquistos moscovíticos con finas intercalaciones de cuarcitas blancas y pasadas de Neises de afinidad alcalina y peralcalina. Están atravesados por diversos cuerpos de ortoNeises de tendencia alcalina datados en Ca 475 Ma (García-Casquero et al, 1985; Ordoñez, 1998).



## LEYENDA

	Cuatemano indiferenciado
	Terciano indiferenciado
	Flysch "culm" de los Pedroches y depósitos fluvio deltaicos (facies proximales).
	Calizas cámbricas
	Alternancia de pizarras y cuarcitas. Cuarcitas ferruginosas a techo
	Pizarras y cuarcitas
	Alternancia de pizarras y cuarcitas. Conglomerados a muro y cuarcita armoricana a techo
	Pizarras, areniscas, carbonatos. (Serie Detrítica Inferior)
	Vulcanitas básicas, ácidas e intermedias. Complejo volcano-sedimentario
	Alternancia de pizarras y areniscas. (Serie Detrítica Superior)
	Calizas y pizarras. (Fm Carbonatada)
	Vulcanitas ácidas. (Fm. Bodonal)
	Pizarras con intercalaciones grauvacuas. (Fm. Azuaga)
	Flysch de pizarras y grauvacas. Vulcanitas ácidas y básicas. (Alogrupo Domo Extremeño)
	Complejo volcano-sedimentario. (Fm. Malcoconado)
	Peritas, areniscas feldespáticas. (Fm. Albarza, Atalaya, El Hoyo, etc.) y cuarcitas feldespáticas. (Fm. Albarrana)
	Pizarras, cuarzovacas, grauvacas, Liditas, Vulcanitas básicas y anfibolitas, Vulcanitas ácidas y básicas, anfibolitas. (Serie Negra)
	Neises de Azuaga y Anfibolitas de las Mesas.
	Granitoides Posttectónicos
	Ácidas e intermedias. Granitos, granodioritas, tonalitas. Sin-Tardionemáticas
	Granitos y sienitas. Relacionadas con rifting.
	Básicas relacionadas con rifting. Cambro-Ordovícicas
	Ácidas Anatómicas y granitos Postcolisionales.
	Granitoides (ácidos e intermedios). Tipo arco.
	Básicas y ultrabásicas. Tipo arco.
	Serpentinitas

Figura 2-5-b. Leyenda del esquema geológico de la zona de estudio

### **2.5.1.2.- Secuencia sin-orogénica**

#### **2.5.1.2.1.- Vulcanismo Finicadomiense: Vendiense-Cámbrico Inferior**

Una de los rasgos más peculiares de la ZOM es la existencia generalizada de un importante episodio volcánico entre el Precámbrico y las series fosilíferas del Cámbrico Inferior. Este episodio está representado por dos conjuntos bien diferenciados conocidos como *Fm. Malcocinado* (Fricke, 1941) en los sectores septentrionales al cabalgamiento de Monesterio y *Fm. Bodonal* en el dominio SAOM.

##### ***Fm. Malcocinado***

Aflora en los dominios NAOM, DSA y DOVPR. Se dispone discordante sobre materiales de la *Serie Negra* y cuerpos ígneos intrusivos cadomienses. Se ha considerado de edad Vendiense, aunque existen datos locales de dataciones absolutas que lo sitúan en el Cámbrico Inferior, con una edad de 520 Ma (Ordoñez, 1998).

En el Sector septentrional de la Antiforma de Monesterio, entre Llerena y Malcocinado, la *Fm. Malcocinado* está representada por un tramo inferior volcano-sedimentario de composición andesítica y un tramo superior conglomerático.

En el DOVPR ocupa una amplia extensión entre Palomas y Puebla de la Reina. En este sector es una serie volcánica bimodal compuesta por rocas básicas y rocas ácidas (andesitas, dacitas y riolitas), junto con mármoles de grano medio, brechas marmóreas, y numerosas rocas volcanoclásticas de grano medio a grueso (tobas, brechas, cineritas), que llevan asociadas masas de sulfuros polimetálicos.

Desde el punto de vista geodinámico representa un magmatismo calcoalcalino tipo arco continental

##### ***Fm. Bodonal***

Aflora en el sector meridional de la Antiforma de Monesterio, entre Cala y el N de Jerez de los Caballeros. Está 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.

#### **2.5.1.2.2.- Flysch: Alogrupo Domo Extremeño (ADL)**

Esta formación corresponde con las unidades inferiores del denominado Complejo Esquisto Grauváquico (Teixeira, 1954) y Alcudiense (Bouix, 1970).

Consiste en una monótona sucesión de carácter turbidítico de grauvacas y pizarras con paquetes conglomeráticos intercalados, aflorante en el dominio más septentrional, DLA. Son interpretados como sedimentos sinorogénicos de relleno de una cuenca tras arco. A partir de datos de acritarcos se han propuesto edades desde el Neoproterozoico a Cámbrico Inferior (Palacios, 1989; Palacios y Vidal, 1992; Vidal et al., 1994).

#### **2.5.1.2.3.- Formación de Azuaga**

Al igual que la *Fm. Atalaya*, se trata de un conjunto litológico respecto a cuya edad y significado geodinámico no existe consenso general, siendo interpretada como una secuencia precámbrica (Quesada et al., 1987) o como sedimentos Paleozoicos en otros casos (IGME, 1985; Azor, 1994; Martínez-Poyatos, 1997).

Dentro de la provincia de Badajoz aflora solo en sendas bandas estrechas, al Sur de la Falla de Azuaga y entre Fuente del Arco y Bienvenida, y en un pequeño sector en la terminación oriental de la Sierra de Hornachos.

Está constituida por una monótona sucesión de pizarras aluminicas con delgadas intercalaciones de cuarcitas en la parte baja y abundantes laminaciones arenosas en toda la secuencia. Además presentan pasadas ocasionales de rocas calcáreas y de volcanitas. Muestran un metamorfismo de grado bajo a medio y una esquistosidad penetrativa.

#### **2.5.1.2.4.- Formación 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 a la Fm. Bodonal en el Cámbrico Inferior. Su significado es análogo a la Fm. Malcocinado.

Esta formación volcánica es interpretada como un arco volcánico continental de tipo andino con subducción hacia el sur, en coordenadas actuales (Eguíluz, 1988; Sánchez-Carretero et al., 1989, 1990; Pin et al., 2002).

#### **2.5.1.2.- Paleozoico**

##### **2.5.1.2.1.- Secuencias ligadas a la fase de rift**

###### **2.5.1.2.1.1.- Cámbrico inferior**

###### ***Formación Carbonatada***

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

###### ***Serie Detrítica Superior***

Se dispone concordantemente a techo de la Fm Carbonatada. Esta constituida por alternancia de pizarras y areniscas que se hacen dominantes hacia techo donde pueden encontrarse tramos cuarcíticos de cierta importancia (Cuarcita del Castellar).

En el DOVPR (área de Alange) esta unidad está representada por una serie de pizarras y limolitas de color rojo muy laminadas y con estratificaciones cruzadas de bajo ángulo y otras estructuras sedimentarias que culmina con una serie areniscosa de grano fino de color rojizo consideradas como un Tremadoc atípico (Capas Rojas de Alange), si bien, podría tratarse de un Cámbrico Inferior atípico (Liñán y Quesada, 1990). La serie presenta un importante registro fósil (Acrítarcos 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).

###### ***Complejo volcano-sedimentario***

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. Dado que el registro fósil es casi inexistente y que no han podido establecerse sus relaciones con la formación carbonatada infrayacente de forma

rigurosa, se han diferenciado de los materiales equivalentes del flanco N, aunque por su estrecha relación con el vulcanismo de rift se engloban con ellos en un conjunto volcánico-sedimentario de edad Cámbrico Inferior - Medio. Los Esquistos de Jerez (IGME, 1981) están constituidos por una secuencia de pizarras y grauvacas con intercalaciones arcóscicas y de rocas volcánicas, tanto ácidas como básicas, en general con un marcado carácter alcalino. 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.

Por encima de la Fm Detrítica Superior y a techo de los Esquistos de Jerez, se encuentra un tramo pelítico en el que se intercalan importantes pasadas de volcanitas básicas y alcalinas (23) que constituyen un episodio generalizado en todos los sectores de la ZOM, interpretado como un vulcanismo bimodal (ácido-básico) de carácter alcalino a hiperalcalino, que representa los productos asociados al rifting precursor de la apertura de las cuencas del Paleozoico Superior.

#### **2.5.1.2.2.- Secuencia de margen pasivo: Ordovícico-Devónico inferior**

Como resultado del rift precedente se produce un importante cambio paleogeográfico, al quedar yuxtapuestas, posiblemente a consecuencia de una rotación, la ZOM con su arco y la ZCI. Como resultado principal se generan dos cuencas muy diferentes, la primera, con un acusado influjo continental (ZCI y DOVPR), y otra de carácter marino abierto (ZOM), separadas por la zona emergida del arco. Esto mismo justificaría las diferencias bioestratigráficas que indican una afinidad armoricana para las faunas de la ZCI, mientras que las de la ZOM son de tipo Bohémico (Robardet, 1976; Gutiérrez-Marco, 1982; Ballevre et al. 1992).

##### **2.5.1.2.2.1.- Zona Centro Ibérica y Dominio Obejo-Valsequillo**

En estos dominios la secuencia del Ordovícico es a grandes rasgos similar y se caracteriza por la existencia de una sucesión clástica grosera discordante sobre los materiales preordovícicos.

##### ***Ordovícico Inferior.***

Está presente en toda la región septentrional donde origina buena parte de los relieves más característicos. Está constituido por un tramo arcóscico y conglomerático con facies fluviales y variaciones de potencia significativa al que se le atribuye una edad Tremadoc. Por encima se dispone un importante tramo cuarcítico (Cuarcita Armoricana), en general constituido por dos tramos cuarcíticos separados por pizarras y cuarcitas tableadas, bien representado a escala regional y cuya edad corresponde al Arenig.

##### ***Ordovícico Medio-Superior***

Se trata de una serie pizarrosa (pizarras de Calymene) que puede presentar intercalaciones cuarcíticas poco importantes, tramos de cuarcitas tableadas y paquetes discontinuos de calizas (caliza de la Urbana: Tamain, 1972). Muestran un importante registro fósil del Ordovícico Medio y Superior.

##### ***Devónico Inferior-Medio .***

En la ZCI (DLA) aflora, dentro de la zona, en ambos flancos del denominado Sinforme de La Codosera - Puebla de Obando, con una potencia reducida de 300 m. Esta representado por una serie siliciclástica constituida por pizarras y areniscas ferruginosas con intercalaciones de ortocuarzitas y pequeñas lentejones carbonatados y volcánicos.

En el Dominio Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina, está constituido por un tramo inferior de pizarras con pasadas de cuarcitas ferruginosas al que sigue un tramo de pizarras sericíticas muy características. Contienen fauna de edad Devónico Inferior-Medio.

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

##### **2.5.1.2.3.1.- Carbonífero Inferior (37).**

Está representado por las cuencas "carboníferas" de Los Pedroches, Guadiato, Matachel, Benajafé, Berlanga, Los Santos de Maimona, Bienvenida y Casas de Reina (Quesada, 1983).

La cuenca de los Pedroches, la más septentrional, se sitúa en el borde oriental del mapa alcanzando su máxima extensión hacia el Este en las provincias de Córdoba y Jaén. Está constituida por una secuencia turbidítica en facies Culm (Flysch "culm" de los Pedroches) discordante sobre los materiales más antiguos, muchos de los cuales están presentes en cantos de los niveles conglomeráticos de la secuencia turbidítica. La potencia del flysch llega a alcanzar varios centenares de m y su edad se extiende desde el Tournaisiense al Namuriense (Garrote y Broutin, 1979; Gabaldon et al., 1983).

Se trata de una cuenca estrecha alargada ligeramente oblicua a las direcciones estructurales. Sus bordes meridionales se encuentran parcialmente conservados en distintas cuencas citadas anteriormente (Los Santos de Maimona, Berlanga, Matachel), donde aparecen facies marginales (fluviales, deltaicas etc) con abundantes episodios volcánicos asociados (Garrote et al., 1983).

Las Cuencas más meridionales (la mayor parte de la columna de Los Santos Maimona, Bienvenida, Casas de Reina, Berlanga) apenas presentan influencia marina y corresponden a cuencas intramontañosas sinorogénicas de dimensiones limitadas asociadas a estructuras de tipo pull-apart. Por lo general, son cuencas estrechas y alargadas, frecuentemente limitadas por fallas, rellenas por materiales continentales, con frecuentes sistemas de abanicos aluviales, importantes metalogénicamente por el desarrollo de depósitos de capas de carbón, que hacia el E en la provincia de Córdoba y Sevilla han dado lugar a importantes yacimientos

#### **2.5.1.3.- Terciario**

Se han incluido en este término los materiales que rellenan las cuencas fluviales neógenas, principalmente la Cuenca del Guadiana, y las rañas asociadas a los relieves que circundan las cuencas antedichas.

Se trata de materiales continentales depositados principalmente por sistemas de abanicos aluviales. Son areniscas de rellenos de canal y argilitas y limolitas de llanura de inundación junto a otras facies minoritarias. Localmente existen facies lacustres de carácter carbonatado en la parte alta de la serie.

#### **2.5.1.4.- Cuaternario**

Se han incluido exclusivamente los depósitos aluviales actuales o subactuales asociados a los cauces de los principales ríos

### **2.5.2.- ROCAS ÍGNEAS**

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 precámbricas**

##### ***Serpentinitas***

Las únicas masas de tamaño cartográfico afloran en los alrededores de Calzadilla de los Barros (macizos de Cabeza Gorda y Cabrera) y presentan un importante interés metalogenético como portadoras de mineralizaciones de cromita. Se trata de restos de rocas ultramáficas totalmente serpentinizadas de los que no existen datos geocronológicos absolutos y que han sido objeto de interpretaciones contradictorias, siendo consideradas en unos casos como rocas precadomienses (IGME, 2002) y en otros relacionadas con el magmatismo de arco.



### ***Rocas del Arco Cadomiense***

Se han distinguido dos grupos mayores en función de su composición ácida o básica. Las **rocas básicas** incluyen dioritoides, gabros y rocas ultramáficas asociadas. Afloran en el DOVPR, constituyendo una alineación de más de 200 km que representa la parte externa del arco cadomiense (Bandrés y Eguíluz, 1999b). Se presentan dentro de los macizos de **Palomas, Valle de la Serena** y en pequeñas masas que aparecen en la misma alineación, cubiertas por materiales paleozoicos o neógenos. Más al sur, afloran en el sector NAOM, constituidas por intrusiones de menores proporciones representados principalmente por los macizos de **Mosquil y Ahillones**.

Las **rocas ácidas** corresponden a tonalitas, granodioritas y granitos estrechamente asociadas a las básicas y afloran dentro de los mismos macizos, fundamentalmente en el del **Valle de la Serena**.

Están variablemente deformadas, pero la mayoría están afectadas por la tectónica transcurrente generalizada en toda la región.

Existen numerosas determinaciones radiométricas que arrojan edades comprendidas entre 575 y 550 Ma (Ordóñez, 1998; Eguíluz et al. 2000). Esto queda confirmado por el hecho de que se encuentran cubiertas en discordancia por los materiales del Paleozoico, y por la presencia de cantos procedentes de muchas de ellas en las intercalaciones conglomeráticas de las formaciones Malcocinado, Torreárboles y del Arenig.

### **Granitoides Postcolisionales**

Corresponden a los núcleos migmáticos de Monesterio y a los granitoides de los macizos de Pallares, **Salvatierra de los Barros** y Táliga, elementos de los cuales únicamente el granito de Salvatierra aflora en la zona de estudio.

Los núcleos de Monesterio son domos constituidos por migmatitas, con numerosos cuerpos de granodioritas y granitos originados durante el proceso extensional que originó el colapso del orógeno Cadomiense. Representan las zonas más profundas de la Serie Negra y se encuentran relacionados con un metamorfismo regional de bajas presiones (Eguíluz, 1988; Eguíluz y Ábalos, 1992). Presentan edades entorno a 530 Ma (Oschner, 1993; Ordóñez, 1998).

En cuanto a los granitoides, se trata de cuerpos heterogéneos (granitos y granodioritas). 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 al rift Cambro-Ordovícico**

Se incluye en este grupo 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 de **rifting**.

Son macizos de dimensiones variables, reducidas por lo general, que se concentran en el entorno de la antifirma 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 las más destacables son los **gabros** de Jerez, Fregenal y Nogales y, dentro de la zona, 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 y finalmente los **ortoNeises** citados de la ZCBC. 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.

### **2.5.2.3.- Rocas ígneas variscas**

Es un grupo heterogéneo, aunque predominan los granitoides. 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

Los primeros corresponden a cuerpos complejos con zonaciones inversas y en los que se pueden encontrar de 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, **Brovales**, 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 (Brovales), otros cortan con total claridad a dichos accidentes (Valencia del Ventoso).

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 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 Centro Ibérica**

##### **2.5.3.1.1.- Deformación pre-varisca**

La ZCI muestra una estructura cuya característica más significativa es la existencia de relieves originados por sinclinales estrechos y largos de Paleozoico Medio-Superior, discordantes sobre amplios afloramientos de materiales Neoproterozoico - Cámbrico Inferior cuyas directrices cartográficas son oblicuas a la de los materiales paleozoicos suprayacentes. Esto implica la existencia de una fase de deformación preordovícica y, por tanto fini-cadomiense, responsable de la estructuración de estos materiales. Esta fase es de directrices más norteadas que las posteriores y da lugar a una deformación progresiva, más acusada en los materiales más antiguos.

Reflejo de esta deformación son las discordancias puestas de manifiesto dentro de los diferentes grupos definidos entre el Neoproterozoico y el Cámbrico Inferior (Robles y Álvarez-Nava, 1988; Diez Balda, et al., 1990; Santamaría, 1995) y la discordancia de las secuencias del Ordovícico Inferior sobre todos los materiales infrayacentes.

#### **2.5.3.1.2.- Deformación varisca**

Dentro de la ZCI, Diez Balda et al., (op. cit.) distinguen dos dominios en función de la vergencia de los pliegues de primera fase Varisca: un dominio septentrional de pliegues vergentes al NE y un dominio meridional de pliegues de plano axial vertical. La superficie de la ZCI comprendida en la provincia de Badajoz ocupa el límite meridional del dominio de pliegues verticales.

La fase compresiva siguiente causante de la deformación varisca está caracterizada por 3 etapas principales y una cuarta de fracturación tardía.

La **1ª fase** es la responsable de las grandes estructuras cartográficas cuyo principal testimonio, en la provincia de Badajoz, es el sinforme de La Codosera-Puebla de Obando. Da lugar a pliegues NO-SE de ejes ligeramente buzantes y llevan asociado una esquistosidad paralela de plano axial subvertical.

La **2ª fase** se manifiesta por una serie de bandas de cizalla muy localizadas de dirección N40°-60°E sinistras, que llevan asociadas pliegues, que pueden llegar a ser de escala hectométrica y una esquistosidad de crenulación S2 (IGME, in litt.).

La **3ª fase** da lugar a un sistema conjugado de cizallas dúctil-frágil, NO-SE sinistras y NO-SE dexas, que llevan asociados pliegues de orden centimétrico y una esquistosidad S2 de crenulación norteada.

La **4ª fase**, de fracturación, está definida por un conjunto de corredores de fallas NNO-SSE a NO-SE dexas y sus conjugadas NNE-SSO NE-SO sinistras que presentan un importante significado metalogénico en el transporte y precipitación de fluidos mineralizadores, como se verá en la descripción de las mineralizaciones de Sb y Au del Sinforme de La Codosera

#### **2.5.3.2.- Zona de Ossa Morena**

##### **2.5.3.2.1.- Deformación pre-varisca**

La existencia de una deformación prevarisca 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 sinquistosos afectados por el metamorfismo de contacto de plutones dioríticos tipo Palomas datados en el entorno de 575 Ma (Bandrés, 2000; Bandrés et al., 2002).

Las estructuras generadas en las unidades precámbricas, en las zonas donde han podido ser identificadas, son el resultado de dos fases principales de deformación, sinquistosas y sinmetamórficas. La primera es difícil de reconocer y se manifiesta principalmente por la presencia de una esquistosidad relictiva 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).

#### 2.5.3.2.2.- Deformación varisca

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 en 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-Acebuché, 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 más 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 más meridionales, basada en la vergencia N de las estructuras. Esta situación se presenta gradualmente ya en las áreas más septentrionales de la ZCBC.

#### 2.5.3.2.2.- Deformación alpina

La deformación Alpina está definida por un régimen de deformación frágil cusante 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 tardivariscos (Arthaud y Matte, 1975) y que, en este sentido, Gumiel et al., (2002) consideran de gran importancia metalogenética.

#### 2.5.5.- 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 anatécicos (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 Valuengo y el Domo de Villarreal.. 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.

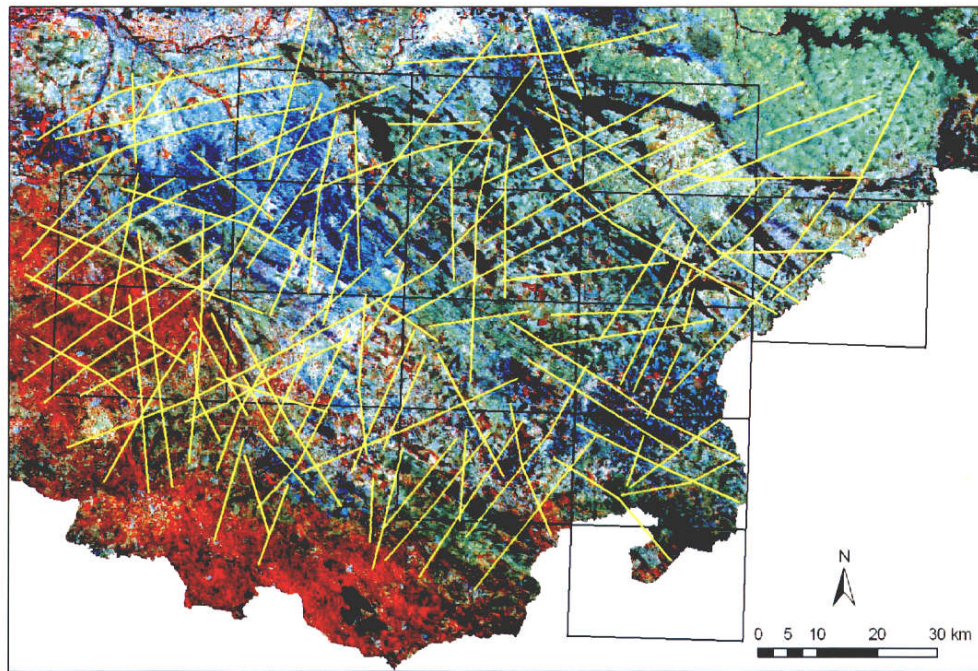


Figura 2-6. Mapa de los principales lineamientos y estructuras discontinuas deducidas de la imagen de satélite LANDSAT TM (combinación de bandas 1, 4, 7)

## 2.6.- MARCO METALOGENÉTICO

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 Metalogenético 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 2-7) un esquema metalogenético regional, con expresión de los principales dominios metálicos o distritos mineros en relación con los principales dominios geológicos.

En la figura 2-8 se muestra, ya dentro de la zona de trabajo, la ubicación de los indicios mineros conocidos y recopilados del Mapa Metalogenético a escala 1/200.000 de Badajoz (IGME-Junta de Extremadura, 2005)

Las mineralizaciones existentes en la zona pueden clasificarse, en relación con su tipología y la evolución geológica, de la forma siguiente.

### 2.6.1.- MINERALIZACIONES EN LA ZONA CENTRO-IBÉRICA

#### 2.6.1.1.- Mineralizaciones de Pb-Zn (Ag)

De los diversos tipos de mineralizaciones de Pb-Zn existentes en el Dominio Centro Ibérico de Badajoz (mineralizaciones estratoides en el Proterozoico, mineralizaciones filonianas en diversos tipos de materiales) únicamente estas últimas aparecen en la zona de estudio. Son mineralizaciones pertenecientes al corredor de filones de Pb-Zn-Ag de Castuera-Garlitos que, en su extremo occidental (distrito de Castuera), se presentan en la esquina NE de la zona de estudio.

##### 2.6.1.1.1.- **Mineralizaciones relacionadas con procesos hidrotermales tardi y post variscos. Mineralizaciones filonianas de Pb-Zn-Ag.**

Los filones con plomo-cinc son muy abundantes en la zona nororiental de la provincia, donde se encuentran encajados fundamentalmente en varios grupos mineros que se alinean según una dirección ENE - OSO al Este de Castuera y generalmente encajados en pizarras precámbricas, y en menor grado, materiales paleozoicos y rocas graníticas. Son yacimientos con morfología filoniana y direcciones variables, aunque predominan las NE-SO y E-O, y gran desarrollo longitudinal.

La paragénesis es la típica de las mineralizaciones de este tipo, con galena como mineral metálico principal, escalerita, y en menor cantidad calcopirita, pirita, marcasita, arsenopirita, tetraedrita, gersdorfita pirrotina, y bismuto nativo. Aunque en la mayoría de los casos el principal mineral es la galena, que ha sido el principal objetivo de las explotaciones, en algunos indicios predomina más algún otro sulfuro. La ganga principal es cuarzo con carbonatos (ankerita, siderita y calcita) algo más accesorios y ocasionalmente, barita (60-122). Los minerales hidrotermales suelen formar rellenos masivos aunque son frecuentes las texturas brechoides y más escasas las bandeadas. Hay una intensa alteración supergénica y

los minerales supergénicos que se han reconocido son cerusita dominante, anglesita, calcosina, covellita, malaquita y goethita. La alteración hipogénica en las pizarras encajantes es poca y se reduce a una silificación y cloritización de la salbanda.

El campo filoniano de Castuera es, junto con la zona de Azuaga, el distrito minero de Pb-Zn-Ag más importante de la provincia, con alrededor de 50 indicios inventariados. Castuera fue un importante centro minero en la época romana, del que todavía se conservan numerosos restos, tales como las rafas que siguen el trazado de los filones más importantes. Durante el último tercio del siglo XIX, coincidiendo con la llegada del ferrocarril, estas minas reanudaron su explotación. En una primera época se beneficiaban las numerosas escombreras romanas que por aquella época todavía se conservaban, para aprovechar la cerusita que contenían. Posteriormente se beneficiaron los filones mediante labores subterráneas, llegándose a instalar una fundición de plomo que estuvo activa entre los años 1864 y 1886. Las minas cerraron definitivamente sus actividades extractivas alrededor del año 1910, aunque hubo algún intento posterior de abrir nuevamente alguna explotación. La producción de mineral del Complejo de Minaflores entre los años 1863 a 1892 fue de 15 000 t de mineral. Entre los años 1950 y 1980 la actividad minera se centró en el relavado de las antiguas escombreras (Boixereu y Asensio, 2004). Una descripción más detallada de la metalogenia y geología del sector de Castuera se encuentra en Prost Dame (1980) y Palero et al. (1985).

El indicio más importante de este grupo ha sido la mina Miraflores (60-129) situada a 5 km al norte de esta localidad. En general, los filones encajan en pizarra y grauvaca del Vendense y no parecen mostrar una relación directa con rocas ígneas, a pesar de que este campo filoniano se encuentra relativamente cerca del macizo granodiorítico de Los Pedroches (granodiorita de Quintana). Sólo ocasionalmente los filones atraviesan diques de composición granítica, como es el caso de La Alondra (60-132), Minaflores (60-129), Valdecantos E (60-136) y Mentor (60-145). Los filones son generalmente subverticales, y parecen estar asociados a tres familias de fallas principales:

- Filones N70 a N100°E, con un buzamiento que oscila entre 70 ° al N a verticales. Es el grupo más numeroso y se interpreta como estructuras tensionales generadas durante la tercera fase varisca. Engloban a los principales filones mineralizados, tales como Minaflores-La Campana, (60-129), Mina Carmen (60-125), El Rayo (60-134), La Alondra(60-132), Rebalde Julia(60-124), El Palo (60-120), El Búho (60-123), La Somoza (60-128), Prodigio (60-129), Gamonita (60-131) y Valdecantos (60-136).
- Filones N150-170°E, generalmente subparalelos a la foliación, que se encuentran presentes en toda la zona, si bien tan solo están mineralizados hacia el este de la misma.
- Filones N35E a N45°E, que forman una familia que tan sólo aparece en el sector del Lomo del Perro.
- Filones N-S, que aunque están presentes en todo el distrito, se encuentran preferentemente hacia el E, en la zona de Cabeza del Buey.

La mina Miraflores -La Campana es la mina más significativa de este grupo. Está situada a unos 4 km al N de Castuera y su actividad se remonta a la época de la dominación romana, cuando fue también una importante mina. Además de explotaciones superficiales, los romanos desarrollaron en esta mina labores subterráneas de gran importancia que fueron puestas de manifiesto durante la etapa principal de explotación en el último tercio del S XIX. La mina cerró definitivamente en el año 1898. Durante los años 1950 a 1979 las escombreras fueron relavadas. Actualmente las labores subterráneas son inaccesibles. Se conservan algunos edificios mineros, aunque en estado ruinoso, y el volumen de las escombreras es muy escaso. La mina explotaba tres filones, alcanzando las labores subterráneas los 390 m de profundidad. El Filón Guijarro, de dirección N080 a N086°E, y buzamiento de unos 70° al N en superficie tiene una corrida de casi 1000 m. El Filón El Búho-Filón C, de dirección N090 a N100°E y con buzamiento de 70°N. se verticaliza en las cotas inferiores de la mina. Su corrida, en la superficie es de unos 780 m.

Finalmente, el Filón la Campana, que se explotó mediante un pozo independiente, tiene una dirección de N80° a N85°E y un buzamiento de 70° N. Se sitúa unos 200 m al sur de los anteriores y su corrida es de



unos 700 m. El mineral principal es la galena, que se encuentra en masas de considerable tamaño formando la mayor parte del cemento de una brecha hidrotermal. La calcopirita es muy frecuente y se presenta en agregados anhedrales que muy localmente se encuentran reemplazados por bornita. Sólo hay restos de pirrotina, frecuentemente remplazada por piritita y/o marcasita que son relativamente abundantes. La esfalerita es relativamente escasa, presentándose en cristales transparentes. Los minerales de la ganga son predominantemente cuarzo y ankerita, que se presenta en fracturas tardías en cristales idiomorfos. La calcita es muy escasa mientras que la clorita se encuentra en los hastiales de los filones. Como minerales de alteración supergénica se observa cerusita y anglesita, desarrolladas sobre la galena. Hay covellita, malaquita y azurita sobre los sulfuros de cobre.

### **2.6.1.2.- Mineralizaciones de W y Sn-Li**

#### **2.6.1.2.1.- Mineralizaciones filonianas ligadas al plutonismo varisco. Filones de wolframita scheelita**

Dentro de la Hoja 1/200000 núm.60 los indicios de este tipo se encuentran en el exterior de la zona, aunque muy próximos a ella, distribuidos en los bordes N y E del macizo granítico de Campanario-La Haba. Aquí se explotaron intermitentemente varias minas de W desde el año 1916 hasta los años 50. La mina más importante fue Mina Rosita, siendo otras minas la de Pico Lirio y una serie de pequeños trabajos superficiales de rapiña. Casi todos los indicios se encuentran situados en el interior o en la aureola de metamorfismo de contacto que producen las intrusiones graníticas. Son filones con salbandas de greisen, a veces rico en turmalina, más desarrolladas en las rocas graníticas y formados por cuarzo con cantidades muy variables de wolframita y algunos sulfuros entre los que destacan la arsenopirita, piritita y calcopirita. Localmente hay algo de casiterita y scheelita tardía. Son filones individualizados o haces filonianos de dirección NO-SE. La longitud es desigual y su potencia oscila entre los 10 a los 30 cm (Ramírez, 1952). En el indicio de Pico Lirio la molibdenita es relativamente abundante.

### **2.6.1.3.- Mineralizaciones de Cu**

La mayoría de las mineralizaciones de cobre se encuentran asociadas al grupo anterior, encontrándose como filones donde domina el cobre sobre el cinc o plomo.

#### **2.6.1.3.1.- Filones intraplutónicos de Cu-(Bi) en la granodiorita de Los Pedroches**

Sólo hay un indicio de este tipo en la zona. Se trata de Mina Amparo situada al este de Malpartida de la Serena y que consta de cuatro pozos alineados N-S. Las labores debieron iniciarse en el s.XIX y se trabajaron de forma intermitente hasta los años 40 o 50. El indicio encaja en la granodiorita de Quintana, dentro del Batolito de los Pedroches y se encuentra situada en la prolongación sur del indicio de Mo-(W) de Las Cabezas. El filón tiene una dirección N5°E y ha sido reconocido en una longitud de 500 m. La paragénesis es de calcopirita, bismutinina, molibdenita, bornita y arsenopirita con siderita, cuarzo y calcedonia. Como minerales de alteración supergénica se encuentra covellita, azurita y malaquita.

### **2.6.1.4.- Mineralizaciones de Molibdeno**

#### **2.6.1.4.1.- Filones intraplutónicos en la granodiorita de Quintana**

Se ha catalogado un único indicio de molibdeno, el indicio de Las Cabezas. La explotación estuvo activa durante un corto periodo de tiempo en la postguerra. Las labores se reducen a una trinchera y un socavón actualmente inaccesibles. La mineralización encaja en un afloramiento de unos 4 km<sup>2</sup> de granito de dos micas que forma un resalte positivo en el paisaje y que corta a la granodiorita de Quintana. Se trata de un filón pegmatítico de dirección N10°E, con unos 0,5 m de potencia media y unos 100 m de corrida. La pegmatita está formada por feldespatos, cuarzo, rosetas de moscovita y turmalina. La molibdenita se encuentra dispersa en el hastial granodiorítico, acompañada de wolframita más accesoria. El centro del filón es de cuarzo estéril.

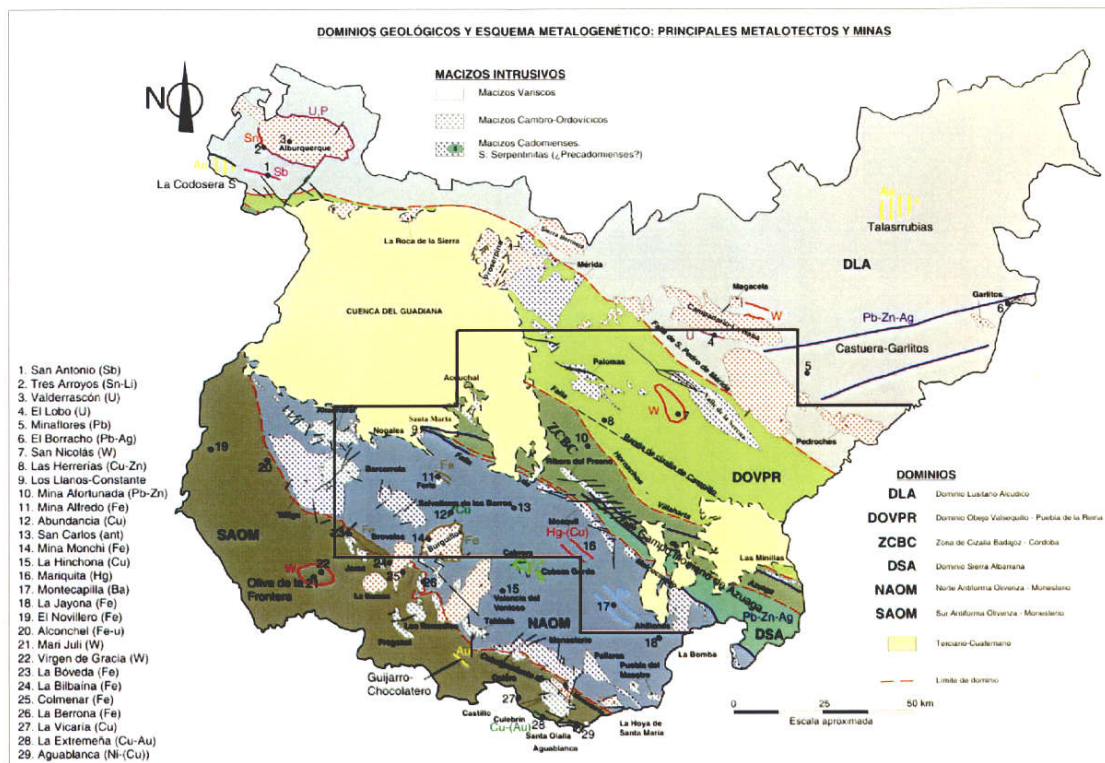


Figura 2-7. Esquema de dominios metálicos y principales metalotectos de la provincia de Badajoz.  
Fuente: Mapa Metalogénico a escala 1/200.000 de Badajoz (IGME-Junta Extremadura, 2 005)

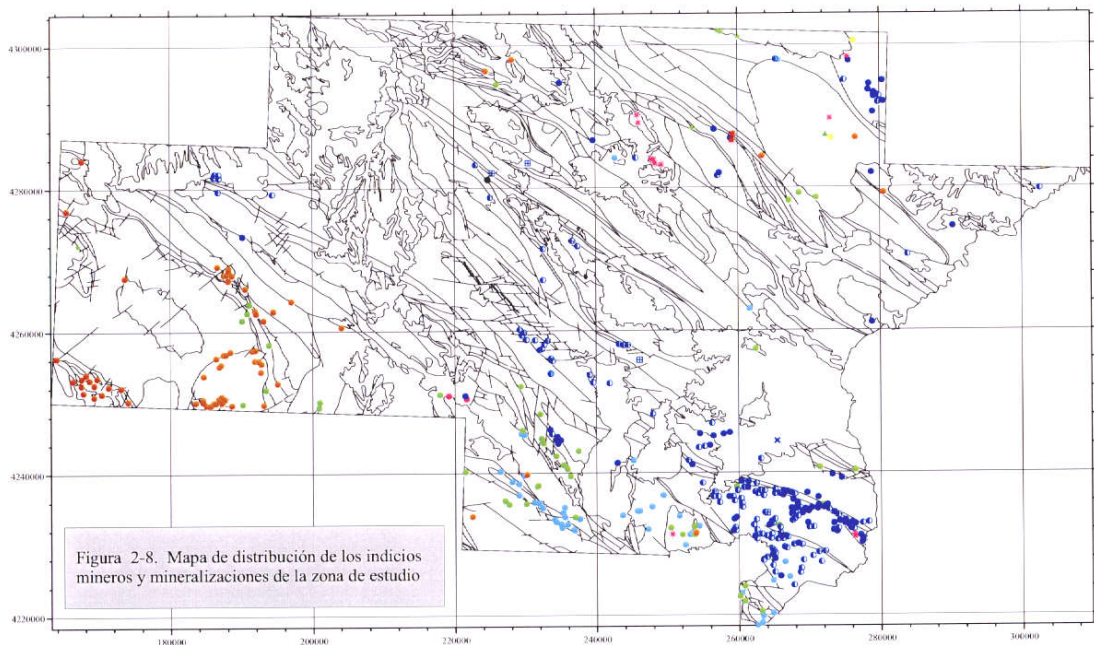


Figura 2-8. Mapa de distribución de los indicios mineros y mineralizaciones de la zona de estudio

Indicios Mineros			
1. As	●	8. Pb	●
2. Ba	●	9. V Pb	×
3. Cu	●	10. Pb Zn	⊙
4. Bi Cu	▲	11. Sb	●
5. Fe	●	12. Sn	★
6. Hg	●	13. U	★
7. Ni Cu	+	14. W	★
		15. Zn	⊞

A aproximadamente 1 km al SSE del indicio, se cita la existencia de un pequeño filón de características análogas. Se trata de un filón de dirección N20°E, vertical y de unos 5 cm de potencia. Su composición mineralógica es de cuarzo con algunos cristales aislados de tamaño mili a centimétrico de feldespatos, berilo, moscovita y molibdenita.

## 2.6.2.- MINERALIZACIONES EN LA ZONA DE OSSA MORENA

### 2.6.2.1.- Mineralizaciones de hierro

#### 2.6.2.1.1- 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 Malcocinado o 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. El grupo de indicios situado en las cercanías de Feria, Minas Ana y Puerto Castaño, estaría ligado al vulcanismo Cámbrico.

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 caolinitización (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 superimpuesta, 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.

#### 2.6.2.1.2.- 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.

#### 2.6.2.1.3.- Otros tipos de skarns

En las calizas del Cámbrico Inferior situadas en las cercanías de las rocas ígneas subvolcánicas de la Cuenca Carbonífera de Los Santos de Maimona, hay una pequeña zanja. Está realizada sobre un lentejón decamétrico de un skarn progrado muy brechificado y cementado por actinolita, calcita, cuarzo, dolomita y clorita con una mineralización de magnetita masiva remplazada por hematites y algo de siderita y pirita.

En relación con la sienita del macizo de Valverde-Almendral hay un pequeño skarn desarrollado sobre éstas y las calizas encajantes. La mineralización consiste en hematites en venillas cementando una roca de caja muy brechificada. Las labores se reducen a pequeñas calicatas.

#### 2.6.2.1.4.- Mineralizaciones ligadas a intrusiones subvolcánicas de albitas

Asociadas a stocks circulares subvolcánicos o pequeños plugs de albita hay algunas mineralizaciones de hierro no bien estudiadas. Aparecen en la zona de Feria. Al norte del plutón alcalino de Feria está la Mina

Alfredo, en la que se ha explotado una masa tabular de magnetita. Al igual que otras mineralizaciones de este grupo se trata de un depósito de geología compleja en el que la magnetita aparece como: (a) un gran cuerpo estratoide de hasta 30 m de potencia y 170 de longitud, situado en el contacto entre la caliza del Cámbrico Inferior y la pizarra, arenisca y chert suprayacentes; (b) cuerpos elongados discontinuos a lo largo de unos 300 m que aparecen como enclaves o remplazamientos dentro del plutón de Feria y que son el la prolongación hacia el SE de esta mineralización; y, (c) cuerpos filonianos y brechas rellenando fracturas, probablemente tardías. La mineralización principal está compuesta por magnetita, hematites, siderita, calcopiritay sulfuros de hierro con carbonatos, clorita y cuarzo. En los enclaves dentro del plutón de Feria la ganga está formada por cuarzo, albita, carbonatos, clinoanfíbol, epidota y clorita, siendo la paragénesis metálica); únicamente hay que destacar la mayor proporción en sulfuros. En relación con una actividad hidrotermal posterior hay una removilización de la mineralización, que forma venillas, cementa brechas y rellena fracturas. Esta mina ha sido exhaustivamente explotada mediante una sucesión de cortas, un pozo y un socavón,

#### **2.6.2.1.5.- Indicios en otros dominios tectónicos**

Son filones que se encuentran dispersos y muchas veces presentan una conexión espacial con una protomineralización estratoide, en cuyo caso la distinción entre ambos grupos es compleja. A pesar de tener leyes relativamente elevadas, su tonelaje es pequeño y han sido explotados mediante labores de pequeña entidad, cortas, pocillos y calicatas. Hay pocos filones en rocas detríticas. Presentan direcciones muy variables y se encuentran encajados en areniscas, grauvacas, pizarras y cuarcitas del Cámbrico o en los contactos entre estas litologías. Localmente, hay importantes masas de remplazamiento o zonas de brecha. Son de pequeñas dimensiones y suelen estar compuestas por siderita y/o hematites muy alterados a goethita con cuarzo y carbonatos. Las calizas del Cámbrico Inferior son un lugar preferente de formación de filones o filones-capa irregulares, discontinuos y anastomasados, así como de masas de remplazamiento o rellenos kársticos. En el Complejo Volcanosedimentario Cámbrico hay algunas mineralizaciones de hierro con trazas de calcopirita, ligadas al relleno de fracturas con brechificación y remplazamiento de las lavas, brechas y tobas encajantes, preferentemente las de composición básica. Hay una alteración hidrotermal de intensidad variable, consistente en cloritización y silicificación. Localmente se han observado procesos de skarnificación. La mineralización se encuentra en masas de hasta 2-5 m de potencia de hematites y magnetita con algo de siderita, pirita, calcopirita, pirrotina y barita. Estos indicios pueden llegar a ser localmente importantes, con alta ley y bajo tonelaje.

#### **2.6.2.2.- Mineralizaciones de Pb-Zn**

##### **2.6.2.2.1.-Mineralizaciones estratiformes en el dominio de Sierra Albarrana**

En el centro del monótono afloramiento NO-SE de pizarra y arenisca de la Fm. Azuaga, situado al E de Valencia de las Torres hay una mineralización estratiforme de 20-50 cm de potencia y dirección 100°, de carácter masivo, formada por esfalerita y galena con cantidades accesorias de calcopirita, pirita y pirrotina en una ganga de cuarzo, moscovita, clorita y barita. No se observa alteración hidrotermal significativa. Tiene una mineralización probablemente primaria de esfalerita con cantidades más accesorias de pirita, galena, calcopirita y pirrotina. Los niveles cuarcíticos mineralizados han sido explotados en el pasado con labores subterráneas.

##### **2.6.2.2.2.- Sulfuros masivos volcanogénicos en la Formación Malcocinado**

Al Sur de Puebla de la Reina aparece un único indicio (Las Herrerías) cuya expresión superficiales un gossan de 7-8 m de potencia, con apreciables contenidos en metales (0.94% Cu, 4.27% Pb, 0.37% Zn y 80 gr/t Ag). La mineralización encaja en alternancias de andesita y dacita-riolita masivas con frecuentes niveles de debris flow y capas turbidíticas y pequeñas intercalaciones de pizarra y calizas del Complejo Volcánico Sinorogénico Cadomiense (Formación Malcocinado). Las labores se reducen a una antigua trinchera realizada sobre el importante gossan existente. La mineralización está formada por varios lentejones estratoides de sulfuros semimasivos y masivos de hasta 7 m de potencia y una corrida de 335 m, que encajan en areniscas volcanoclásticas de origen félsico. Los sulfuros masivos están formados por esfalerita, calcopirita, pirita y galena, con tetraedrita, arsenopirita, bornita y cubanita como minerales accesorios. Las rocas encajantes muestran una intensa alteración hidrotermal envolvente, que consiste en

una cloritización y una sericitización de muro, que están acompañadas de albitización y silicificación de las rocas de techo. Las leyes medias son del orden de 1.6% Cu, 1.2% Pb, 11% Zn, 32 g/t de Ag y 0.1 g/t de Au. La misma asociación metálica aparece también diseminada o en venillas en la roca de caja alterada hasta a unos 30m de los sulfuros masivos (IGME, 1984).

#### **2.6.2.2.3.-Mineralizaciones en rocas volcanosedimentarias del Carbonífero Inferior**

En el complejo volcanosedimentario de la Cuenca Carbonífera del Matachel, el IGME (1980) ha reconocido pequeños cuerpos estratoligados de potencia métrica con una mineralización semi-masiva diseminada de esfalerita, galena, calcopirita y pirita que encaja en rocas volcanoclásticas, lavas ácidas y pizarras a techo de una andesita masiva de tendencia alcalina. La única concentración significativa visible en superficie consiste en una probable removilización tectónica de estas mineralizaciones, a la que se asocia una intensa alteración hidrotermal consistente en la epidotización, silicificación y cloritización de la andesita encajante.

#### **2.6.2.2.4.- Filones en la Serie Negra y Formación Malcocinado**

Existen varios filones encajados en la Serie Negra o en las grauvacas y arcosas volcanoclásticas de la Fm. Malcocinado. Al igual que los anteriores, son filones de dirección general NE-SO (30-80°) y forman un conjunto de dirección subperpendicular a los de Cu-Ba situados algo más al SO. Los filones tienen hasta 400 m de longitud y potencia inferior al metro, con una paragénesis de galena, esfalerita, pirita, arsenopirita y calcopirita en una ganga de cuarzo, siderita, barita y calcita. La roca de caja suele estar cloritizada, silicificada y, localmente, carbonatizada. Han sido trabajados mediante pozos y trincheras a principios de siglo y de 1950 a 1953 por el alto contenido en plata (2-5 kg Ag/t concentrado).

En el Dominio de Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina y dentro de los Neises o granitoides deformados hay algunos filones irregulares y anastomados de cuarzo y carbonatos con galena, pirita y algo de calcopirita, que producen una ligera silicificación del encajante. Las labores se reducen a pocitos y trincheras, en general de poca envergadura.

#### **2.6.2.2.5.- Filones en rocas volcanosedimentarias del Carbonífero Inferior**

Dentro del Complejo Volcanosedimentario Carbonífero del Matachel hay unos pequeños indicios filonianos alineados según una dirección paralela a la estratificación (120°), pero rellenando fracturas tensionales de pequeño recorrido con dirección 20-30°; tienen hasta 200 m de longitud y 40-60 cm de potencia. Los filones se encuentran encajados en pizarra y vulcanita ácida y básica, a las que brechifican y silicifican. La mineralización, diseminada en cuarzo brechoide, carbonatos y barita, está compuesta por galena, esfalerita, pirita, calcopirita y tetraedrita.

#### **2.6.2.2.6.- Mineralizaciones filonianas en relación con la Falla de Azuaga y Zona de Cizalla Badajoz-Córdoba**

Este conjunto de indicios, muy bien definido, agrupa un gran número de filones. Se distinguen dos grandes grupos de minas. Por un lado, las situadas más al NO encajan mayoritariamente dentro de los Neises de Azuaga, en la Zona de Cizalla Badajoz-Córdoba. Los filones encajan generalmente en las rocas más frágiles de la zona, ultramilonitas, Neises glandulares, cuarcitas y anfibolitas de la Fm Neises de Azuaga y se sitúan predominantemente en la zona norte de la Falla de Azuaga. Sin embargo, hacia el SE, la mayor parte de los filones, englobados dentro del denominado campo filoniano de Azuaga, encajan en la pizarra y arenisca de las Formaciones Azuaga y Albariza. Los filones están asociados a fracturas tensionales tardi-variscas de dirección predominante N60-80° y 110-120°, y en mucha menor proporción, 0-45°. La roca de caja está afectada por diversas etapas de brechificación hidrotermal y silicificación. Hay un desarrollo local de feldespatización, sericitización y carbonatización. La paragénesis metálica, compuesta por galena y esfalerita con calcopirita, pirita, tetraedrita, linneita y pirrotina, aparece diseminada, en bolsadas arrosariadas, en una ganga de cuarzo, carbonatos y algo de barita y fluorita. La galena presenta contenidos relativamente altos de Ag (90-400 ppm). Los filones dentro de los Neises de Azuaga tienen más cobre que los situados en la Fm. Azuaga y Fm Albariza.

#### **2.6.2.2.7.- Filones ligados al granito de Santa Marta**

En relación espacial directa con el granito Varisco de Santa Marta aparece un conjunto de filones que, al igual que el conjunto anterior, encajan en los Neises de Azuaga o Serie Negra. Su dirección general (NO-SE) es transversal a los descritos anteriormente y situados más al SE, pero presentan las mismas características estructurales y texturales, con presencia generalizada de brechas y bandeados hidrotermales. La potencia de los filones parece ser siempre inferior a los 2 m, con longitudes máximas de medio kilómetro; han sido explotados hasta unos 200 m de profundidad. La alteración hidrotermal consiste en silicificación, sericitización, caolinitización y cloritización en la roca de caja. La mineralización está formada por una asociación de esfalerita y galena con pirita, calcopirita, arsenopirita, pirrotina, tetraedrita y pirargirita como accesorios en una ganga de cuarzo y calcita. En estos indicios tiene gran importancia la zona de alteración supergénica, que llegaba a una profundidad de unos 40 m de profundidad.

#### **2.6.2.2.8.- Filones en el Dominio de Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina**

En este dominio hay abundantes mineralizaciones de pequeño tamaño y dispersas. Cerca del límite occidental hay varios filones de Pb-Zn que son relativamente similares a los que se encuentran dentro de los Neises de Azuaga y situados algo más al E y S. Algunos indicios están situados en cuarcitas y pizarras del Ordovícico Inferior de las cercanías de Hornachos, y otros encajan en la Serie Negra y pizarras del Ordovícico Inferior, con características morfológicas y paragenéticas muy similares a los de la ZCBC.

Al Este de la Sierra de Hornachos se encuentran dos filones de Zn-Pb de dirección 20° y potencia de hasta 1 m que encajan en pizarra y cuarcita del Ordovícico, que aparecen silicificadas y sericitizadas en su entorno. La mineralización, diseminada en un relleno hidrotermal de cuarzo, barita y calcita que cementa la roca de caja brechificada, está compuesta por esfalerita, galena rica en Ag, calcopirita y pirita. Otros indicios se encuentran encajados en las pizarras del Devónico.

#### **2.6.2.3.- Mineralizaciones de Cu**

##### **2.6.2.3.1.-Mineralizaciones estratiformes en la Serie Negra**

Hay diseminaciones de calcopirita, bornita y pirita en bancos de cuarcita negra de hasta 10 m de potencia intercalados en la Serie Negra. La mineralización se encuentra irregularmente diseminada en los niveles más oscuros junto con grafito.

##### **2.6.2.3.2.- Diseminaciones en plutones subvolcánicos de edad Cadomiense**

En relación con el plutón calcoalcalino subvolcánico cadomiense de El Mosquil hay algunas concentraciones de cobre que se encuentran en stockworks, diseminaciones en la roca de caja o en las salbandas de filones de cuarzo en zonas de intensa alteración hidrotermal, consistente en propilitización, silicificación, cloritización y sericitización. La mineralización está compuesta por calcopirita y pirita en una ganga de cuarzo, calcita, barita y clorita.

El plutón de Ahillones es geológicamente similar, pero en él no hay citadas mineralizaciones apreciables. En el cerro de La Bomba, al Oeste de Malcocinado, las zonas alteradas son más extensas y se presentan como zonas de alteración hidrotermal de dirección NO-SE, sobre granitoides (microtonalita, pórfido) y volcanitas (andesita, riolita) con abundantes óxidos de hierro en fisuras y bandeados, acompañados con minerales secundarios de cobre.

##### **2.6.2.3.3.-Mineralizaciones estratoides en el complejo volcanosedimentario cadomiense**

Existen algunos indicios de poca importancia que corresponden a diseminaciones estratoides de calcopirita, pirita y bornita en venillas y nódulos en andesita silicificada, carbonatizada y cloritizada de la Formación Malcocinado.

##### **2.6.2.3.4.- Indicios filonianos en el complejo volcanosedimentario cadomiense**

Dentro o cerca de las rocas detríticas y volcanosedimentarias de la Formación Malcocinado hay varios indicios filonianos que parecen agruparse a lo largo de estructuras regionales kilométricas de dirección NE-SO y NNO-SSE. se alinean a lo largo de una estructura de más de 10 km de longitud. Otros siguen otra estructura similar más al Oeste. Hay otros indicios repartidos al Sur de Valverde de Llerena. Tienen potencias de hasta 3 m y recorridos máximos de 600 m. En sus cercanías la roca de caja está silicificada, cloritizada y sericitizada. La mineralización aparece, bien en fisurillas dentro de la roca de caja alterada, bien diseminada en el interior de filones más gruesos. Está compuesta por calcopirita y pirita con magnetita, galena y esfalerita más accesorias en una ganga de cuarzo y, localmente, calcita, siderita o barita.

#### **2.6.2.3.5.- Filones en el Cámbrico Inferior y Medio**

Cerca de las mineralizaciones filonianas de cobre en la Fm Malcocinado hay algunos indicios con dirección NO-SE en una posición estratigráfica similar. Todos ellos son de pequeñas dimensiones, con longitud de hasta 300 m y potencias menores de 1 m. La mineralización está formada por calcopirita con, localmente, tetraedrita y pirita (con trazas de Au y Ag) en una ganga de cuarzo, calcita y, a veces, barita. Aparece como rellenos filonianos o diseminaciones en la roca de caja brechificada, dolomitizada y silicificada.

#### **2.6.2.3.6.- Remplazamientos hidrotermales del área de Usagre**

Con las mismas características que las mineralizaciones de mercurio de la zona de Usagre, hay un indicio de morfología irregular, caracterizado por la presencia de tennantita con cantidades accesorias de calcopirita, bornita y esfalerita en unas calizas intensamente silicificadas. Las labores se reducen a pequeñas calicatas realizadas en los años 1960 a 1970 por la compañía explotadora de las minas de Usagre.

#### **2.6.2.4.- Mineralizaciones de W**

Este importante conjunto de mineralizaciones engloba a la **mina San Nicolás** y diversos filones independientes situados en las inmediaciones de la pequeña cúpula granítica de la cantera de la Osa. Encaja en rocas metapelíticas del Devónico, dando lugar a una aureola de intenso metamorfismo de contacto. La intrusión está formada por leucogranitos peraluminicos muy evolucionados y enriquecidos en volátiles de emplazamiento epizonal, equivalentes a los otros pequeños apuntamientos tardi-Variscos de la Zona de Ossa Morena. Estas rocas y su inmediato encajante están afectadas por una intensa alteración hidrotermal, con una albitización generalizada. Ha sido un importante yacimiento explotado intermitentemente entre 1914 y 1987 y con unos tonelajes reconocidos de unas 0.36 Mt con 3% WO<sub>3</sub> y 0.25% Bi. Junto con el wolframio, se recuperaron como subproductos el bismuto, estaño y molibdeno. Las venas, con dirección NE-SO y E-O y buzamientos variables están formadas por cuarzo con cantidades accesorias de moscovita, topacio, fluorita y cantidades a veces significativas de wolframita, casiterita, molibdenita, estannita, bismuto nativo, bismutinita, arsenopirita, pirita, esfalerita, pirrotina y calcopirita.

#### **2.6.2.5.- Mineralizaciones de Hg**

En la zona de Usagre se encuentran dos indicios de mercurio que son las dos únicas minas de este metal en la Zona de Ossa Morena. La mineralización se encuentra enclavada en calizas negras con intercalaciones de pizarras y calcarenitas del Cámbrico Inferior y siempre ligada a una intensa silicificación epigenética. En las Minas Mariquita y Sultana la mineralización presenta una morfología groseramente lentejona, con potencia máxima de 1 m, dirección de unos 110° y buzamiento muy variable entre subhorizontal a 70°S, claramente cortante a la estratificación. La alteración hidrotermal es muy intensa, con una primera silicificación de grano fino que fosiliza las estructuras previas y lleva aparejada la precipitación de pirita, calcopirita y esfalerita. Esta es remplazada por cuarzo de grano más grueso y ankerita con pirita y calcopirita y, finalmente, por la precipitación conjunta de barita y cuarzo junto con cinabrio, metacinabrio, tetraedrita rica en Hg y Ag, calcopirita, galena y cantidades menores de esfalerita, pirita y oro nativo (Tornos y Locutura, 1989). La secuencia finaliza con la formación de



gruesos cristales de barita y una brechificación irregular con fragmentos de las rocas anteriores cementados por cuarzo, calcita, barita, dolomita y ankerita y minerales metálicos.

### 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 el Proyecto K, que permita una profundización de su conocimiento geológico y del 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 epimedológicos 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 metalogénicos 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 con otros criterios o planteamientos. Es pues una infraestructura 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, sobre todo, a partir de la segunda guerra mundial y estaban dirigidos a objetivos esencialmente de 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 ICPAES 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 multiobjetivo, 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 que puedan ser integrados con otros datos regionales. . Se pasó así a la era de la **cartografía geoquímica**, que no excluye, sino que incluye, a la geoquímica de exploración. En estos momentos la mayor parte de los países promueven la cartografía geoquímica de sus territorios y, organismos supranacionales, las cartografías geoquímicas globales, con arreglo a metodologías comunes (programa UNESCO IGCP 259).

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.
- Realización de una **campana geoquímica de orientación** o piloto en suelos y sedimentos para la definición de los parámetros principales de la campana de exploración y cartografía.
- Delineación de la red hidrográfica y diseño sobre ella del **plan de muestreo** de sedimentos de corriente y 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) y que se dispersan esencialmente en forma mecánica.
- **Preparación y análisis multielemental** de las muestras de sedimentos de corriente.
- **Control de la calidad analítica**
- **Preparación, estudio mineralométrico y análisis químico multielemental** de los concentrados de minerales pesados.
- **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 geoquímicas de sedimentos de arrastre o de drenaje, de suelos, de sedimentos de llanuras, derivan, a través de procesos diversos de 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 (6 o 7 de media) de 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 0,5 y 2 kg de peso, en función de su granulometría (de 0,5 kg para rocas de grano fino, como rocas sedimentarias lutíticas o rocas volcánicas, a 2 kg o más para rocas de grano más grueso, como tonalitas). Se han tomado las muestras específicamente para este fin, simultáneamente al desmuestre regional (fotos 4-1 a 4-6). 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 4-1. En la figura 4-2 se representan la situación de las muestras y sus características litoestratigráficas (ver párrafo siguiente).

**En total, se han recogido 110 muestras de rocas para este estudio.**

Las muestras han sido clasificadas en grandes tipos litológicos e incluidas, en cada caso, en grandes unidades litoestratigráficas, asignándoseles, en cada caso el correspondiente código litológico o litoestratigráfico. Los grupos litológicos considerados son los siguientes:

- **1. Calizas y rocas carbonatadas en general.**
- **2. Pizarras, esquistos alternando con cuarcitas, areniscas y grauvacas**
- **3. Rocas básicas a intermedias intrusivas. Gabros, diabasas. Equivalentes metamórficos (anfíbolitas y neises anfibólicos)**
- **4. Rocas ácidas intrusivas . Granitos a tonalitas y rocas de dique asociadas. Equivalentes metamórficos (neises, milonitas)**
- **5. Vulcanitas básicas a intermedias. Rocas piroclásticas.**
- **6. Vulcanitas ácidas. Piroclastos ácidos.**

Las grandes unidades litoestratigráficas reconocidas y sus códigos correspondientes son las siguientes:

- **1. Rocas básicas e intermedias Cadomienses. ( 11 muestras)**
- **2. Vulcanitas del Cámbrico Medio-Superior. (4)**
- **3. Rocas intrusivas básicas á ácidas (magmatismo bimodal) relacionadas con el rift Cambro-Ordovícico. (5)**
- **4. Rocas intrusivas hercínicas (granitos a dioritas). (12)**

- **5. Rocas volcánicas (básicas-intermedias) con intercalaciones pizarrosas. Carbonífero Inferior. (5)**
- **6. Neises y anfibolitas de Azuaga. (5)**
- **7. Esquistos y cuarcitas de la Serie Negra. (11)**
- **8. Rocas volcanosedimentarias de la Fm. Malcocinado. (8)**
- **9. Esquistos, cuarcitas y conglomerados de la Serie inferior detrítica (Cámbrico Inferior). (7)**
- **10. Esquistos y grauvacas del ADE (Antiforme Domo Extremeño). (1)**
- **11. Fm. Azuaga. (11)**
- **12. Calizas de la Fm. Carbonatada (Cámbrico Inferior). (4)**
- **13. Esquistos, pizarras, areniscas y cuarcitas del Ordovícico. (12)**
- **14. Esquistos y cuarcitas del Devónico Inferior-Medio. (7)**
- **15. Pizarras y cuarcitas, Carbonífero Inferior. (7)**

La pertenencia de las muestras tomadas los grupos litológicos o a los grupos litoestratigráficos, así como características descriptivas de las muestras y de los puntos de toma de las muestras y sus coordenadas aparecen en el fichero de litogeoquímica (ver ANEXOS)

#### 4.1.2.- PREPARACIÓN Y ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE ROCAS.

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 multielementalmente 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 volumen de Listados de Datos Analíticos.

#### 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.

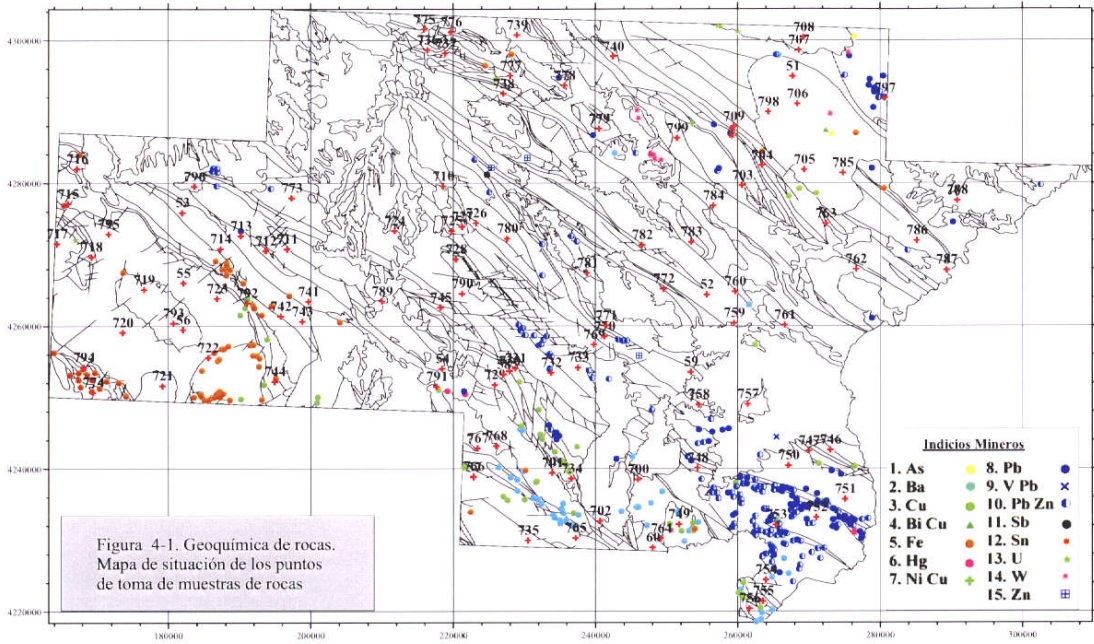
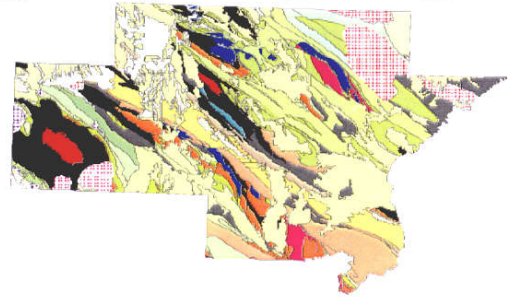


Figura 4-1. Geoquímica de rocas.  
 Mapa de situación de los puntos  
 de toma de muestras de rocas



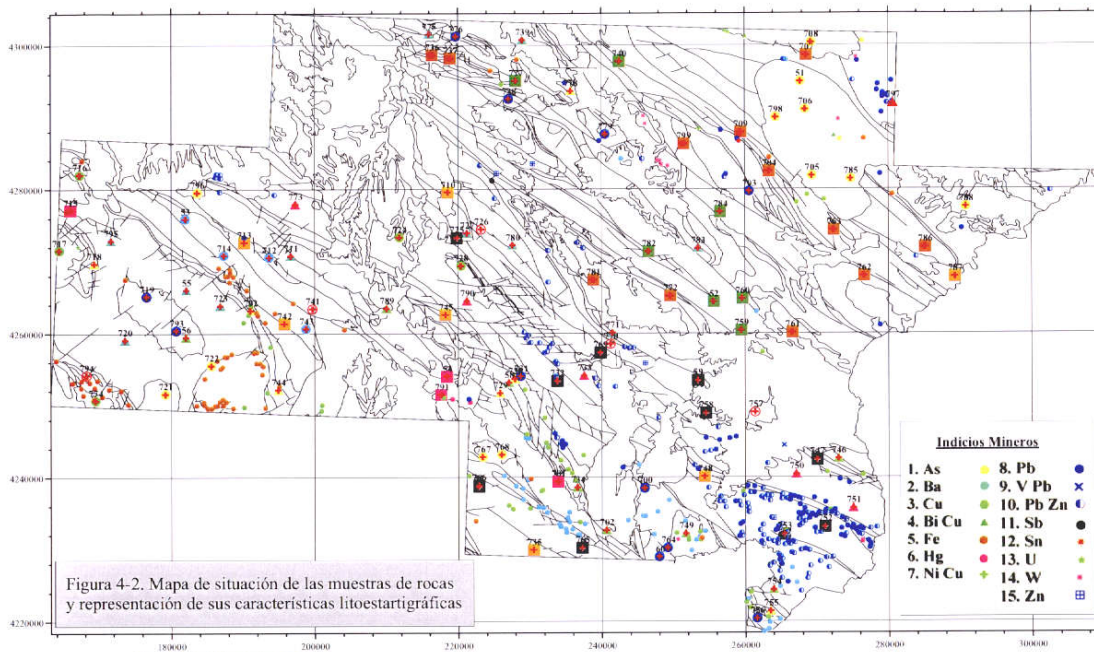
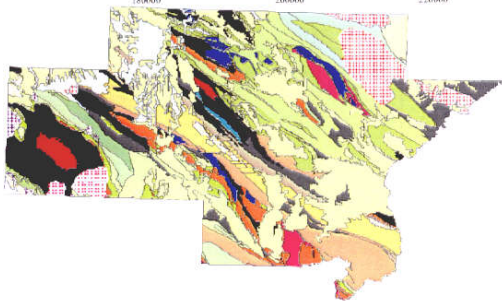


Figura 4-2. Mapa de situación de las muestras de rocas y representación de sus características litoestratigráficas



- Unidades litoestratigráficas y códigos**
- 1. Rocas básicas e intermedias Cadomienses
  - 2. Vulcanitas del Cámbrico Medio-Superior
  - 3. Rocas intrusivas básicas a ácidas (m. bimodal) relacionadas con el rift Cámbrico-Ordovícico
  - 4. Rocas intrusivas hercínicas (granitos a dioritas)
  - 5. Rocas volcánicas (básicas-intermedias) con intercalaciones pizarrosas. Carbonífero Inf
  - ▲ 6. Neises y anfíbolitas de Azuaga
  - ▲ 7. Esquistos y cuarcitas de la Serie Negra
  - ▲ 8. Rocas volcánicas de la Serie Negra
  - ▲ 9. Esquistos, cuarcitas y conglomerados de la Serie inferior detrítica (Cámbrico inferior)
  - ▲ 10. Esquistos y grauwacas del ADE (Antiforme Domo Extremo)
  - 11. Fm. Azuaga
  - 12. Calizas de la Fm. Carbonatada (Cámbrico Inferior)
  - 13. Esquistos, pizarras, areniscas y cuarcitas del Ordovícico
  - 14. Esquistos y cuarcitas del Devónico Inferior-Medio
  - 15. Pizarras y cuarcitas, Carbonífero Inferior.



Foto 4-1. Cantera en granito de Quintana (hercínico). Muestra 8050706.



Foto 4-2. Afloramiento de vulcanitas del Cámbrico Medio-Sup. Muestra 8280714.



Foto 4-3. Afloramiento junto a carretera. Vulcanitas del cámbrico Medio-Sup. Muestra 8540743.



Foto 4-4. Afloramiento, junto a carretera, de roca gabroidea. Unidad intrusiva de Barcarrota (Rift C.O). 8530717.



Foto 4-5. Muestra del granito de Brovales (hercínico). Muestra 8530721.



Foto 4-6. Afloramiento muestreado de granito del cuerpo intrusivo de Burguillos. 8530722.

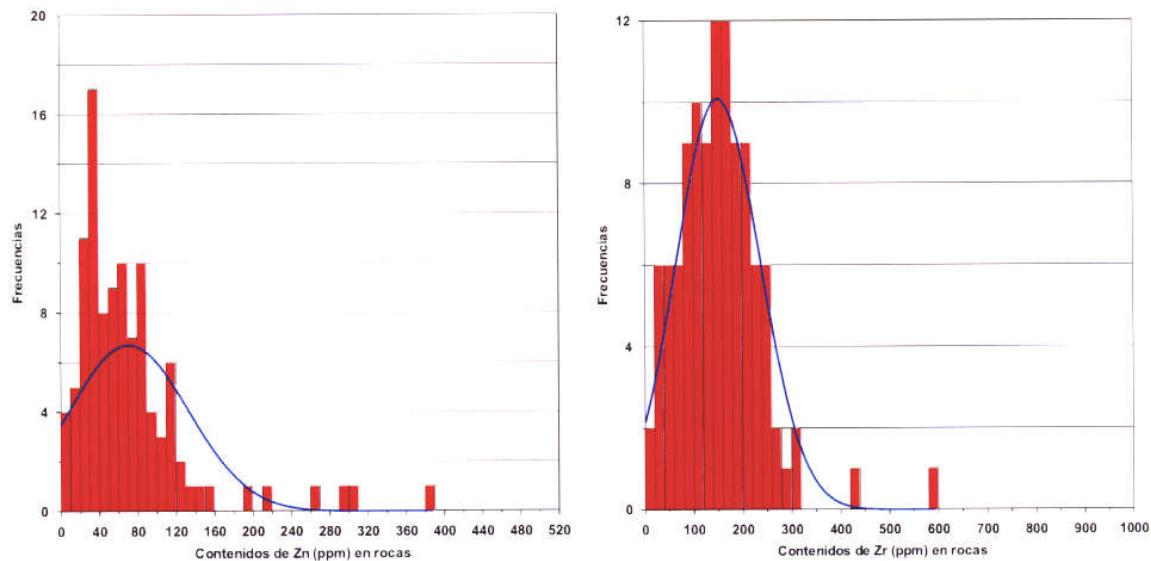


#### 4.2.1.- HISTOGRAMAS

En las figuras 4-3 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 calcio (figura 4-4), en el cual aparecen variaciones de contenidos en Ca desde 0,1% a 33% con máximos con valores muy bajos (rocas detríticas siliciclásticas), intermedios o más altos, 20-40% (rocas carbonatadas). El Al (figura 4-3), aunque también polimodal, tiene una distribución menos contrastada y más continua, debido a la existencia de rocas con contenidos gradualmente crecientes (areniscas con matriz arcillosa más o menos abundante a lutitas o calizas graduando a una serie de materiales volcánicos y plutónicos de composiciones variables).

En el caso de los elementos menores o trazas se observan también distribuciones polimodales, muy asimétricas, con subpoblaciones debidas a la existencia de rocas o litologías con quimismo muy diferenciado, habiendo que añadir a este efecto, en algunos casos, elementos con valores muy elevados con respecto al resto, valores atípicos o "salvajes" que pueden corresponder a una muestra anómala por superposición de procesos de alteración hidrotermal. Llama la atención en este sentido la distribución del As (figura 4-10) con un valor de 44 ppm, de Ag (figura 4-9) con valores de hasta 2,4 ppm, del Ba (figura 4-12) con valores de hasta 2850 ppm, del Hg (figura 4-24) con valores de hasta 240 ppb), Pb (figura 4-32), con valores de 320 ppm, S (figura 4-38), con valores de hasta 0,46%, U (figura 4-46), con contenidos de 20 ppm. Otros elementos muestran poblaciones (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 Ce, del Ni, del Sc, del Ta, del Sr. Un caso particularmente llamativo es el del Sb que, en la muestra 779-804, alcanza la anómala concentración de 0,8%. Este valor debe ser retenido pues se trata de una muestra no ya anómala, sino mineralizada.



Figuras 4-51 a 4-52. Histogramas de los contenidos de elementos traza en rocas

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

Se han representado en las figuras 4-53 a 4-103 los diagramas de cajas o “boxplots” elemento a elemento, por cada tipo litológico (rocas carbonatadas, pizarras y esquistos, rocas intermedias a básicas y ultrabásicas y equivalentes metamórficos, rocas intrusivas ácidas, vulcanitas básicas e intermedias y vulcanitas ácidas). 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 grupo litológico 6 (rocas volánivas ácidas) consta únicamente de una muestra, por lo que se considera que no ésta no es representativa, debiendo ser valorados sus resultados como meramente indicativos.

Los boxplots de los elementos mayoritarios por tipos litológicos son plenamente coherentes con las características de esas litologías. Las pizarras y las rocas básicas muestran unos valores medios en Al superiores a 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 los demás grupos. El Fe se manifiesta más intensamente en las rocas intrusivas y extrusivas básicas. Los contenidos máximos medios en magnesio corresponden a rocas básicas intrusivas, 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 que los tienen mucho mayores que los demás materiales, mostrando las rocas carbonatadas contenidos sensiblemente inferiores. El Na diferencia bastante nítidamente a las rocas intrusivas, ácidas y básicas, de las rocas volcánicas básicas, con una mediana algo inferior.

La mayoría de los elementos traza parecen tener un fuerte control litológico. En general, puede decirse que destaca el grupo 2 (pizarras, grauvacas, cuarcitas) por la gran dispersión y variabilidad de los contenidos de la mayoría de los elementos (Ag, As, Au, Bi, Br, Cd, Hg, Lu, Mo, P, Pb, S, Sb, Te, Y, Zn), 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 el de valores atípicos.

El grupo relativo a las rocas carbonatadas tiene los contenidos más contrastados, mostrando los más bajos de una gran mayoría de los elementos traza y los más elevados de una pequeña parte de ellos (Sr, Te, Br, S).

Es el caso del As (fondos más altos y mucha mayor variabilidad en lutitas y materiales siliciclásticos), Ba (fondos altos en lutitas y en rocas intrusivas ácidas). El Be presenta asimismo fondos sensiblemente mayores en las vulcanitas básicas aunque tiene mayores dispersiones en los esquistos. Un comportamiento similar, en cuanto a valores de fondo, muestran el Ce, el Eu, el La, el Lu, el Nd, el P, el Rb, el Sc, el Sm, el Ta, el Tb, el Th, el V, el Yb y el Y. Los elementos que muestran mayores concentraciones en las rocas intrusivas básicas son el Co y el Sc. El Cr sin embargo tiene mayor concentración media en los esquistos. Las calizas muestran únicamente los fondos más elevados en Br, Sr, Te y S. Los contenidos en tierras raras diferencian claramente a las vulcanitas básicas, que tienen contenidos ligeramente más elevados que las rocas intrusivas ácidas.

La mayor parte de estas relaciones de abundancia elemental en los tipos litológicos contemplados se corresponden con asociaciones geoquímicas clásicas (Ca con Te y Sr, o la asociación de Pb y Ba con las rocas intrusivas graníticas, por la presencia de estos elementos en los feldespatos en sustitución del K) son clásicas y conocidas en los principales tipos litológicos (Turekian y Wedepohl, 1961).

#### 4.2.3.- DIAGRAMAS DE CAJAS DE LOS CONTENIDOS DE ELEMENTOS QUÍMICOS POR UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS.

Con objeto de discriminar más las relaciones entre contenidos y tipos de rocas se han representado los diagramas de cajas elemento a elemento en función de unidades litoestratigráficas, es decir, diferenciando las litologías por su edad. Un determinado tipo de rocas, calizas ó litologías siliciclásticas, por ejemplo, puede tener diferentes medios de formación o proceder de diferentes materiales de origen según las

unidades a las que pertenezcan. Se trata pues de analizar si existen también diferencias composicionales entre ellas. Los boxplots elaborados corresponden a las figuras 4-104 A 4-153. Se han referido a las unidades litoestratigráficas consideradas como más significativas en el área, que se han enumerado precedentemente.

Como se sugería anteriormente, existen claras diferencias de contenidos de algunos elementos entre litologías similares de diferentes unidades estratigráficas. Sin embargo hay que señalar que estas comparaciones pueden ser, a veces, engañosas, por la enorme variabilidad litológica dentro de las unidades litoestratigráficas y por el amplio margen composicional que puede haber en el término general "rocas básicas".

Entre los elementos mayores, algunos, como **Al**, **Fe** o **Mg**, muestran diferencias relativamente pequeñas entre sus contenidos en los diferentes grupos litoestratigráficos (con la excepción de los de Ca, siempre los más bajos), mientras que otros, como **Ca**, **K** o **Na** tienen unas pautas de distribución muy diferenciadas. Destacan, en el caso del Na, los fuertes contrastes entre los contenidos en litologías pelítico-arenosas de las diferentes unidades estratigráficas, siendo muy bajos (< 0,5%) los relativos al Ordovícico inferior y al Devónico inferior-medios e comparación con el Carbonífero inferior (1,3%). En el caso del K, son significativamente elevados los contenidos de las rocas de la Fm. Azuaga, de la Serie Detrítica inferior y de los granitos peraluminicos con respecto a las del Complejo volacosedimentario cámbrico.

Entre los elementos traza, algunos de ellos muestran pautas de distribución muy contrastadas, como es el caso de la **Ag** (con contenidos medios, 1,1, ppm, sensiblemente más elevados en el Complejo volcanosedimentario cámbrico que en las restantes unidades), **Be**, **Bi** (con contenidos más bajos en las rocas ígneas asociadas al rift cambro-ordovícico y en la Fm. Carbonatada), **Br**, **Cd**, **Co** (valores altos en la Serie Negra), **Cr** (Valores más elevados en la unidad de Neises y Anfibolitas de Azuaga y en los materiales político-arenosos paleozoicos), **Cs** (granitos peraluminicos), **Mo** (granitos hercínicos peraluminicos), **Ni** (contenidos más elevados en la Serie Negra, en las anfibolitas de Azuaga y en unidades político-arenosas ordovícicas, devónicas y carboníferas, en contraposición a las rocas intrusivas básicas ligadas al rift cámbrico-ordovícico), **P** (netamente más elevado en los granitos hercínicos peraluminicos), **Pb** (elevado en los granitos peralcalinos y en las unidades político-arenosas del ordovícico y, sobre todo, del Devónico y del Carbonífero, así como en las vulcanitas del Cámbrico medio), **S** (netamente mayores sus contenidos en la Fm. Carbonatada), **Sr** (fondos más altos en las rocas ígneas, sobre todo básicas, y en los granitos peralcalinos), **Ta** (diferencia netamente, por su contenidos más elevados, 4 ppm, a las vulcanitas del Cámbrico medio en contraposición a sus contenidos en otros medios, menores de 2 ppm), **Th** (Neises de Azuaga, pizarras carboníferas y granitos peraluminicos), **U** (granitos peraluminicos), **Zn** (opone a las vulcanitas del Cámbrico, con contenidos medios superiores a 100 ppm, con las calizas de la Fm. Carbonatada, con contenidos de 15 ppm).

Los elementos del grupo de las tierras raras (R:E.E) muestran distribuciones similares entre las diferentes unidades litoestratigráficas. Muestran los mayores contenidos en las rocas del Complejo volcanosedimentario del Cámbrico medio-superior y las más bajas en las calizas de la Fm. Carbonatada y en las rocas ígneas cadomienses. Las demás unidades presentan entre ellas diferencias más pequeñas.

Llaman la atención, en cualquier caso, los contrastes extremos que se manifiestan, en los diagramas de cajas de contenidos por unidades litoestratigráficas, en el caso de muchos elementos químicos. En el caso de los elementos mayores el que presenta mayores contrastes es el Na. Litologías en principio muy similares como son las esquistas y pizarras del Ordovícico inferior, del Devónico inferior y del Carbonífero inferior muestran contenidos muy diferentes en Na, siendo el mayor fondo el del Carbonífero inferior. Quizás, la importante participación volcánica de esta formación no sea ajena a este rasgo.

Con este nuevo análisis puede observarse como los mayores contenidos en tierras raras se asocian al volcanismo del Cámbrico medio-superior, mientras que los contenidos más bajos en Zn ocurren en la Fm. Carbonatada cámbrica.

Los datos aquí expresados, aún con la limitación del corto número de muestras, son básicos para poder interpretar mejor los resultados de la geoquímica de sedimentos.

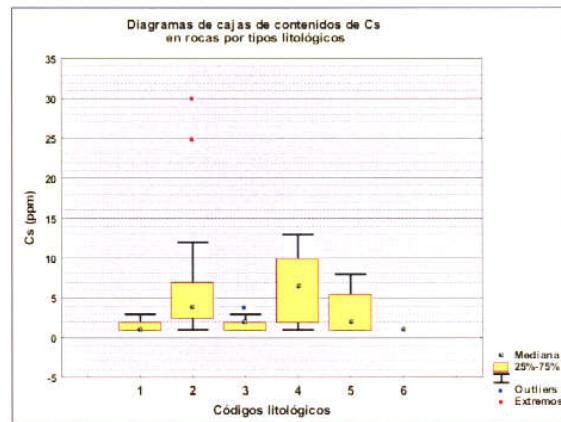
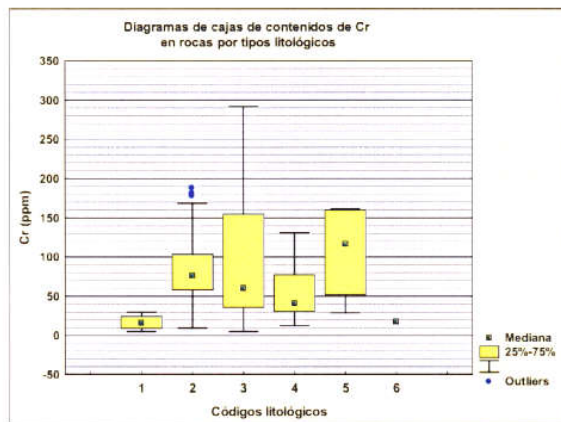
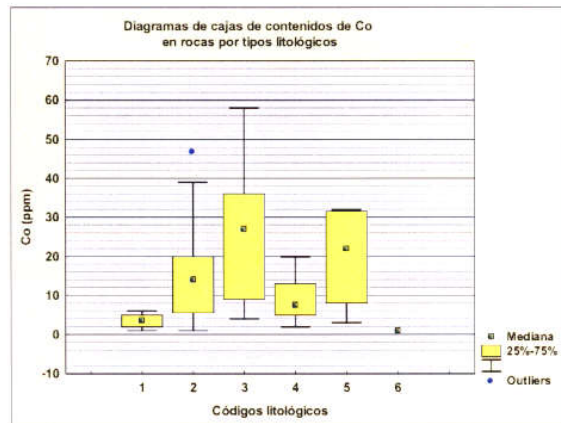
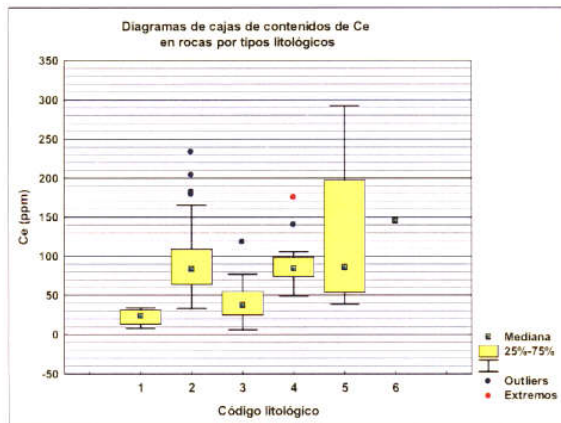
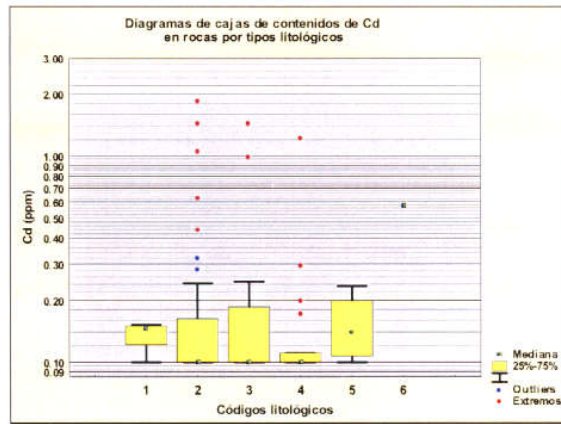
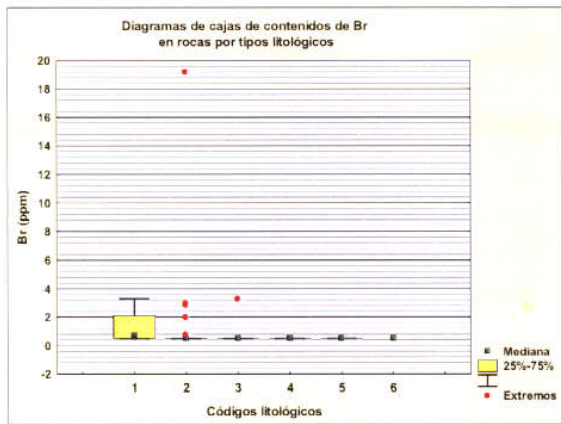


Figura 4-65 a 4-70. Diagramas de cajas de contenidos de elementos traza por tipos litológicos

1. Calizas y rocas carbonatadas en general.
2. Pizarras, esquistos alternando con cuarcitas, areniscas y grauvacas
3. Rocas básicas a intermedias intrusivas. Gabros, diabasas. Equivalentes metamórficos (anfíbolitas y neises anfibólicos)
4. Rocas ácidas intrusivas. Granitos a tonalitas y rocas de dique asociadas. Equivalentes metamórficos (neises, milonitas..)
5. Vulcanitas básicas a intermedias. Rocas piroclásticas
6. Vulcanitas ácidas. Piroclastos ácidos.

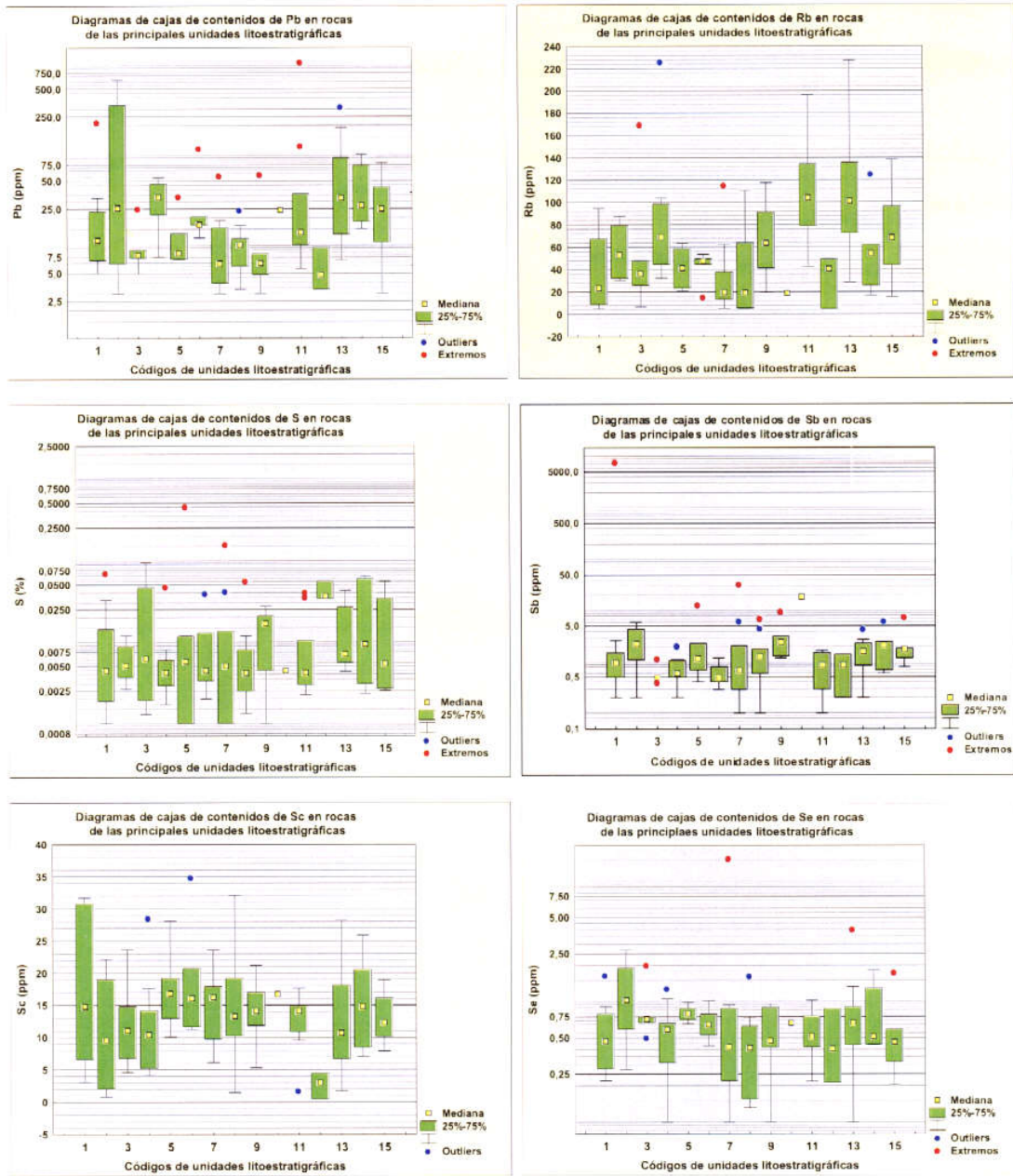


Figura 4-134 a 4-139. Diagramas de cajas de contenidos de elementos traza en rocas de las principales unidades litoestratigráficas

1. Rocas básicas e intermedias Cadomienses. 2. Vulcanitas del Cámbrico Medio-Superior. 3. Rocas intrusivas básicas á ácidas (magmatismo bimodal) relacionadas con el rift Cambro-Ordovícico. 4. Rocas intrusivas hercínicas (granitos a dioritas). 5. Rocas volcánicas (básicas-intermedias) con intercalaciones pizarrosas. Carbonífero Inferior. 6. Neises y anfíbolitas de Azuaga. 7. Esquistos y cuarcitas de la Serie Negra. 8. Rocas volcanosedimentarias de la Fm. Malcocinado. 9. Esquistos, cuarcitas y conglomerados de la Serie inferior detrítica (Cámbrico Inferior). 10. Esquistos y grauwacas del ADE (Antiforme Domo Extremeño). 11. Fm. Azuaga. 12. Calizas de la Fm. Carbonatada (Cámbrico Inferior). 13. Esquistos, pizarras, areniscas y cuarcitas del Ordovícico. 14. Esquistos y cuarcitas del Devónico Inferior-Medio. 15. Pizarras y cuarcitas, Carbonífero Inferior.

#### 4.2.4.- DIAGRAMAS SPIDER

Los datos analíticos de rocas pueden utilizarse para hacer una comparación con las concentraciones medias corticales y poder conocer hasta que punto, y en promedio, los materiales rocosos de una región determinada presentan concentraciones enriquecidas o empobrecidas con respecto a la media. Las concentraciones medias de cada elemento (utilizando todos los datos) se han normalizado con respecto a los valores medios en la corteza superior (Reimann-Caritat, 1998). Los resultados de este análisis se plasman en los diagramas 4-54 a y b.

Figura 4-154 a. Diagrama spider de los contenidos geoquímicos en rocas, normalizados con respecto a los contenidos medios en la corteza continental

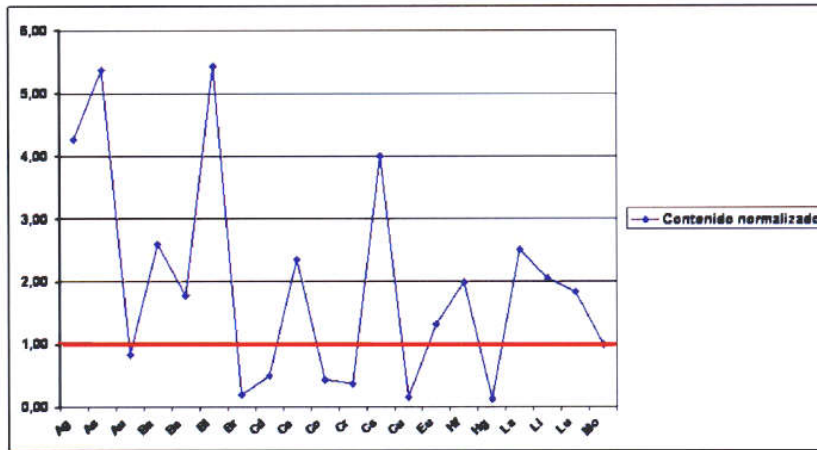
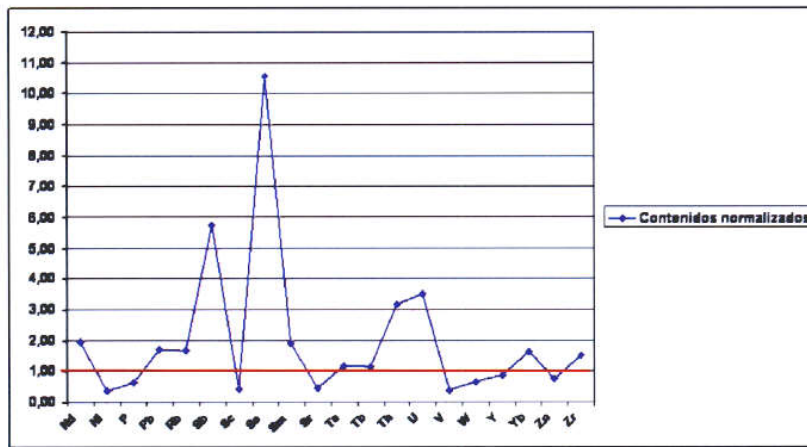


Figura 4-154 b. Diagrama spider de los contenidos geoquímicos en rocas, normalizados con respecto a los contenidos medios en la corteza continental



En ellos puede verse que la zona de trabajo presenta concentraciones enriquecidas con respecto a la media de la corteza continental superior en Ag, As, Ba, Bi, Ce, Cs, Hf, La, Li, Lu, Sm, Th, U y, sobre todo Sb (10 veces superior en la zona a la media), mientras que los elementos empobrecidos son Br, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Sc, Sr y V.

## **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.

### **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 varias zonas, que representan contextos geológicos y morfoclimáticos diferentes.. Se han determinado **25 áreas**, habiéndose recogido, en cada una de ellas, muestras de sedimentos de corriente y de suelos residuales. 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.

De las veinticinco áreas seleccionadas, varias corresponden a entornos de mineralizaciones conocidas, habiéndose tomado las muestras de sedimentos y suelos residuales en la proximidad del área mineralizada. Ello se ha hecho con el objetivo de comprobar la respuesta de la mineralización y qué fracción es la que suministra la mejor respuesta o la anomalía más contrastada. Las zonas restantes han sido elegidas en áreas no mineralizadas correspondientes a diferentes unidades litoestratigráficas, con la intención de verificar, asimismo, la respuesta de dichas unidades y de la fracción más idónea para el reconocimiento de la información geológica.

En el caso de las zonas situadas en el entorno de mineralizaciones, las muestras de sedimentos de corriente se han situado en arroyos que drenan a la mineralización, en cercanía a ésta, y los suelos también en proximidad a ella, aunque fuera del área de influencia de escombreras visibles. En las zonas desprovistas de indicios de mineralización se ha tomado una muestra de sedimentos en un arroyo y una de suelos en proximidad a la anterior. Los arroyos escogidos tienen cuencas de drenaje de entre 1 y 5 km<sup>2</sup>, de orden semejante al de los que se muestrearán en la campaña regional.

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 1 mm. En el caso de los sedimentos, el tamizado se ha efectuado en húmedo. 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.

Los datos básicos relativos a cada zona pueden verse en la tabla 5-1. Puede observarse que los indicios de las zonas seleccionadas son variados (Hg, Cu, Pb, Zn, Fe, As, W-Sn) y que las unidades geológicas en las que están situadas las zonas representan a las más significativas (Rocas ígneas intrusivas de diversas edades y quimismos, Fm. Carbonatada, Fm. Azuaga, Fm. Malcocinado, etc.)

Zona	Muestra sedimento	Muestra suelo	Entorno geológico	Mineralización
1	1	14	Intrusivo hercínico- Granitos a tonalitas- Quintana	Indicio de W
2	2	15	Pizarras y cuarcitas. Ordovícico.	Mina de W-Sn en proximidad
3	3-28	40	Pizarras y cuarcitas. Devónico Inferior	Ba, aunque algo lejana
4	4	17	Fm. Carbonatada. Cámbrico	Indicio de Hg
5		16	Serie Detrítica Superior. Cámbrico Inf.	Indicio de Fe
6	5	18	Serie Negra	Indicio de Cu
7	6	19	Borde del granito de Burguillos (hercínico)	Indicios de Fe
8	7	20	Fm. Malcocinado (Complejo volcanosedimentario)	Indicios de Ba
9	8	21	Contacto Serie Negra- Fm. Malcocinado.	Indicios de Cu
10	9	22	Fm. Azuaga (Pizarras y grauvacas)	Indicios de Cu y Pb, Zn
11	10	23	Pizarras (Carbonífero inferior)	Indicio de Zn
12	11	24	Granitoide tipo arco. Ahillones	Indicio de Ba
13	12	25	Intrusivo hercínico- Granitos a tonalitas- Quintana	Indicio de As (Au)
14	13	26	Serie Negra	
15	27	39	Intrusivo hercínico- Granitos a tonalitas- Quintana	
16	29	41	Complejo volcanosedimentario	
17	30	42	Fm. Carbonatada. Cámbrico.	
18	31	43	Granitos postcolisionales Precámbricos (Salvatierra de Barros)	
19	32	44	Serie negra	
20	33	45	Fm. Azuaga (Pizarras y grauvacas)	
21	34	46	Fm. Malcocinado	
22	35	47	Carbonífero Inferior (Pizarras)	
23	36	48	Carbonífero Inferior (Pizarras)	
24	37	49	Granitoide tipo arco. Ahillones	
25	38	50	Serie Negra	

Tabla 5-1. Características de las zonas seleccionadas para la campaña 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



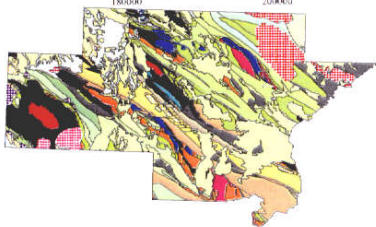
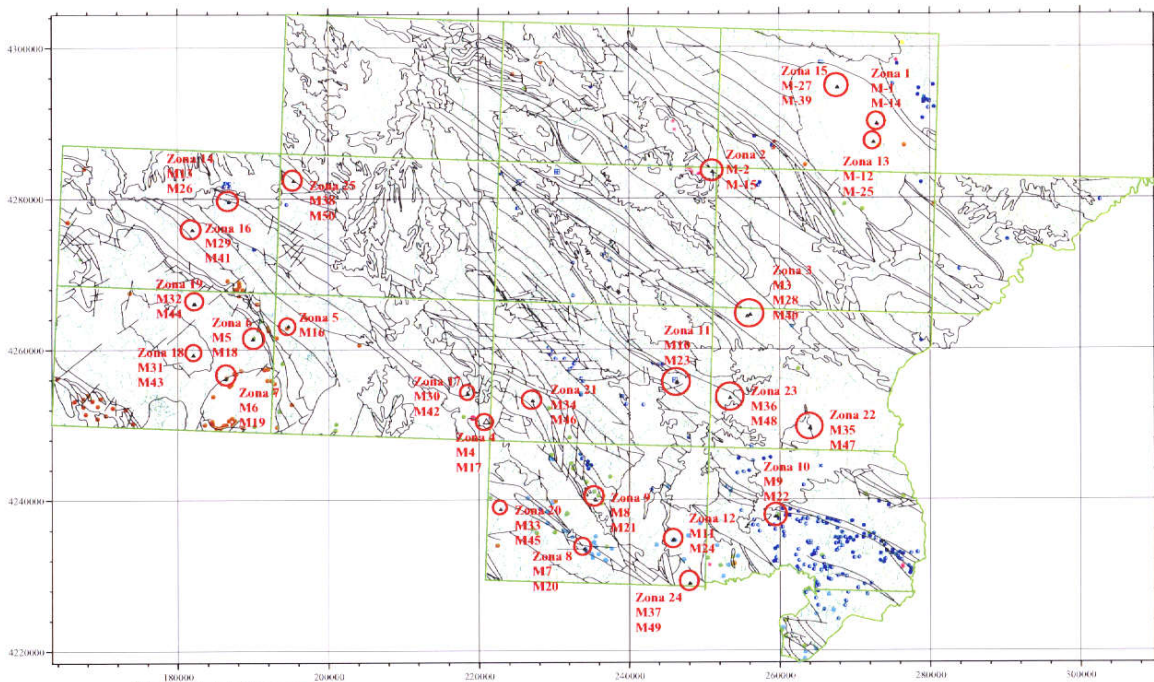


Figura 5-1. Campaña piloto  
Situación de las zonas seleccionadas para la  
campaña piloto y de las muestras tomadas.

Indicios Mineros				
1. As	●	8. Pb	●	
2. Ba	●	9. V Pb	×	
3. Cu	●	10. Pb Zn	●	
4. Bi Cu	▲	11. Sb	●	
5. Fe	●	12. Sn	●	
6. Hg	●	13. U	●	
7. Ni Cu	●	14. W	●	
		15. Zn	■	

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). Los resultados de los análisis químicos de la campaña de orientación figuran en el Anexo.

### 5.1.4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA CAMPAÑA DE ORIENTACIÓN.

Las principales conclusiones de todo orden, extraídas de la campaña de orientación, son las siguientes:

#### 5.1.4.1. Toma de muestras y ámbito del muestreo

Los arroyos muestreados (de 3º, 4º e incluso de 5º orden, como corresponde a la superficie de las cuencas de drenaje, de aproximadamente 1-3 km<sup>2</sup>, llevaban agua en la época de muestreo (otoño 2002), lo que permitió un tamizado previo, a 1 mm., por vía húmeda en el mismo punto de muestreo. El desnivel de los cauces y la fuerza de las corrientes de agua hacen que los depósitos de sedimentos en los cauces sean, en general, de granulometría gruesa a muy gruesa (arenas, gravas). Puede verse, en una mayoría de casos, fondos de cauce constituidos por cantos y gravas y, eventualmente, algunas barras de arenas.

El gran tamaño de los componentes sedimentados en los cauces, indicador de una meteorización fundamentalmente mecánica y de una apreciable capacidad de transporte de los cursos de agua, plantea, sobre todo en algunos casos puntuales, dificultades para encontrar sedimentos finos. En general, este hecho condiciona el volumen de muestra de sedimento a coleccionar, que debe ser grande (superior a 1,5-2 kg), para que su posterior tamizado en laboratorio permita obtener una fracción fina para análisis con un peso mínimo (100 g). En las figuras 5-2 a y 5-2 b se representan las distribuciones de pesos por tramos granulométricos de las muestras de sedimentos y suelos.

**Figura 5-2 a. Variación porcentual del peso de las fracciones granulométricas de las muestras de sedimentos de corriente en las diferentes zonas de trabajo de la campaña piloto**

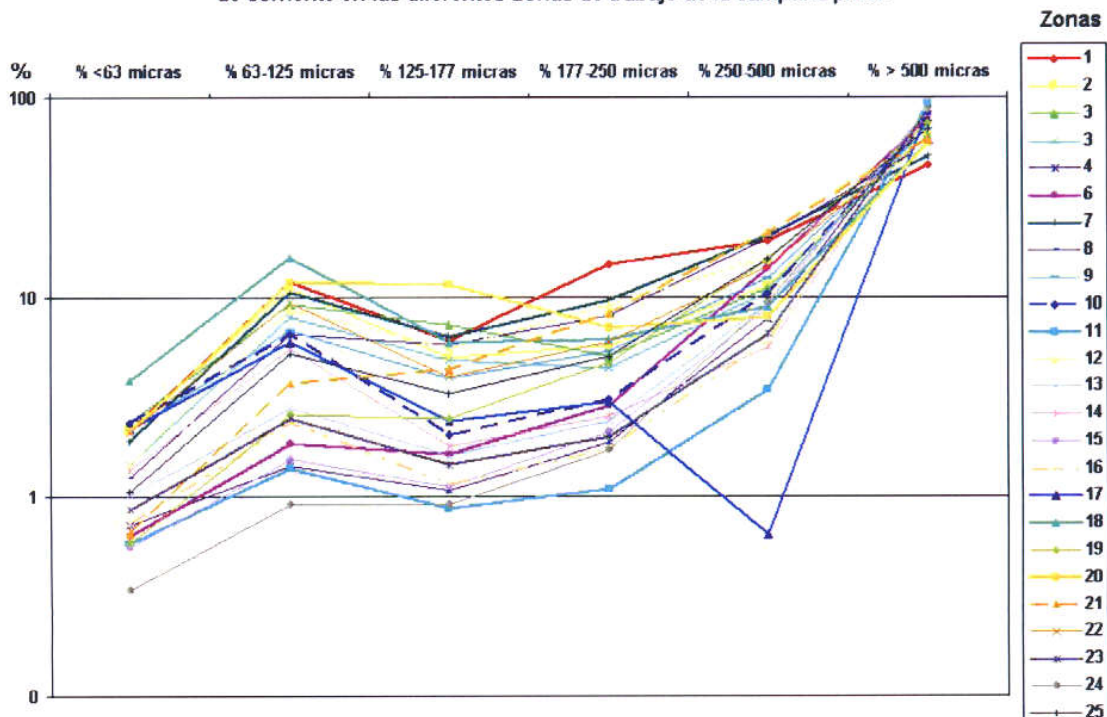
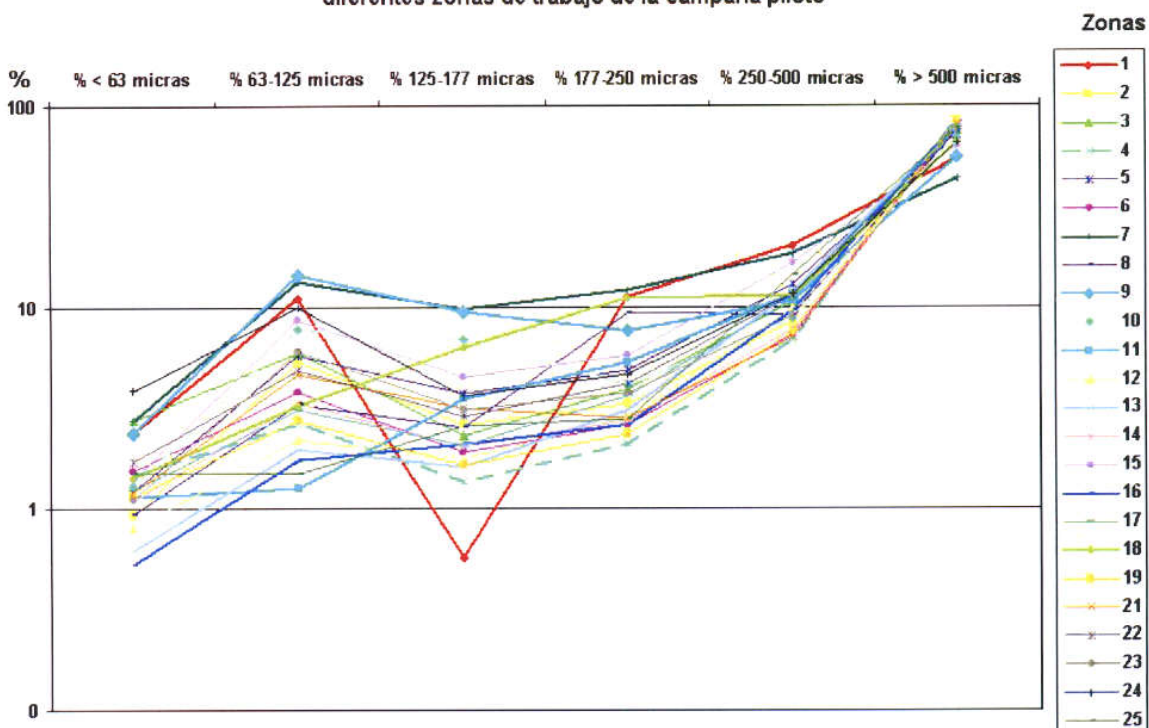


Figura 5-2 b. Variación porcentual del peso de las fracciones granulométricas de las muestras de suelos en las diferentes zonas de trabajo de la campaña piloto



En las figuras mencionadas puede apreciarse que, en términos generales, tanto las curvas de distribución granulométrica de suelos como las de sedimentos son bastante homogéneas entre muestras, con excepciones muy contadas a las tendencias generales. Por otra parte, las tendencias son muy similares entre sedimentos y suelos, tanto en cuanto a forma como en el aspecto cuantitativo. La fracción < 63 micras es muy escasa en ambos tipos de muestra (0,5% a 4% del peso en suelos y 0,58% a 3,8% en sedimentos). Las fracciones groseras, superiores a 500 micras son muy abundantes (51%-88% en sedimentos por 43%-83% en suelos). En la gran mayoría de los casos, tanto en suelos como en sedimentos, se produce un aumento sensible del porcentaje de peso en la fracción 63-125 micras, seguido de una estabilización o, incluso, en algunas zonas, de un suave descenso en las fracciones 125-177 a 250-500 micras. A partir de esta última fracción tiene lugar un aumento drástico de peso. En algunos casos la subida es totalmente progresiva (Zonas 11, 16 y 18). En contadas ocasiones se presentan tendencias algo diferentes, como en el caso de los suelos de la zona 1, con un descenso grande en la fracción 125-177 micras (0,58%), o en los sedimentos de la zona 1, con una bajada significativa en el peso de la fracción 250-500 micras (0,65%).

Las pequeñas diferencias que, en general, se presentan en estos gráficos pueden estar relacionadas con las asimismo pequeñas diferencias de carácter morfoclimático entre las áreas estudiadas, a pequeñas diferencias de madurez de los suelos (diversos grados de desarrollo de horizontes de acumulación y mayor o menor proporción de fracciones muy finas, arcillosas y de hidróxidos).

En cualquier caso, queda patente la dificultad de obtención, en general, de materiales finos, lo que implica la necesidad de toma de pesos totales de muestras bastante altos.

#### 5.1.4.2.- Resultados

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.

#### 5.1.4.2.1.- Variaciones de contenidos en las distintas fracciones granulométricas.

Las variaciones de los contenidos según la granulometría se reflejan en las figuras 5-3 a 5-10, en las que se abordan las muestras y los elementos más significativos.

Las curvas de variación de contenidos según la granulometría pueden tener diversas formas. En este caso 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 gruesa
- 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 analizados ponen de manifiesto una gran complejidad en las distribuciones geoquímicas en función de la granulometría, variando significativamente según los elementos, según las litologías y entre suelos y sedimentos relacionados. 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. Pueden señalarse, sin embargo, los siguientes hechos:

Las curvas de variación más frecuentes y predominantes son las que tienen tendencia decreciente, creciente, en sinforma e irregular. Ésta última puede estar combinada con las restantes, por una ruptura local, correspondiente a una fracción granulométrica determinada.

##### 5.1.4.2.1.1.- 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 (sedimentos de la zona 3).

Puede decirse que, en general, **las tendencias de variación de los contenidos geoquímicos en función de la granulometría, en suelos y sedimentos, son muy similares**, habiendo una gran coherencia entre estos medios. Ello se pone de manifiesto particularmente en las zonas 2, 7, 9, 11,12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 22, 23, 24, 25, ya sea mostrando tendencias suavemente decrecientes o tendencias claramente irregulares, en sierra (zona 19).

Sin embargo, en algunos casos, los suelos y los sedimentos muestran mayores diferencias. Estas se ponen de manifiesto, por ejemplo, en la zona 3, en la cual los sedimentos presentan tendencias más irregulares, con picos en las granulometrías medias; en la zona 4, con tendencias muy irregulares en ambos casos; en las zonas 8 y 10, en las cuales el suelo presenta unas curvas más irregulares, con picos negativos de contenidos en las granulometrías medias, frente a las tendencias suavemente decrecientes en el sedimento; en la zona 21, con tendencias netamente más irregulares en los sedimentos que en los suelos.

Las muestras de suelos y sedimentos presentan asimismo 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. Sin embargo, se presentan excepciones o aparentes incoherencias a esta norma. Así, en la zona 17, situada en la Fm. Carbonatada las concentraciones de Ca oscilan entre 10% y 17% en el suelo y entre 0 y 1% en el sedimento. Ello es sin duda debido a que el sedimento recoge los materiales de una unidad contigua no carbonatada y no ha incluido (lo hará aguas abajo) materiales en los que en principio está ubicada. Muestra el sedimento, en contrapartida, valores más elevados en Al, Fe, K que el suelo. Algunas diferencias de este tipo, aunque más pequeñas, existentes en otras zonas (Al en la zona 2) pueden ser debidas a causas similares.

Es aún más llamativo el hecho de dos sedimentos tomados en la misma zona (zona 3) presenten contenidos sensiblemente diferentes en Fe (6-10% y 1-4%), diferencia que puede explicarse por pequeñas diferencias de ubicación de las muestras con respecto a contactos geológicos o a heterogeneidades geoquímicas de las propias unidades geológicas. Ello puede ayudar a comprender la variabilidad geoquímica de las muestras de sedimentos.

Esta situación se contraponen a la que muestran en general las restantes zonas (por ejemplo, la 18), con una absoluta coherencia de contenidos en ambos tipos de muestra.

#### 5.1.4.2.1.2.- Tendencias generales de variación geoquímica en función de la granulometría

En términos generales, la gran mayoría de las zonas presentan, tanto en suelos como en sedimentos, **tendencias de evolución de contenidos que son decrecientes a granulometría creciente**. En, general, el decrecimiento de contenidos es más significativo o brusco entre la fracción < 63 micras y la 63-125 micras que en las restantes, en las que las curvas tienen muy poca pendiente o son casi planas. A esta tendencia se superpone en muchos casos un aumento de concentraciones en la fracción 250-500 micras. Estas tendencias generales para una mayoría de elementos parecen indicar que una parte de ellos se dispersa en forma química (fenómenos de adsorción en partículas finas de arcilla e hidróxidos) aún cuando una parte importante lo hace en forma mecánica, estando incluidos los elementos en minerales resistentes de granulometría más groseras.

En casos menos frecuentes, se presentan aumentos bruscos de concentración en fracciones intermedias (curvas irregulares o en sierra) indicativas asimismo de dispersiones mecánicas en minerales resistentes de granulometrías específicas.

- Los **elementos mayores (Al, K, Fe, Mg, Ca, Na)** muestran, casi siempre, **curvas horizontales o suavemente descendentes, aunque con algunas irregularidades en granulometrías intermedias o groseras**, a granulometría creciente. Sin embargo, se presentan en algunos casos distribuciones diferentes, sobre todo en el caso del Fe, que presenta pautas decreciente-mínimo en 177-250 micras-creciente, y del Al, decreciente en general pero presentando pautas similares a la del Fe en las zonas 2, 3, 8, 13, 19, 20. K, Mg y Na son casi siempre descendentes o planos, aunque, sobre todo el Na, muestran también pautas crecientes o con picos positivos en granulometrías intermedias (dispersión mecánica, presencia de resistentes, concretamente de feldspatos o minerales ferromagnesianos en el caso del Mg y del Ca). Estas distribuciones irregulares de K, Na, Mg y, a veces Ca, coinciden, en

general, con distribuciones irregulares del Al (silicatos resistatos). En cualquier caso, y salvo para Al y Fe en los casos mencionados, los contenidos en elementos mayores no varían prácticamente con la granulometría, siendo las curvas prácticamente subparalelas al eje X. Las sucesivas fracciones granulométricas están formadas por fragmentos de los respectivos tamaños de componentes primarios. Por ello, probablemente, se mantienen uniformemente las concentraciones de los elementos mayores.

- En términos generales las tendencias de variación de los contenidos de elementos traza están condicionadas y controladas por el comportamiento de los elementos mayores. En aquellas zonas o muestras en las que los mayores tienen pautas descendentes, la mayoría de los elementos traza presenta curvas asimismo descendentes o planas, manifestándose la misma similitud en el caso de curvas más irregulares o crecientes. Ello es debido a la ocurrencia de los elementos traza, en la mayor parte de las situaciones, en las redes de los silicatos que se comportan como resistatos. Únicamente en el caso de que algunos de estos elementos provengan de mineralizaciones con componentes más fácilmente meteorizables químicamente (sulfuros) su dispersión puede ser química, apareciendo asociados mayoritariamente a las fracciones más finas (Cu en zonas 6 y 9, Figuras 5-13, 5-14, 5-19 y 5-20).

Elementos como Cu, Zn, Pb, Sb, Li, Co y otros, muestran sistemáticamente curvas gradualmente descendentes o planas, con pendientes variables según las zonas, con el aumento del tamaño del grano (elementos liberados en el proceso de meteorización y adsorbidos en la fracción fina arcillosa o de óxidos). Eventualmente pueden mostrar una distribución más irregular, pero siempre con una tendencia a la constancia de contenidos o a un leve descenso a granulometrías crecientes.

El Hg 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.

El As presenta, asimismo, curvas bastante irregulares en comparación con otros elementos de mineralización. El Rb muestra tendencias similares a las del K, elemento al que tiende a sustituir en las redes cristalinas de los silicatos.

P y S tienen tendencias generalmente regulares, descendentes o planas.

Los elementos del **grupo de las tierras raras** (Ce-La-Lu-Nd-Sm-Sc-Eu-Yb) y otros asociados, como Y-Th-U, muestran, en general, una distribución muy irregular, con efectos de pico marcados, sobre todo en el caso del U, aunque a veces presentan disposiciones más regulares (zonas 1, 22, 23). En las pautas irregulares, éstas son a veces similares a las que presentan los elementos mayores (zona 19) sugiriendo este hecho la ocurrencia de dichos elementos en las redes de los silicatos, mientras que en otros casos los picos de las distribuciones son totalmente diferentes a los de los mayores, pudiéndose atribuir este hecho a la presencia de estos elementos en otro tipo de resistatos (allanita, monacita, xenotima). Puede interpretarse que en la mayoría de los casos, estos elementos son liberados en el proceso de distribución de los silicatos primarios en los que están incluidos en pequeña proporción (feldespatos, ferromagnesianos) y adsorbidos en las fracciones más finas. En otros casos, aparecen en minerales accesorios propios (monacitas, xenotimas, etc...) que se comportan como resistatos, por lo que en sedimentos o suelos resultantes, se asocian los contenidos más altos a fracciones más gruesas.

U y elementos del grupo de las tierras raras presentan tendencias irregulares, con efectos de pico, sobre todo en aquellas muestras o zonas en las que los elementos mayores son también irregulares, indicando este hecho su ocurrencia como elementos traza en los silicatos.

Au, Mo, Ta, Sn son, asimismo, muy irregulares, alcanzando generalmente sus mayores concentraciones en granulometrías medias o groseras (dispersiones mecánicas), independientemente de las tendencias de elementos mayores (casiterita, tantalita,...).

#### 5.1.4.2.1.3.- Respuestas de litologías y mineralizaciones

Las distintas naturalezas litológicas de las zonas muestreadas se reflejan en los valores de las concentraciones geoquímicas de las muestras, en mayor o menor medida en función de la granulometría. Así, se observan los siguientes rasgos relativos a las **litologías**:

Valores más elevados de K, Na, Rb, Be, Pb, W, para todas las granulometrías, en granitoides hercínicos (zonas: 1, 13, 15)

Valores relativamente elevados de Al, K, Fe, Cr, Li, para todas las granulometrías, en pizarras y cuarcitas de diversas edades (zona: 5). La diferenciación de las unidades ordovícicas, devónicas y carboníferas es más delicada, dado el escaso número de muestras (zona: 5). Tienen en común estas litologías la regularidad de las curvas de variación.

Valores más altos de Fe y Na (> 2%), para todas las granulometrías, en los materiales volcánico sedimentarios de la Fm. Malcocinado (Zonas 8 y 99)

Valores más elevados, con respecto a los de Al y Fe, de Ca, K, Na y Mg, para todas las granulometrías, en las rocas de la Serie Negra (zonas 14, 19 y 25).

Valores elevados en Ca y bajos de los restantes elementos mayores, así como contenidos elevados en Sr y Hg, en la Fm. Carbonatada.

Valores relativamente elevados en Fe, Al y K en las pizarras y grauvacas de la Fm. Azuaga.

En lo que respecta a la **respuesta de las zonas que contienen mineralizaciones**, éstas son, en general muy marcadas.

Las mineralizaciones de W y W-Sn están relacionadas con valores muy anómalos de W-Mo-Ta-As e incluso Be, que se manifiestan en todas las granulometrías (tendencias planas o descendentes), pero, a menudo, en las fracciones finas.

Las mineralizaciones de Hg en la Fm. Carbonatada (zona 4) dan lugar a muy fuertes anomalías de Hg (1.000 a 10.000 ppb) y Ba (10.000 a 100.000 ppm) y algo más débiles de Pb (>100 ppm), Ni, As y Mo. Los valores más elevados de Hg y Ba se mantienen en las diversas granulometrías mientras que los restantes elementos presentan concentraciones más altas en las granulometrías finas. Los mayores contrastes se producen en las fracciones inferiores a 125 micras.

Las mineralizaciones de Cu (zonas 6, 9, 10) se manifiestan por anomalías medias de Cu (del orden de 100 ppm), Ni, As y eventualmente Sb. Los valores anómalos corresponden a las granulometrías más finas presentándose en ellas los mayores contrastes de anomalía (por comparación con muestras similares estériles).

Las mineralizaciones de Ba presentan, en suelos, una anomalía media de que se manifiesta con intensidad similar en las diversas granulometrías.

Las mineralizaciones de Zn (zonas 10 y 11) se manifiestan por anomalías claras en sedimentos, de Cu (hasta 720 ppm), Zn (hasta 304 ppm), Pb (hasta 306 ppm), Sb, Ag, Cd, Ni, y en suelos (más elevadas). En todos los casos las concentraciones más elevadas están ligadas a las fracciones más finas (< 63 micras) en curvas de tendencias claramente decrecientes. Es en estas granulometrías finas en las que se encuentra el mayor contraste de anomalía.

Las mineralizaciones de As (Au), en la zona 13, se expresan en anomalías medias de Cu, As, Au, Ag, en general, con valores máximos en granulometrías finas (Cu, Ag) o intermedias (Au, As).

En **conclusión**, las muestras de sedimentos y suelos reflejan y permiten discriminar, a partir de sus concentraciones geoquímicas, tanto a las unidades litológicas principales como a las mineralizaciones. Los diferentes entornos geológicos de las zonas consideradas quedan bastante bien diferenciados por los perfiles geoquímicos de las muestras tomadas en las zonas piloto, reflejando, por lo tanto, de manera satisfactoria la variabilidad geológica. Así, por ejemplo, los contenidos en elementos mayores de las fracciones granulométricas relativas a las muestras discriminan bien a las diferentes litologías. En general los contrastes de concentración son más marcados en las fracciones finas, aún cuando algunos elementos son más definitorios en fracciones granulométricas intermedias.

A efectos prácticos, interesa analizar la fracción granulométrica que presenta los contenidos más elevados de los diferentes elementos y que marquen los rasgos litológicos y den lugar a las anomalías más contrastadas. Ello plantea una dificultad, pues se ha visto que los comportamientos de los elementos son a veces, y en función de una serie de factores, como su medio morfo-climático o la naturaleza de la unidad litoestratigráfica en la que se toma la muestra, contrapuestos. Por ello debe elegirse una fracción que sea una solución de compromiso entre su idoneidad geoquímica, su existencia o abundancia en los cauces de los arroyos y en los suelos, y la posibilidad de ser atacados químicamente para su análisis químico **sin necesidad de molienda**

#### **5.1.4.3.- Resultados**

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 $\mu$**  (que agrupa a la < 63 $\mu$ , a la 63-125 $\mu$  y a parte de la 125-177  $\mu$ ). Es una solución de compromiso que satisface a varios requerimientos:

- ◇ **disponibilidad:** la fracción <63 $\mu$  es más escasa y obliga a tomar mayor peso de muestra.
- ◇ la mayor parte de los elementos metálicos muestra regularmente contenidos más elevados (junto con la <63 $\mu$ ) que en otras fracciones. Elementos como Cr, V o Ni, que a veces los tienen más altos en fracciones mas gruesas, los tienen sin embargo en ellas más elevados que en la < 63 $\mu$ .
- ◇ los elementos mayores (salvo, a veces, el Fe) muestran en la fracción <125 $\mu$ , dadas las formas de sus curvas, contenidos más elevados (junto con la fracción <63 $\mu$ ), por lo que esta granulometría puede reflejar de forma satisfactoria los rasgos litológicos.
- ◇ esta fracción no requiere (a diferencia de la fracción mayor de 177 $\mu$ ) molienda previa a su análisis, lo que simplifica y abarata la campaña.
- ◇ los contenidos de los diferentes elementos apreciados en las muestras analizadas, representativas del conjunto de litologías, en su gran mayoría superiores a los límites de detección respectivos, 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  $\mu$  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.



Figura 5-22 a. Zona 10 - Muestra 22 - Suelo. Variación de los contenidos de elementos mayores en diferentes fracciones granulométricas.

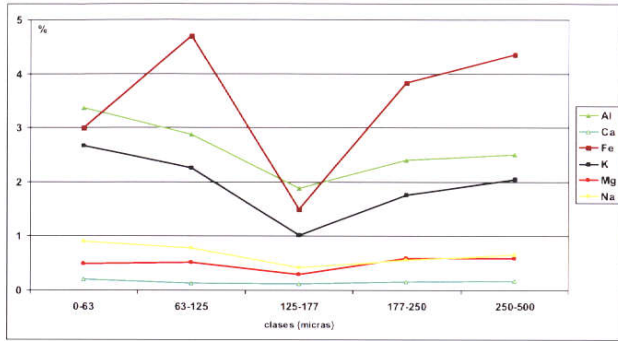


Figura 5-22 b. Zona 10 - Muestra 22 - Suelo. Variación de los contenidos de elementos en diferentes fracciones granulométricas.

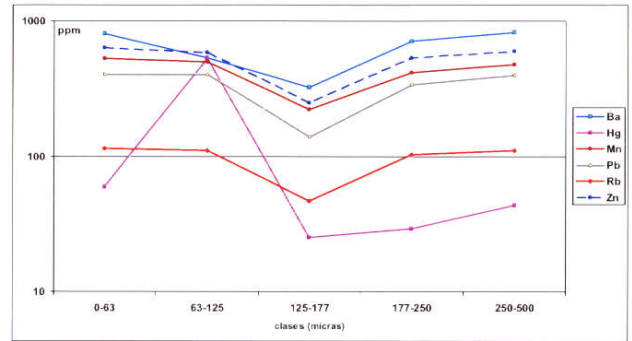


Figura 5-22 c. Zona 10 - Muestra 22 - Suelo. Variación de los contenidos de elementos en diferentes fracciones granulométricas.

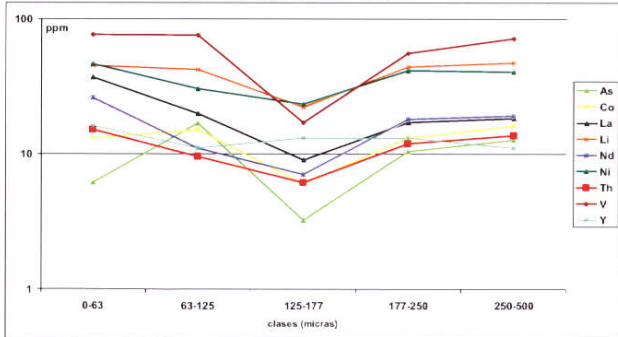


Figura 5-22 d. Zona 10 - Muestra 22 - Suelo. Variación de los contenidos de elementos en diferentes fracciones granulométricas.

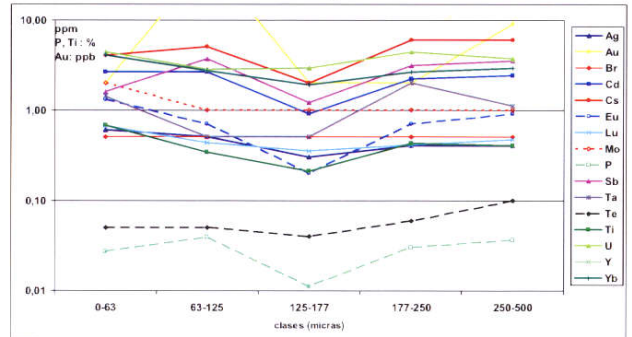


Figura 5-46 a. Zona 22 - Muestra 47 - Sedimento. Variación de los contenidos de elementos mayores en diferentes fracciones granulométricas.

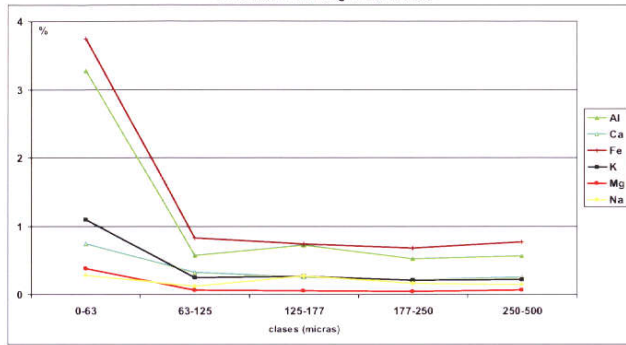


Figura 5-46 b. Zona 22 - Muestra 47 - Sedimento. Variación de los contenidos de elementos en diferentes fracciones granulométricas.

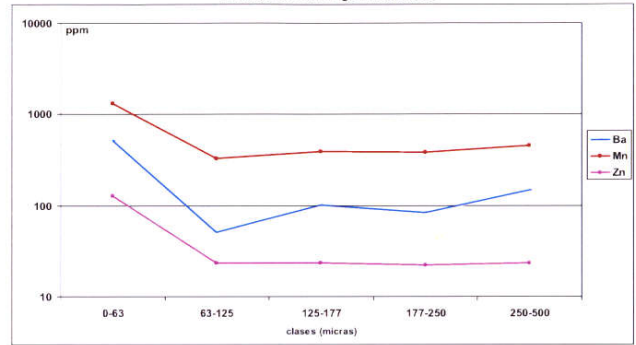


Figura 5-46 b. Zona 22 - Muestra 47 - Sedimento. Variación de los contenidos de elementos en diferentes fracciones granulométricas.

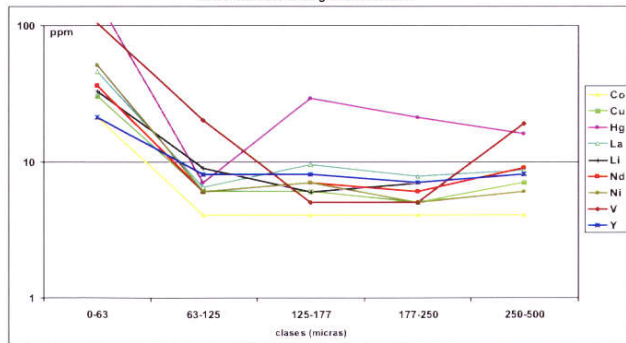
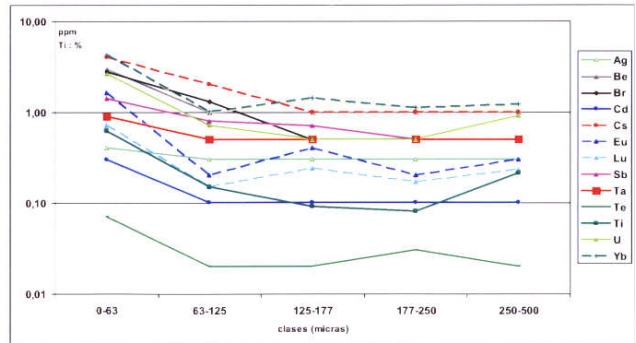


Figura 5-46 d. Zona 22 - Muestra 47 - Sedimento. Variación de los contenidos de elementos en diferentes fracciones granulométricas.



## **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 6.700 km<sup>2</sup>. Se ha recogido la cantidad de **7.407 muestras de sedimentos de corriente y, eventualmente, de suelos**. Ello supone **una densidad de muestreo media de 1,10 muestras/km<sup>2</sup>**. En otras palabras, **cada muestra tomada cubre o representa una cuenca de 0,9 km<sup>2</sup>**. 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 km<sup>2</sup>). Ello se justifica por el interés metalogénico de la zona y la importancia del objetivo exploratorio que tiene este estudio.

**De las 7.407 muestras tomadas, 6.262 corresponden a sedimentos de corriente y 1.145 a suelos residuales.**

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 Agosto de 2003, periodo en el que salvo algunos chubascos ocasionales, el tiempo ha sido seco. Ha sido efectuado, en régimen de subcontratación, por equipos de la empresa Consultora en Recursos Naturales (CRN). Han actuado, para ello, seis 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.

El desmuestre 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, en general, en húmedo, a 1 mm de tamaño, tomándose la fracción inferior. Las muestras se han guardado en bolsas de plástico 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 coordenadas del GPS y de la situación en el mapa topográfico.

En la zona existen 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, así como otras existentes en la zona (área de Los Santos, área del granito de Quintana) ocupadas por materiales paleozoicos o precámbricos, tienen un relieve muy plano y en ellas está muy mal definida la red hidrográfica que, además, es muy 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 ha mostrado 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/km<sup>2</sup> en áreas con materiales paleozoicos. En las áreas así muestreadas se ha parcelado el territorio en celdas cuadradas de 1 km<sup>2</sup> y se ha ubicado en ellas el punto de muestreo situ, procurando colocarlo 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 1 mm, reflejándose las características del punto en una ficha.



Foto 6-1. Punto de desmuestre en arroyo con agua.



Foto 6-2. Punto de desmuestre en cauce seco



Foto 6-3. Punto de desmuestre en arroyo en la dehesa



Foto 6-4. Toma de sedimento en arroyo con agua



Foto 6-5. Toma de sedimento en cauce seco



Foto 6-6. Tamizado de sedimento por vía húmeda



Foto 6-7. Detalle del tamizado de un sedimento

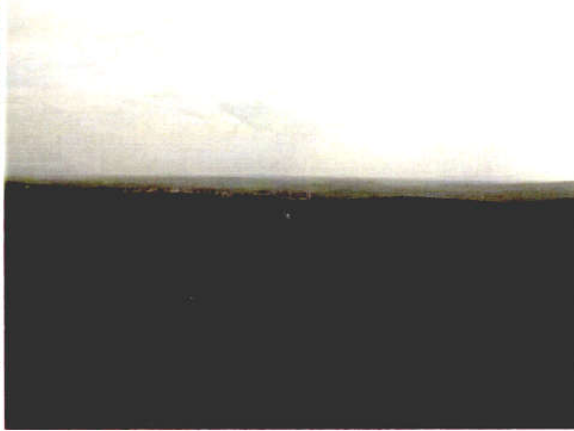


Foto 6-8. Mioceno en Tierra de Barros. Muestreo de suelo



Foto 6-9. Pocillo y toma de muestra de suelo



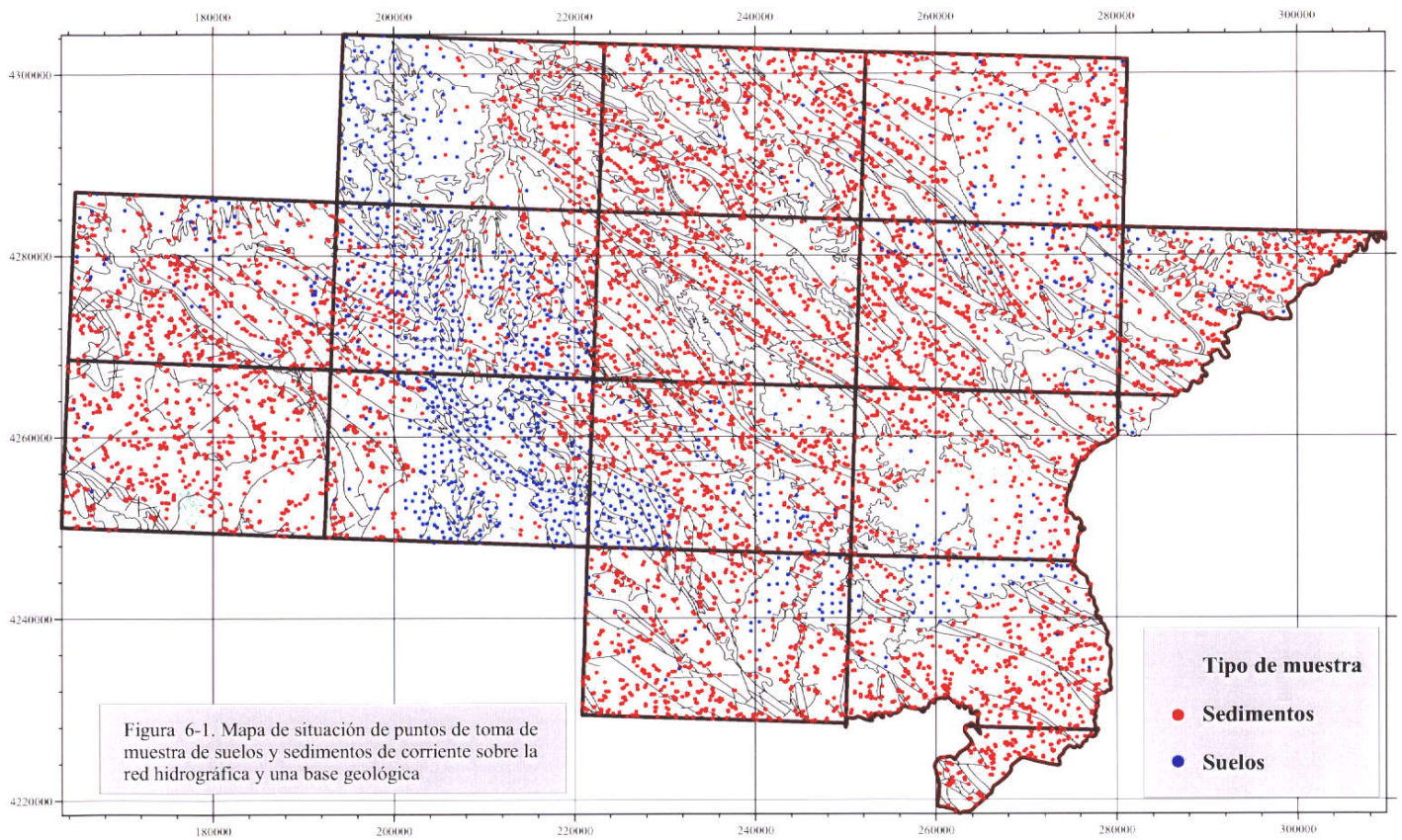
Foto 6-10. Aspecto de un pocillo para toma de suelo



Foto 6-11. Tamizado en seco de una muestra de suelo durante la fase de formación de prospectores



Foto 6-12. Fin de jornada. Recuento de muestras recogidas



## 6.2.- PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Las muestras de sedimentos y suelos han sido secadas en estufa a temperatura de 40 °C, disgregadas manualmente, homogeneizadas (habida cuenta del carácter compuesto de las muestras) y tamizadas a la granulometría determinada previamente, esto es, a 150 micras. La fracción menor de 150  $\mu$  ha sido cuarteada y envasada en un bote de plástico para su envío al laboratorio de análisis químico.

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 utilizadas para el control de calidad analítica y hacer una estimación del error analítico.



Foto 6-13. Secado de las muestras en estufas con temperatura controlada



Foto 6-14. Tamizado de muestras en el taller de preparación

## 6.3.- ANÁLISIS QUÍMICO MULTIELEMENTAL

La gama completa de 48 elementos, entre trazas y mayores, ha sido determinada en los laboratorios de ACTIVATION LABORATORIES LTD (ACTLABS) en Ancaster, (Ontario, Canadá). Se han determinado las concentraciones de **52 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 absorción atómica con el fin de bajar su límite de detección. El Hg ha sido analizado por absorción atómica con generación de hidruros.

**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 ICPAES (espectrometría de emisión plasma con acoplamiento inductivo)**, un gramo de submuestra de granulometría inferior a 150  $\mu$  se pone en disolución mediante un **ataque fuerte tetra-ácido (HCl, H<sub>2</sub>NO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub> y HF)**, 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.

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 (51), las técnicas utilizadas en cada caso y su límite inferior de detección.

<b>LIMITES DE DETECCIÓN</b>					
<b>Grupo determinado por Activación Neutrónica</b>					
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 ppm	Sc	1 ppm		
<b>Digestión Total. Grupo determinado por I.C.P.</b>					
Ag	0,5 ppm	K	0,01%	Pb	5 ppm
Al	0,01 ppm	Mg	0,1%	Sr	1 ppm
Be	2 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
<b>Otras técnicas (Absorción atómica)</b>					
Hg	1 ppb	Sb	0,1 ppm	Cd	0,1 ppm
Li	1 ppm	Zr	1 ppm	Te	1 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 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.

En las figuras 6-2, 6-3, 6-4 y 6-5 se representan series comparativas de valores de control interno para los diversos tipos de análisis. Los resultados son satisfactorios, indicando que durante el periodo de análisis no ha habido errores sistemáticos o derivas instrumentales apreciables.

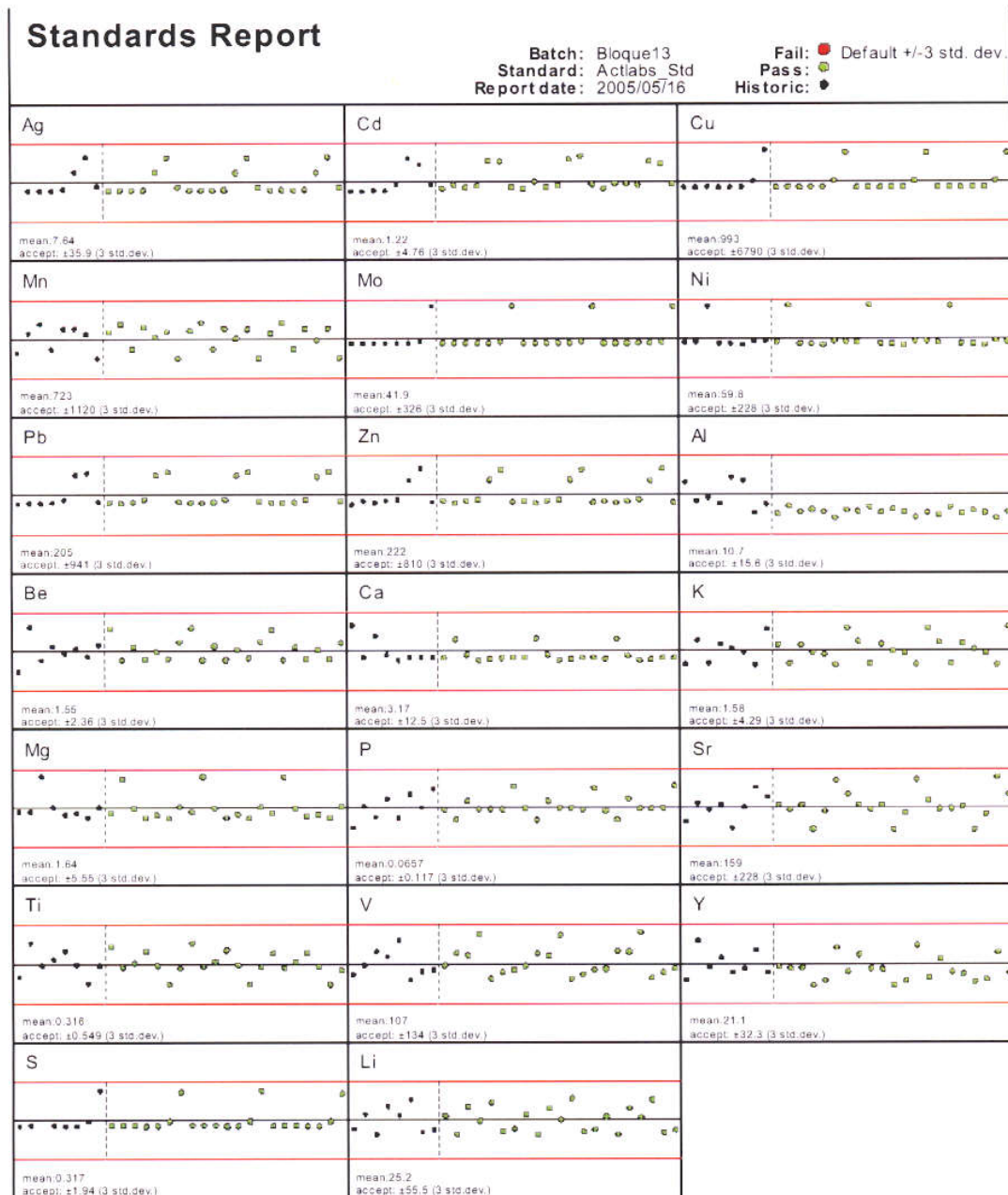
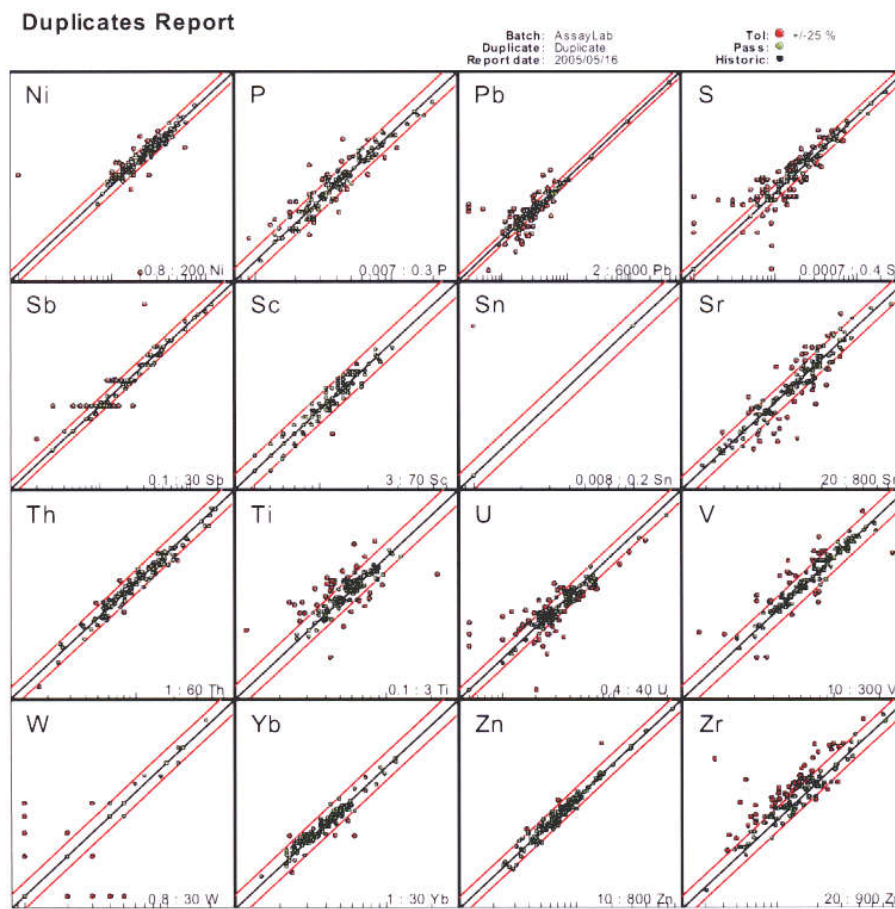
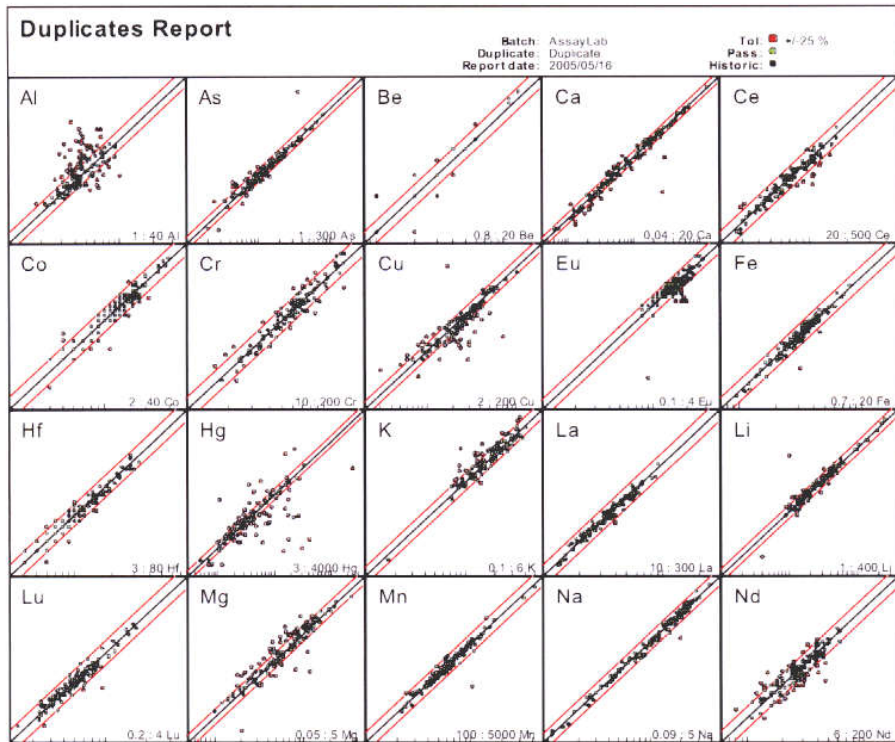


Figura 6-2 m. Representación de los resultados de una de las series (bloque 13) de control interno con muestras standart (patrones internacionales). Análisis por ICPAES

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 duplicadas de muestras reales cambiadas de número. Se comprueba después la correlación entre cada muestra y su duplicado que en el caso ideal es 1, y que no debe desviarse sensiblemente de ese valor. El control se ha realizado sobre un total de **131 muestras duplicadas, lo que representa el 1,77% del muestreo total**. La representación gráfica de las correlaciones entre muestras reales y duplicadas aparece en las figuras 6-6 a y 6-6-b.



Figuras 6-6 a y b. Correlaciones entre las determinaciones analíticas en muestras y duplicados

Puede verse en estas figuras que la precisión analítica es satisfactoria para la mayor parte de los elementos considerados, sobre todo en los valores medios y altos, salvo en el caso de los elementos que se encuentran en concentraciones próximas a su límite de detección, como es el caso de Ag, Bi o Be. Hay que recordar que el límite de detección se define como el valor para el cual el error es del 100%, por lo que es lógico que los contenidos cercanos a él presenten una mayor separación del caso ideal. En términos generales puede decirse que el error analítico es inferior al 20% para la mayoría de los elementos químicos.

#### 6.4.2.- CONTROL DE CALIDAD DE MUESTREO DE CAMPO

Una forma de valorar los posibles errores de muestreo, de conocer la variabilidad introducida por éstos y de estimar la reproducibilidad de las muestras tomadas, es la de tomar muestras duplicadas. El muestreo duplicado se ha realizado unas semanas después del muestreo realizado en la campaña general. Se han tomado las muestras en el mismo punto identificado por sus coordenadas y por la marca con "spray" dejada en el afloramiento más próximo. Las muestras duplicadas han sufrido el mismo tratamiento y análisis que las otras. **En total se han recogido 280 duplicados de campo (3,8 % de las muestras).** En las figuras 6-7 a y 6-7 b se representan las correlaciones entre muestras duplicadas.

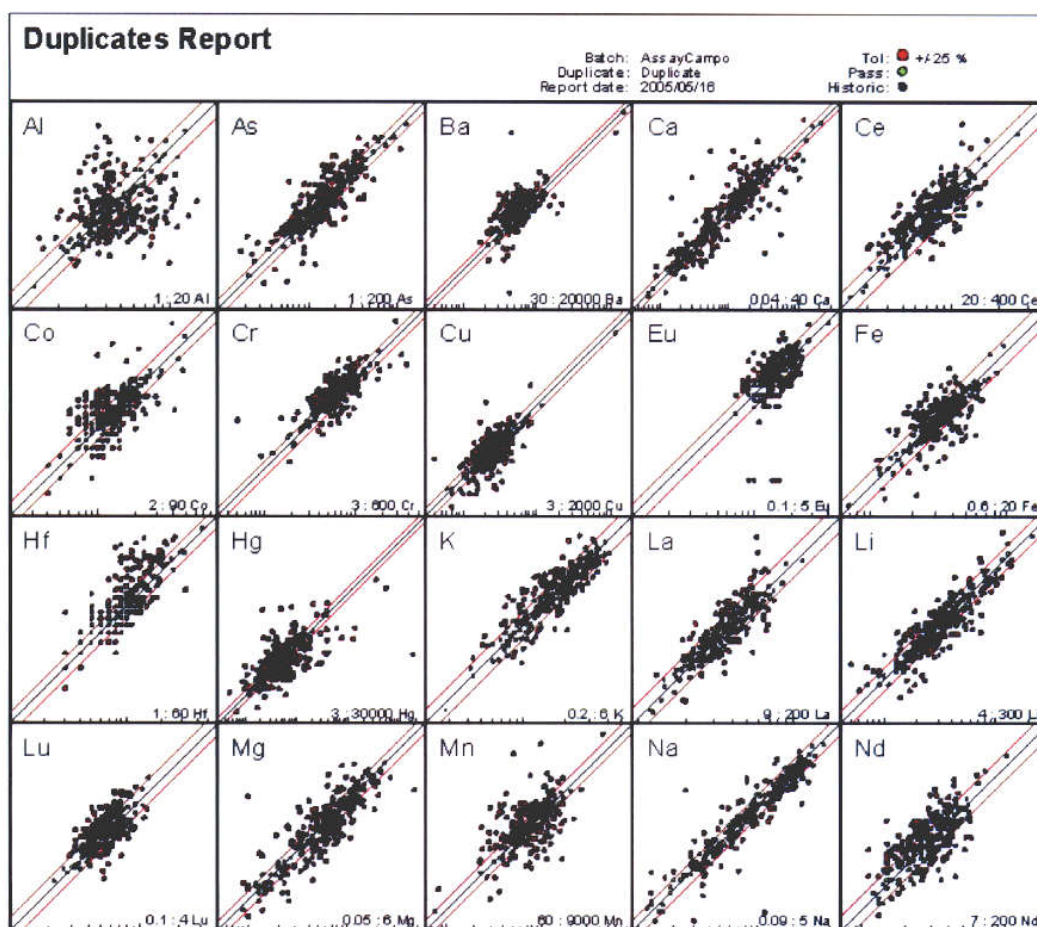


Figura 6-7 a. Diagrama de correlación de los análisis efectuados en muestras y sus duplicados de campo

Puede observarse en las figuras 6-7 a y 6-7 b que la correlación de los duplicados de las muestras de campo es menos buena que la de los duplicados analíticos. Ello es debido a que el muestreo introduce una varianza inevitable, al ser imposible tomar materiales absolutamente idénticos, varianza a la que hay que sumar la analítica, como se comprueba al constatar que la correlación es menor en los valores bajos. En cualquier caso, para los valores medios y altos la correlación es aceptable y el error menor del 25%.

## 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 bivariante y análisis multivariante.**

### 6.5.1. ESTUDIO O ANÁLISIS UNIVARIANTE

#### 6.5.1.1.- Estudio estadístico

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**. Destacan, por la gran diferencia entre el margen o rango de variación y el estimador de la tendencia central (media o mediana), elementos como Ag, Au, Ba, Bi, Cd, Hg, Mn, Pb, Sb, Te, W, S, Zn. Dicho de otra manera, tienen estos elementos un alto coeficiente de variación ( $\sigma/\mu$ ), superior a 1. Ello es debido, en algunos casos, a la presencia, en la zona, de litologías geoquímicamente muy contrastadas, en el caso de algunos de ellos, y a la existencia de numerosos valores anómalos o atípicos en otros. Por el contrario, otros elementos tienen margen de variación casi nulo, indicando que no tienen variaciones medibles, por estar prácticamente todas las concentraciones por debajo de su límite de detección ( $I_r$ ), o muy bajo ( $S_n$ ), siendo por lo tanto su importancia y consideración nulas a partir de ahora.

Al estar la población muestral compuesta por dos subpoblaciones, las correspondientes a sedimentos de corriente y suelos, se han hallado los parámetros estadísticos descriptivos de ambas subpoblaciones, que vienen reflejados en las **tablas 6-3 y 6-4**. Puede verse en ellas que se conservan los rasgos descritos para los citados elementos. La comparación de dichas tablas muestra algunas ligeras diferencias entre los estadísticos relativos a algunos elementos entre los suelos y los sedimentos. En general, las medianas de algunos elementos son ligeramente más elevadas en los suelos que en los sedimentos, aunque hay que tener en cuenta que la distribución de ambos tipos de muestras no es aleatoria y la ubicación de los suelos puede coincidir con áreas características muy específicas, más mineralizadas (Los Santos) o con litologías con mayor personalidad geoquímica.

Variable	Número	Media Aritmética	Mediana	Mínimo	Máximo	Cuartil Inferior	Cuartil Superior	Margen Variación	Varianza	Desviación Típica	Coefficiente Variación	Error Std. Media	Asimetría
Ag	1145	0.40	0,377	0,100	6,97	0,10	0,529	6,871	0,2	0,395	0,998	0,012	7,598
Al	1145	4,88	4,192	1,288	14,47	3,31	5,690	13,180	5,3	2,295	0,470	0,068	1,411
As	1145	20,06	14,100	2,000	574,00	10,00	20,900	572,000	909,5	30,158	1,504	0,891	11,824
Au	1145	4,38	1,000	1,000	250,00	1,00	4,000	249,000	134,6	11,601	2,651	0,343	13,019
Ba	1145	561,30	500,000	25,000	17000,00	410,00	640,000	16975,000	309800,2	556,597	0,992	16,449	23,432
Be	1145	2,25	2,126	0,500	10,50	1,63	2,626	9,996	1,0	0,985	0,437	0,029	1,719
Bi	1145	0,30	0,244	0,050	16,64	0,17	0,322	16,591	0,3	0,548	1,821	0,016	23,977
Br	1145	6,15	4,700	0,200	40,40	3,10	7,200	40,200	27,9	5,280	0,858	0,156	2,643
Ca	1145	3,01	1,360	0,041	26,92	0,45	3,064	26,875	19,3	4,388	1,456	0,130	2,500
Cd	1145	0,22	0,132	0,050	32,54	0,05	0,200	32,490	1,1	1,031	4,770	0,030	27,866
Ce	1145	69,90	67,000	16,000	201,00	53,00	81,000	185,000	650,5	25,504	0,385	0,754	1,085
Co	1145	13,92	13,000	2,000	43,00	11,00	17,000	41,000	28,4	5,136	0,389	0,152	0,995
Cr	1145	68,61	63,000	2,000	455,00	49,00	81,000	453,000	1161,4	34,079	0,497	1,007	3,292
Cs	1145	4,31	4,000	0,500	34,00	3,00	5,000	33,500	8,1	2,839	0,659	0,084	3,109
Cu	1145	27,55	23,632	1,164	308,11	16,75	32,827	306,950	427,8	20,683	0,751	0,611	5,575
Eu	1145	1,48	1,400	0,100	6,00	1,20	1,700	5,900	0,2	0,405	0,275	0,012	1,654
Fe	1145	3,49	3,380	0,795	11,20	2,65	4,140	10,405	1,5	1,235	0,354	0,036	0,868
Hf	1145	8,70	7,000	1,000	32,00	5,00	10,000	31,000	24,2	4,919	0,565	0,145	1,686
Hg	1145	93,28	48,956	4,840	3139,65	32,00	85,890	3134,809	37678,2	194,109	2,081	5,736	8,914
Ir	1145	4,98	5,000	1,000	6,00	5,00	5,000	5,000	0,1	0,243	0,049	0,007	-14,154
K	1145	1,67	1,472	0,209	5,32	1,03	2,210	5,109	0,7	0,815	0,489	0,024	0,856
La	1145	35,26	33,800	9,000	110,00	27,00	40,900	101,000	164,2	12,814	0,363	0,379	1,154
Li	1145	32,20	27,154	4,831	219,38	20,45	35,779	214,546	459,5	21,435	0,666	0,633	3,279
Lu	1145	0,54	0,520	0,160	2,39	0,42	0,600	2,230	0,0	0,189	0,351	0,006	2,622
Mg	1145	0,84	0,764	0,084	3,63	0,45	1,136	3,542	0,2	0,495	0,592	0,015	1,053
Mn	1145	826,32	740,756	45,371	11640,57	538,45	957,130	11595,203	418967,9	647,277	0,783	19,129	8,811
Mo	1145	1,46	0,500	0,500	16,05	0,50	1,778	15,546	3,1	1,759	1,201	0,052	3,235
Na	1145	0,94	0,700	0,050	4,22	0,37	1,410	4,170	0,5	0,717	0,765	0,021	1,055
Nd	1145	27,71	27,000	2,000	90,00	22,00	33,000	88,000	96,4	9,820	0,354	0,290	1,092
Ni	1145	30,47	28,864	0,500	188,36	21,03	37,164	187,855	224,6	14,987	0,492	0,443	2,574
P	1145	0,04	0,034	0,005	0,38	0,03	0,051	0,372	0,0	0,031	0,726	0,001	3,870
Pb	1145	33,56	22,732	1,000	1814,36	13,40	35,476	1813,356	4899,0	69,993	2,085	2,068	17,200
Rb	1145	56,12	50,866	2,000	246,20	34,69	73,164	244,196	942,5	30,700	0,547	0,907	1,162
S	1145	0,02	0,014	0,001	0,26	0,01	0,023	0,262	0,0	0,019	0,970	0,001	3,777
Sb	1145	2,44	1,700	0,050	71,50	1,20	2,800	71,450	10,8	3,280	1,346	0,097	11,285
Sc	1145	12,18	11,600	2,430	35,50	8,80	15,000	33,070	23,2	4,815	0,395	0,142	0,946
Se	1145	0,59	0,515	0,050	4,34	0,34	0,725	4,289	0,2	0,423	0,715	0,012	2,154
Sm	1145	5,83	5,600	1,700	16,10	4,77	6,700	14,400	3,2	1,786	0,306	0,053	1,191
Sn	1145	0,01	0,010	0,010	0,13	0,01	0,010	0,120	0,0	0,005	0,517	0,000	18,180
Sr	1145	108,73	83,680	18,000	543,51	54,62	135,622	525,507	5886,5	76,724	0,706	2,267	1,646
Ta	1145	0,84	0,200	0,200	7,10	0,20	1,400	6,900	0,7	0,837	1,001	0,025	1,709
Tb	1145	0,64	0,700	0,200	3,10	0,20	1,000	2,900	0,2	0,444	0,688	0,013	0,765
Te	1145	0,10	0,076	0,010	1,07	0,05	0,120	1,060	0,0	0,100	0,994	0,003	3,578
Th	1145	10,26	9,100	1,600	58,20	7,00	11,800	56,600	35,0	5,914	0,577	0,175	3,031
Ti	1145	0,52	0,498	0,123	3,10	0,41	0,613	2,977	0,0	0,200	0,383	0,006	3,073
U	1145	2,67	2,300	0,600	19,00	1,80	3,100	18,400	2,7	1,647	0,616	0,049	3,989
V	1145	86,12	78,756	9,418	311,51	59,52	105,489	302,091	1713,8	41,398	0,481	1,223	1,535
W	1145	1,03	0,500	0,500	79,00	0,50	0,500	78,500	8,5	2,920	2,839	0,086	19,614
Y	1145	24,24	20,815	6,094	145,92	16,02	28,570	139,826	165,3	12,857	0,530	0,380	2,458
Yb	1145	3,57	3,400	1,000	16,40	2,80	4,000	15,400	1,6	1,267	0,355	0,037	2,820
Zn	1145	77,55	63,077	1,000	2483,39	45,03	83,350	2482,389	9114,8	95,471	1,231	2,821	15,657
Zr	1145	134,15	126,505	21,413	617,27	97,35	158,438	595,860	4434,0	66,588	0,496	1,968	2,424

Tabla 6-4. Parámetros estadísticos descriptivos de los contenidos elementales en los suelos

Variable	Número	Media Aritmética	Mediana	Mínimo	Máximo	Cuartil Inferior	Cuartil Superior	Margen Variación	Varianza	Desviación Típica	Coefficiente Variación	Error Std. Media	Asimetría
Ag	7407	0,54	0,43	0,10	46,24	0,10	0,67	46,14	0,84	0,91	1,68	0,01	23,14
Al	7407	4,84	4,18	0,05	17,69	3,31	5,57	17,64	5,33	2,31	0,48	0,03	1,53
As	7407	19,21	14,00	0,20	1040,00	9,30	21,60	1039,80	696,02	26,38	1,37	0,31	14,89
Au	7407	7,52	1,00	1,00	1880,00	1,00	4,00	1879,00	3214,85	56,70	7,54	0,66	21,14
Ba	7407	578,87	520,00	25,00	43000,00	410,00	660,00	42975,00	502561,84	708,92	1,22	8,24	36,07
Be	7407	2,56	2,41	0,50	13,34	1,84	3,07	12,84	1,34	1,16	0,45	0,01	2,30
Bi	7407	0,55	0,25	0,05	1119,37	0,17	0,37	1119,32	185,77	13,63	25,00	0,16	76,61
Br	7407	8,40	6,30	0,20	106,00	3,90	10,70	105,80	53,38	7,31	0,87	0,08	3,15
Ca	7407	1,54	0,71	0,01	26,92	0,27	1,79	26,91	5,98	2,45	1,59	0,03	4,21
Cd	7407	0,21	0,12	0,02	41,27	0,05	0,19	41,25	0,77	0,88	4,14	0,01	28,30
Ce	7407	79,42	74,00	16,00	873,00	58,00	96,00	857,00	1070,80	32,72	0,41	0,38	3,75
Co	7407	14,64	14,00	0,50	143,00	10,00	17,00	142,50	55,26	7,43	0,51	0,09	4,13
Cr	7407	72,25	64,00	2,00	1180,00	49,00	83,00	1178,00	2382,47	48,81	0,68	0,57	6,25
Cs	7407	4,31	4,00	0,50	48,00	2,00	5,00	47,50	10,92	3,30	0,77	0,04	3,83
Cu	7407	27,10	23,52	0,50	1661,91	16,47	32,38	1561,41	810,95	28,48	1,05	0,33	31,33
Eu	7407	1,56	1,50	0,10	6,00	1,30	1,80	5,90	0,20	0,45	0,29	0,01	1,45
Fe	7407	3,46	3,35	0,39	13,50	2,61	4,74	13,11	1,69	1,30	0,38	0,02	0,95
Hf	7407	11,02	9,00	1,00	130,00	7,00	14,00	129,00	37,27	6,11	0,55	0,07	3,04
Hg	7407	101,32	46,74	2,00	17330,01	29,40	80,48	17328,01	166279,38	407,77	4,02	4,74	24,76
Ir	7407	4,99	5,00	1,00	6,00	5,00	5,00	5,00	0,03	0,18	0,04	0,00	-19,96
K	7407	1,79	1,68	0,01	5,32	1,19	2,30	5,31	0,62	0,79	0,44	0,01	0,56
La	7407	38,43	35,80	1,00	560,00	28,00	46,10	559,00	272,48	16,51	0,43	0,19	6,27
Li	7407	37,85	29,22	0,24	289,89	19,85	47,65	289,64	728,45	26,99	0,71	0,31	2,20
Lu	7407	0,58	0,56	0,15	2,39	0,46	0,67	2,24	0,03	0,18	0,31	0,00	1,64
Mg	7407	0,71	0,60	0,01	5,49	0,33	0,99	5,48	0,27	0,52	0,72	0,01	1,58
Mn	7407	808,99	715,92	1,63	53494,29	516,30	965,59	53492,65	639094,55	799,43	0,99	9,29	40,06
Mo	7407	1,78	1,20	0,50	88,51	0,50	2,17	88,01	4,88	2,21	1,24	0,03	10,45
Na	7407	1,03	0,84	0,05	4,24	0,38	1,57	4,19	0,56	0,75	0,72	0,01	0,76
Nd	7407	30,50	29,00	2,00	364,00	22,00	36,00	362,00	161,77	12,72	0,42	0,15	4,08
Ni	7407	32,04	28,63	0,50	864,80	20,97	38,03	864,30	538,01	23,20	0,72	0,27	10,17
P	7407	0,05	0,04	0,00	0,47	0,03	0,06	0,47	0,00	0,03	0,70	0,00	3,83
Pb	7407	73,06	26,56	1,00	50219,62	16,84	40,53	50218,62	614049,98	783,61	10,73	9,10	44,89
Rb	7407	59,34	53,69	2,00	312,50	33,29	79,75	310,50	1262,15	35,53	0,60	0,41	1,11
S	7407	0,03	0,02	0,00	0,89	0,01	0,03	0,89	0,00	0,04	1,29	0,00	7,52
Sb	7407	2,17	1,50	0,05	141,00	1,00	2,40	140,95	10,40	3,23	1,48	0,04	17,40
Sc	7407	11,97	11,50	1,70	39,50	8,90	14,40	37,80	21,26	4,61	0,39	0,05	0,96
Se	7407	0,62	0,54	0,05	7,16	0,36	0,76	7,11	0,18	0,42	0,68	0,00	3,00
Sm	7407	6,23	5,90	1,60	59,90	4,80	7,20	58,30	4,94	2,22	0,36	0,03	3,53
Sn	7407	0,01	0,01	0,01	0,13	0,01	0,01	0,12	0,00	0,00	0,30	0,00	25,86
Sr	7407	123,27	101,05	1,00	891,80	66,36	158,87	890,80	6563,76	81,02	0,66	0,94	1,87
Ta	7407	1,04	0,90	0,20	14,40	0,20	1,60	14,20	1,18	1,09	1,05	0,01	2,44
Tb	7407	0,66	0,70	0,20	5,70	0,20	1,00	5,50	0,20	0,45	0,68	0,01	0,75
Te	7407	0,09	0,06	0,00	2,26	0,04	0,10	2,26	0,03	0,16	1,78	0,00	8,05
Th	7407	11,92	10,50	1,50	320,00	7,70	14,30	318,50	74,38	8,62	0,72	0,10	13,08
Ti	7407	0,56	0,53	0,01	3,48	0,43	0,65	3,47	0,05	0,23	0,42	0,00	2,71
U	7407	3,42	3,00	-0,60	162,00	2,10	3,90	162,60	9,05	3,01	0,88	0,03	23,95
V	7407	91,40	84,31	1,00	1829,06	62,85	113,19	1828,06	2238,45	47,31	0,52	0,55	7,63
W	7407	1,74	0,50	0,50	2170,00	0,50	0,50	2169,50	707,94	26,61	15,30	0,31	74,55
Y	7407	21,37	17,73	1,00	145,92	13,34	25,62	144,92	148,01	12,17	0,57	0,14	2,01
Yb	7407	3,86	3,70	1,00	16,40	3,10	4,40	15,40	1,45	1,20	0,31	0,01	1,72
Zn	7407	88,66	69,19	1,00	3573,74	49,91	95,71	3572,74	12676,33	112,59	1,27	1,31	15,00
Zr	7407	151,75	139,21	-0,10	1350,00	108,84	179,72	1350,10	5857,86	76,54	0,50	0,89	3,40

Tabla 6-2. Parámetros estadísticos descriptivos de los contenidos elementales en la población total (sedimentos y suelos)

Variable	Número	Media Aritmética	Mediana	Mínimo	Máximo	Cuartil Inferior	Cuartil Superior	Margen Variación	Varianza	Desviación Típica	Coefficiente Variación	Error Std. Media	Asimetría
Ag	6262	0,572	0,440	0,100	46,238	0,100	0,704	46,138	0,956	0,978	1,710	0,012	22,235
Al	6262	4,833	4,184	0,046	17,690	3,314	5,544	17,644	5,346	2,312	0,478	0,029	1,549
As	6262	19,057	14,000	0,200	1040,000	9,100	21,800	1039,800	656,986	25,632	1,345	0,324	15,687
Au	6262	8,090	1,000	1,000	1880,000	1,000	4,000	1879,000	3775,788	61,447	7,596	0,776	19,605
Ba	6262	582,081	520,000	25,000	43000,000	410,000	660,000	42975,000	537779,555	733,335	1,260	9,265	36,668
Be	6262	2,617	2,470	0,500	13,341	1,881	3,136	12,841	1,384	1,176	0,449	0,015	2,361
Bi	6262	0,590	0,256	0,050	1119,368	0,175	0,373	1119,318	219,663	14,821	25,127	0,187	70,471
Br	6262	8,807	6,700	0,200	106,000	4,100	11,300	105,800	56,959	7,547	0,857	0,095	3,135
Ca	6262	1,274	0,627	0,010	26,874	0,252	1,617	26,864	3,093	1,759	1,380	0,022	3,814
Cd	6262	0,212	0,115	0,023	41,270	0,050	0,186	41,247	0,719	0,848	4,007	0,011	28,113
Ce	6262	81,154	76,000	20,000	873,000	59,000	98,000	853,000	1128,162	33,588	0,414	0,424	3,950
Ce	6262	14,772	14,000	0,500	143,000	10,000	17,000	142,500	60,434	7,774	0,526	0,098	4,194
Cr	6262	72,914	64,000	2,000	1180,000	49,000	84,000	1178,000	2602,993	51,020	0,700	0,645	6,273
Cs	6262	4,307	4,000	0,500	48,000	2,000	5,000	47,500	11,446	3,383	0,785	0,043	3,891
Cu	6262	27,020	23,503	0,500	1561,905	16,414	32,353	1561,405	881,008	29,682	1,099	0,375	32,388
Eu	6262	1,578	1,500	0,100	5,900	1,300	1,800	5,800	0,210	0,458	0,290	0,006	1,418
Fe	6262	3,459	3,350	0,390	13,500	2,600	4,140	13,110	1,725	1,313	0,380	0,017	0,962
Hf	6262	11,444	10,000	2,000	130,000	7,000	14,000	128,000	38,502	6,205	0,542	0,078	3,207
Hg	6262	102,785	46,095	2,000	17330,013	28,894	79,624	17328,013	189782,248	435,640	4,238	5,504	23,867
Ir	6262	4,992	5,000	1,000	5,000	5,000	5,000	4,000	0,028	0,167	0,033	0,002	-22,063
K	6262	1,812	1,717	0,100	4,908	1,223	2,319	4,898	0,611	0,782	0,431	0,010	0,515
La	6262	39,010	36,300	1,000	560,000	28,200	46,900	559,000	290,131	17,033	0,437	0,215	6,617
Li	6262	38,884	30,103	0,244	289,887	19,692	50,149	289,643	770,794	27,763	0,714	0,351	2,072
Lu	6262	0,592	0,570	0,150	2,010	0,470	0,680	1,860	0,031	0,177	0,300	0,002	1,481
Mg	6262	0,692	0,567	0,010	5,494	0,307	0,954	5,484	0,268	0,518	0,748	0,007	1,696
Mn	6262	805,826	711,859	1,634	53494,288	511,265	967,248	53492,654	679333,616	824,217	1,023	10,413	42,466
Mo	6262	1,839	1,259	0,500	88,513	0,500	2,224	88,013	5,181	2,276	1,238	0,029	10,986
Na	6262	1,052	0,880	0,050	4,240	0,390	1,590	4,190	0,567	0,753	0,716	0,010	0,716
Nd	6262	31,005	29,000	2,000	364,000	22,000	37,000	362,000	172,046	13,117	0,423	0,166	4,267
Ni	6262	32,333	28,594	0,500	864,803	20,963	38,228	864,303	594,802	24,389	0,754	0,308	10,213
P	6262	0,051	0,043	0,001	0,469	0,031	0,059	0,468	0,001	0,035	0,692	0,000	3,841
Pb	6262	80,282	27,109	1,000	50219,622	17,521	41,405	50218,622	725060,466	851,505	10,606	10,758	41,357
Rb	6262	59,930	54,223	2,000	312,499	32,930	81,168	310,499	1318,401	36,310	0,606	0,459	1,090
S	6262	0,030	0,021	0,001	0,887	0,012	0,034	0,886	0,001	0,039	1,292	0,000	7,328
Sb	6262	2,125	1,500	0,050	141,000	1,000	2,300	140,950	10,323	3,213	1,512	0,041	18,629
Sc	6262	11,937	11,500	1,700	39,500	8,900	14,400	37,800	20,901	4,572	0,383	0,058	0,956
Se	6262	0,620	0,544	0,050	7,164	0,369	0,767	7,114	0,176	0,419	0,677	0,005	3,167
Sm	6262	6,300	6,000	1,600	59,900	4,800	7,300	58,300	5,231	2,287	0,363	0,029	3,693
Sn	6262	0,010	0,010	0,010	0,090	0,010	0,010	0,080	0,000	0,002	0,235	0,000	25,642
Sr	6262	125,927	104,069	1,000	891,802	68,830	161,264	890,802	6642,815	81,503	0,647	1,030	1,908
Ta	6262	1,075	0,900	0,200	14,400	0,200	1,600	14,200	1,257	1,121	1,042	0,014	2,443
Tb	6262	0,664	0,700	0,200	5,700	0,200	1,000	5,500	0,204	0,451	0,680	0,006	0,744
Te	6262	0,091	0,063	0,000	2,259	0,038	0,096	2,259	0,030	0,173	1,909	0,002	7,987
Th	6262	12,228	10,800	1,500	320,000	7,800	14,700	318,500	80,993	9,000	0,736	0,114	13,408
Ti	6262	0,572	0,532	0,010	3,477	0,433	0,663	3,467	0,057	0,239	0,419	0,003	2,654
U	6262	3,552	3,100	-0,600	162,000	2,300	4,100	162,600	10,088	3,176	0,894	0,040	23,868
V	6262	92,364	85,277	1,000	1829,061	63,590	114,954	1828,061	2328,612	48,256	0,522	0,610	8,310
W	6262	1,869	0,500	0,500	2170,000	0,500	0,500	2169,500	835,680	28,908	15,467	0,365	68,736
Y	6262	20,841	17,146	1,000	103,685	13,013	24,833	102,685	143,090	11,962	0,574	0,151	1,920
Yb	6262	3,908	3,800	1,000	13,000	3,100	4,500	12,000	1,403	1,184	0,303	0,015	1,522
Zn	6262	90,688	70,350	1,000	3573,738	50,985	98,058	3572,738	13302,145	115,335	1,272	1,457	14,868
Zr	6262	154,969	142,497	-0,100	1350,000	110,744	182,868	1350,100	6051,520	77,792	0,502	0,983	3,517

Tabla 6-3. Parámetros estadísticos descriptivos de los contenidos elementales en los sedimentos de corriente

#### 6.5.1.1.1.- 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 la población.

Las formas de las distribuciones elementales aparecen en los **histogramas y funciones de distribución asociadas** que se pueden ver en las figuras 6-8 a 6-58. Pueden apreciarse en ellos 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 lo hacen, los elementos mayores, presentan en este caso distribuciones con marcada asimetría positiva (Ca, Al, Mg, Na, Fe) o una evidente polimodalidad (Na, Al). 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 así mismo los elementos traza que presentan histogramas con tendencia normal, con formas de campana. Únicamente Co, Lu y Sr lo hacen, aún cuando es claramente observable en ellos la existencia de una cola de valores atípicos. La mayoría de los restantes elementos muestran así mismo en sus histogramas grandes dispersiones y marcadas asimetrías positivas (por ejemplo Cr, Au, As, Ce, Hg, Se, Ni, etc.). Únicamente Sc, Eu, Rb, Sm tienen distribuciones que se aproximan a una normal, aún cuando contienen sus distribuciones algunos valores atípicos que les confieren asimetría positiva.
- Las principales consecuencias que pueden extraerse de ellos 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 y 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 agrupación de las distribuciones en los sedimentos testimonian de los efectos de mezcla, homogeneización y dilución inherentes a los sedimentos de corriente.

#### 6.5.1.1.2.- Diagramas de cajas o boxplots de la población total

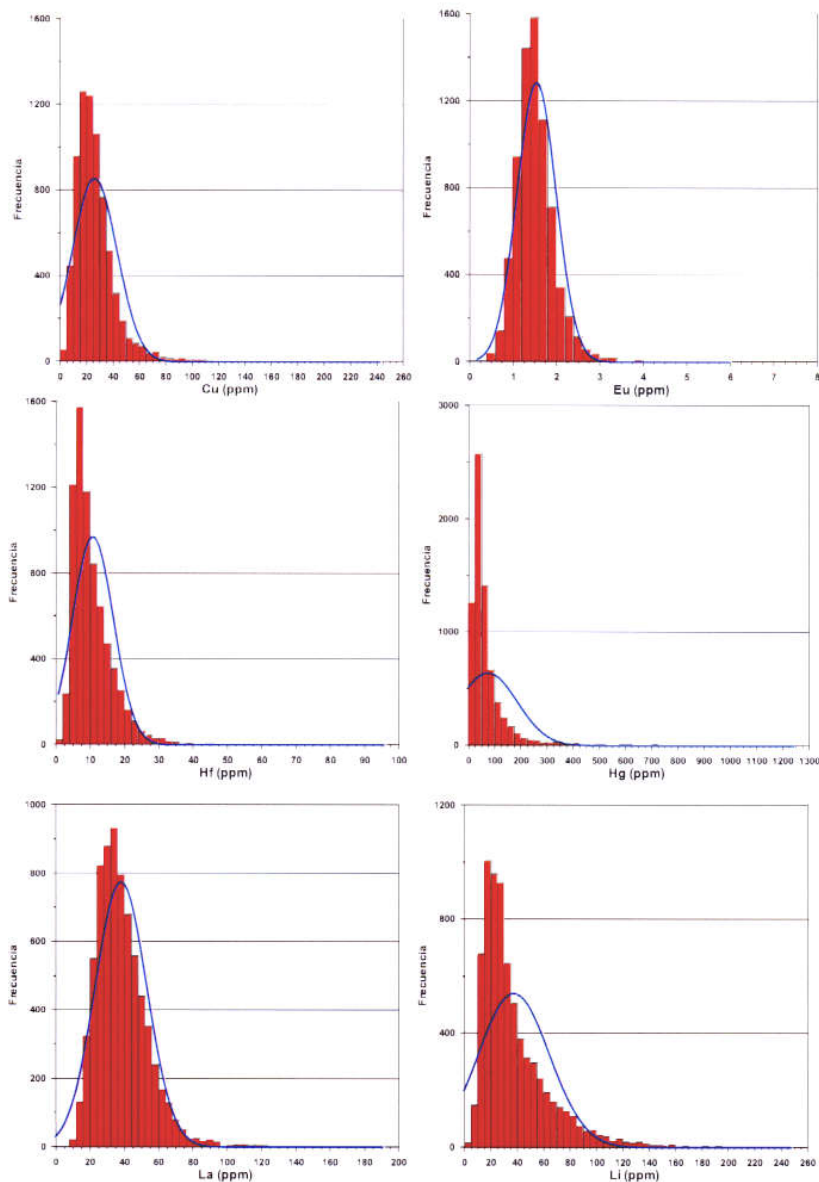
Sin embargo, es necesario señalar que las distribuciones geoquímicas deben su naturaleza a un cúmulo de factores no siempre conocidos y que raramente se asimilan o siguen una función o ley matemática. “Son como son” y la tendencia actual, expresada en los métodos del análisis exploratorio de datos (EDA), es a hacer una descripción basada en el ordenamiento de los valores por percentiles, sin atribuirles ningún concepto de distribución matemático. 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 de variación, dispersión de la población, asimetría, tramo en el que agrupan el 50% central de la población (intercuartil 25-75%), el **valor central o de fondo expresado por la mediana**, umbrales de valores que se separan claramente de la distribución (“outliers” y valores extremos). En los gráficos de las figuras 6-59 a 6-102 se encuentran los diagramas de cajas de los elementos analizados en la población global (7.407 muestras).

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, Sr, Cr, Ni, K, Mg, Y, Zn; la presencia de numerosos valores atípicos en el caso de Au, As, Fe, Ag, Cd, Pb, S. En estos gráficos pueden verse, de forma fácil y rápida, los principales parámetros de sus distribuciones reales.

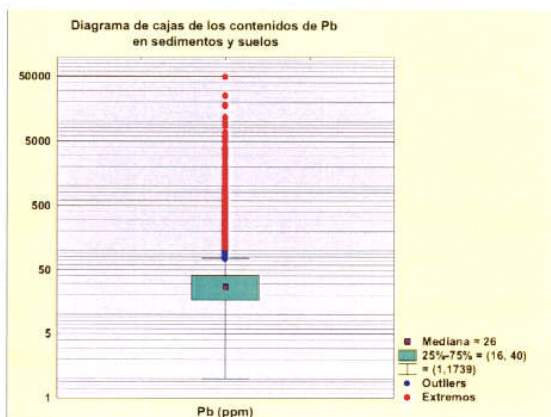
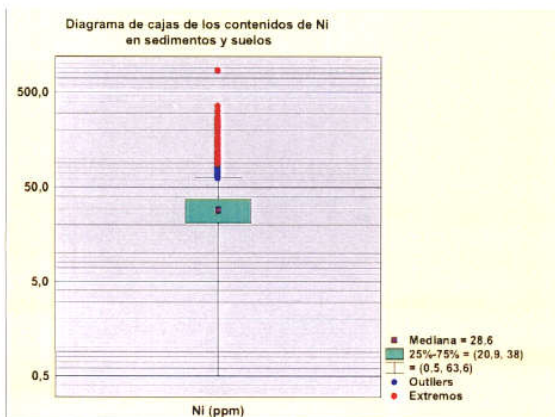
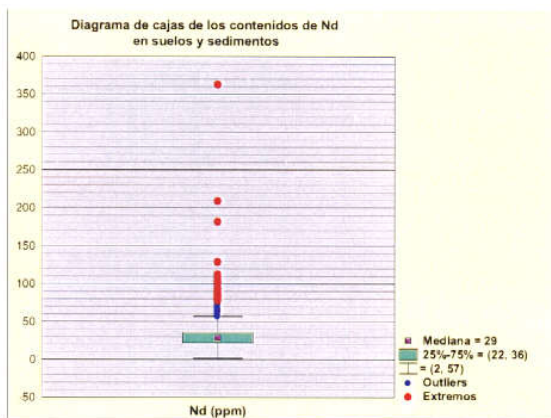
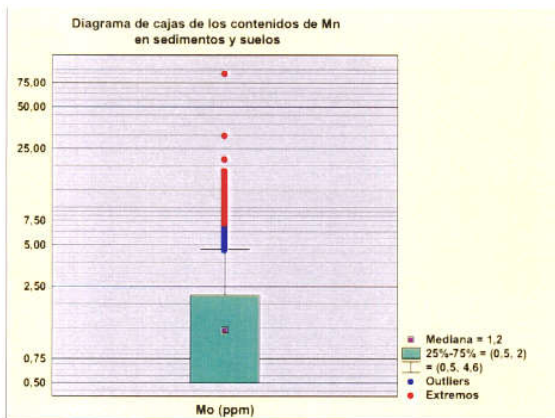
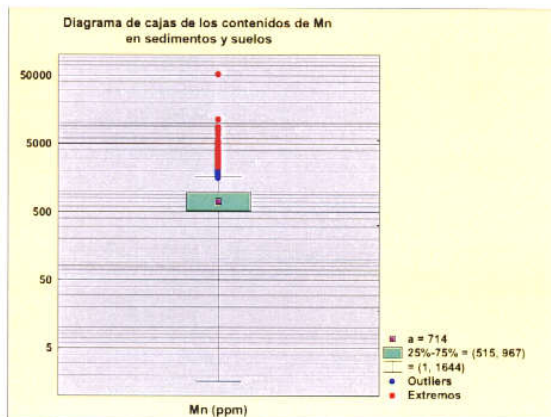
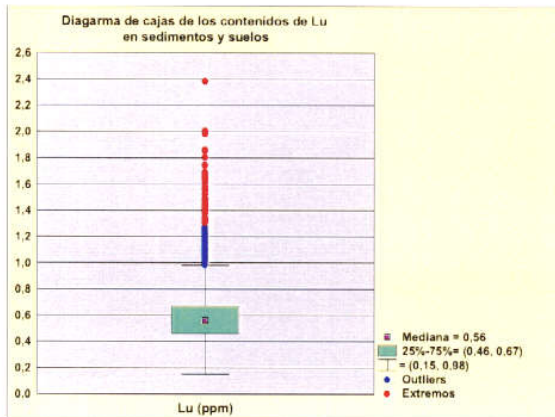
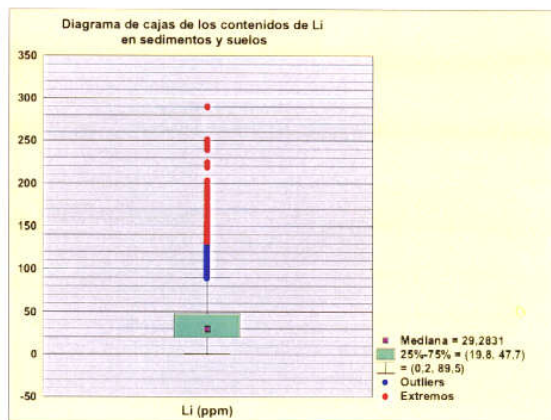
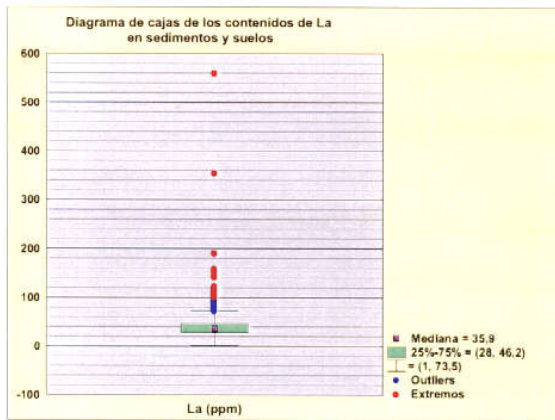


### 6.5.1.1.3.- Gráficos probabilísticos (log plots o rectas de Henry)

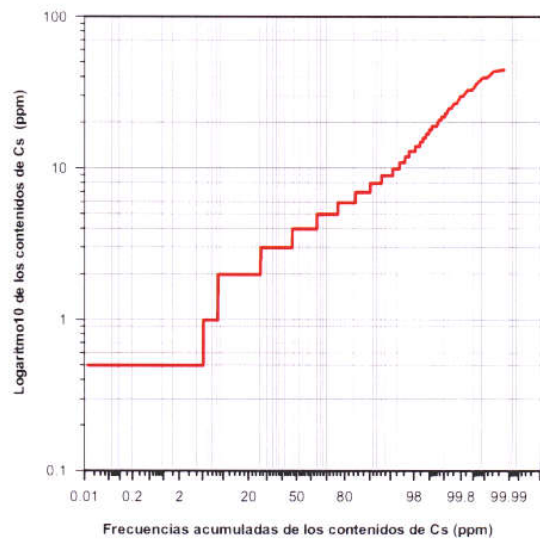
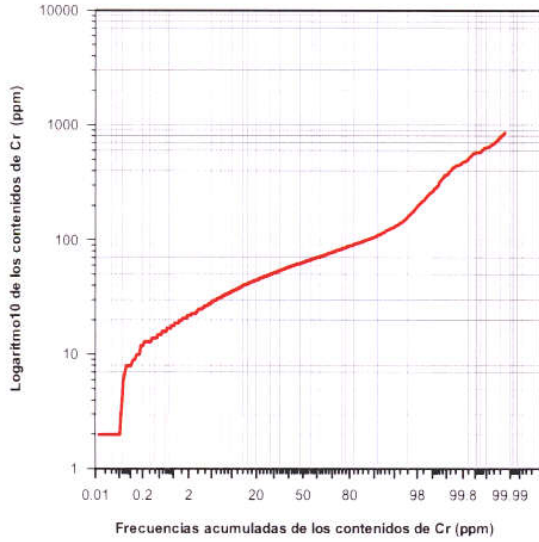
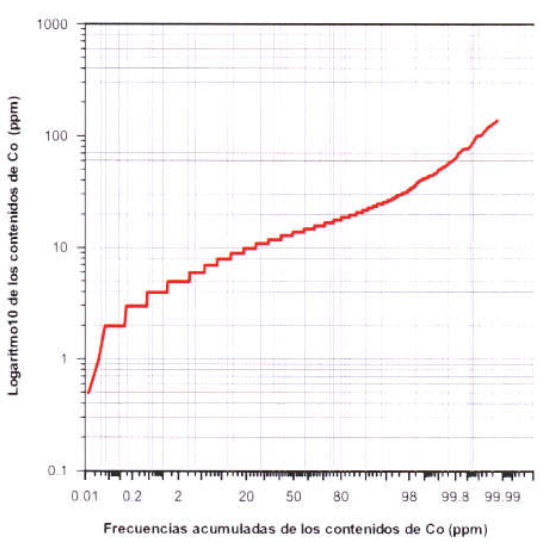
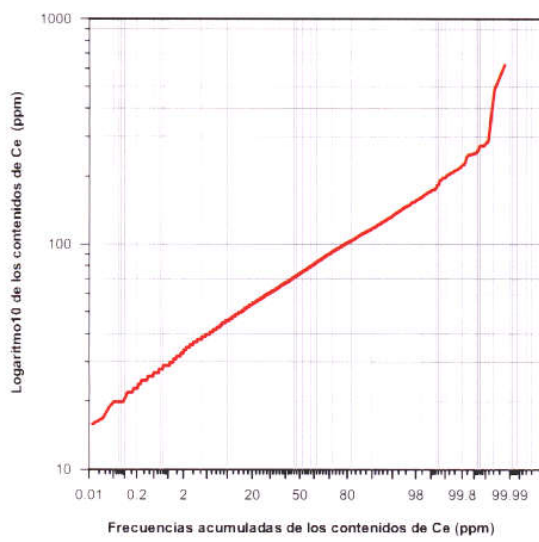
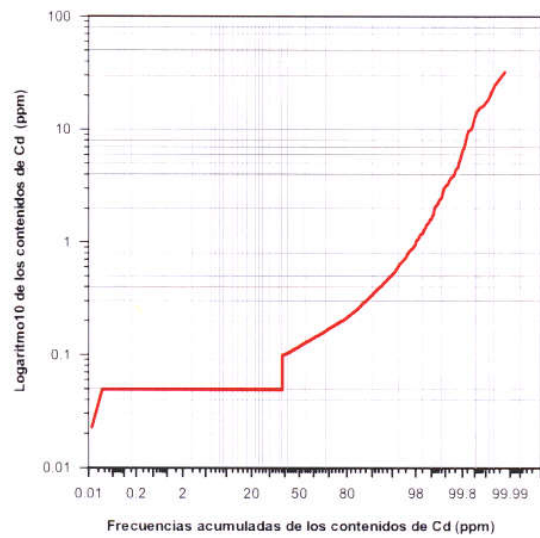
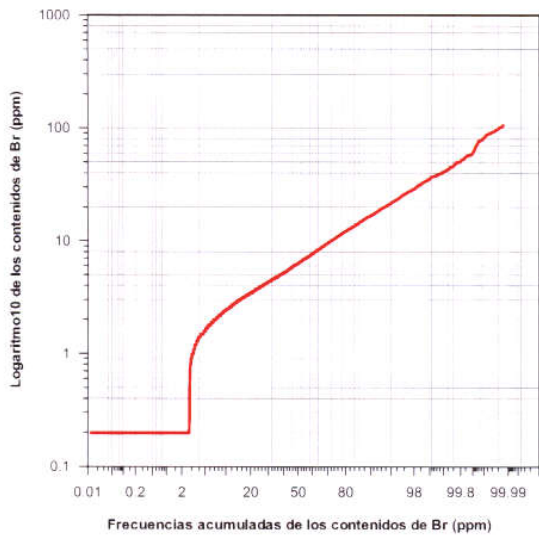
En los gráficos de las figuras 6-104 a 6-155, puede observarse la confirmación de lo ya mencionado para algunos de los elementos. En gráficos probabilidad-probabilidad, o distribución acumulada teórica vs. distribución acumulada empírica para función lognormal de distribución, se aprecia, en primer lugar, cómo las distribuciones de algunos elementos tienen forma lineal en su parte central, como corresponde a aquellos que tienen **distribuciones lognormales**, como Al, Au, As, Ba, Br, Ca, Cd, Ce, Hf, Hg, La, Lu, Nd, Cu, Fe, Ni, Pb, S, Sb, Th, Ti, V, Zr, Se, Zn y otros, mientras que las de otros elementos son ligeramente más curvadas, como es el caso de K o Rb (tendencia a normalidad). En segundo lugar, se aprecia, en varios de ellos, una **estructura multimodal**, que se manifiesta en rupturas de pendiente de las curvas y formas sigmoideas, como es el caso, en especial, de Fe, Ca, Mg, Na y la mayoría de los elementos traza (en particular, Ag, Ba, Bi, Hg, Cu, La, Li, Ni, Nd, Pb, S, Ta, Te, Th, U, Zn). Este rasgo de multimodalidad 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 6-26 a 6-31. Histogramas de las concentraciones de elementos traza en la población total



Figuras 6-81 a 6-88. Box Plots de concentraciones de elementos traza en la población muestral total

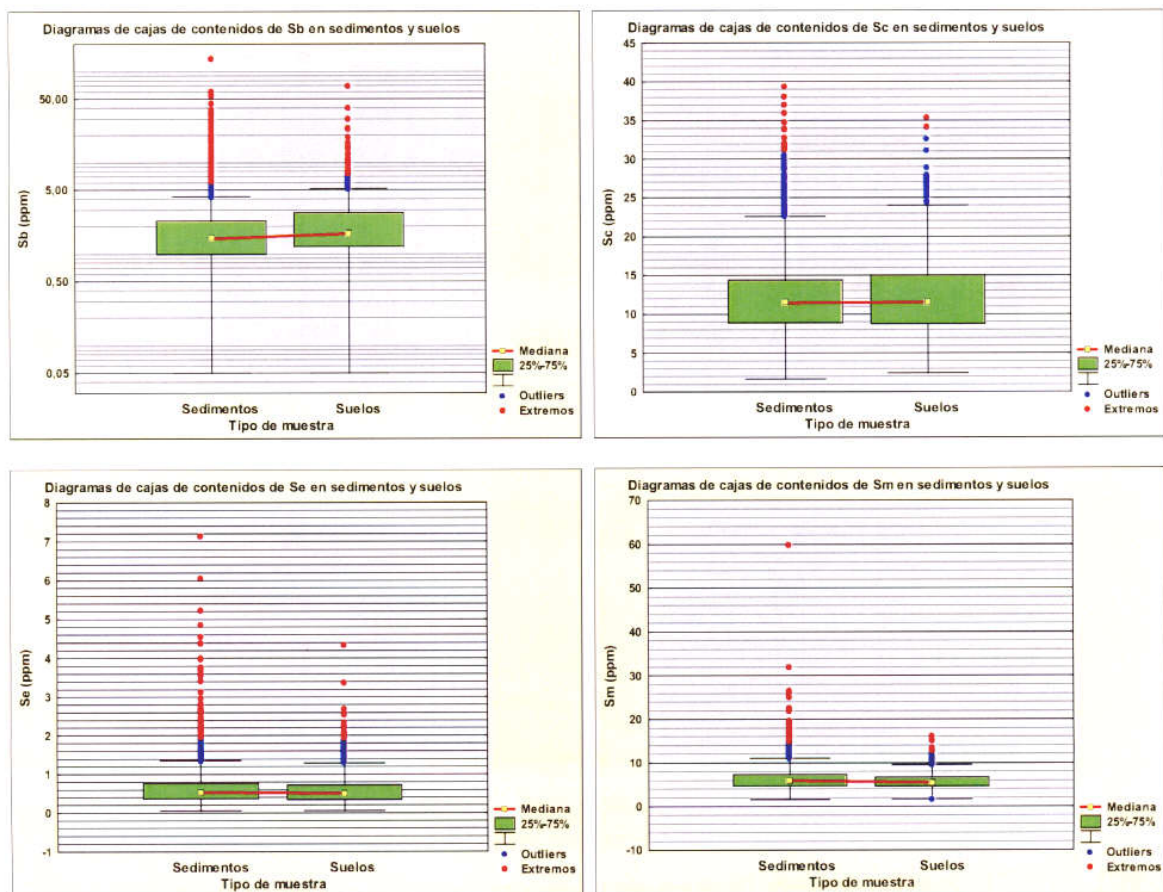


Figuras 116 a 121. Rectas de Henry de concentraciones de elementos traza en la población total

#### 6.5.1.1.4.- Diagramas de cajas de 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 conduzcan a errores en la definición de fondos y anomalías. 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 o población total.

Para analizar la cuestión de forma gráfica se han representado los diagramas de cajas de las distribuciones de los elementos de ambas poblaciones, de suelos y sedimentos, por separado (figuras 6-156 a 6-201). 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 (Al, Ca, Fe, K, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Hf, Mn, Mo, Ni, Sb, Sr, Ta, Ti, Y, Zn). En el caso de algunos elementos las medianas son incluso ligeramente inferiores en suelos que en sedimentos (Na). Son, sin embargo, ligeramente superiores, en los **suelos**, las medianas de Ce, Cs, La, Nd, Rb, Nd, Tb, U, es decir tierras raras y asociados, y de P, Pb, Rb, V y S. En este último caso las diferencias, las diferencias son pequeñas, en general, del orden de un 10-20% e inferiores en todos los casos al 30-40 %. Los mismos valores de referencia, medidos en la población total, son lógicamente intermedios entre los de suelos y sedimentos. Se considera, que dados los datos anteriores, es factible el considerar una única población (total), 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.



Figuras 6-186 a 6-193. Box Plots de concentraciones geoquímicas en suelos y en sedimentos

### 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 correspondan con percentiles o tramos de porcentajes de la población (tramos de iguales efectivos).

Los **mapas de contornos son una representación de tipo raster**, basada más en bandas o zonas de color que en isolíneas. Se han realizado a partir de mallas preparadas previamente (proceso de mallado), con un **espaciado de 400 x 400 m** (361 x 215 celdas), por el método de interpolación del inverso de la distancia al cuadrado, 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 20%, 40%, 60%, 80% y 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) 6-202 a 6-253. 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 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 6-202 a y b, muestra un fondo inferior al límite de detección (0,3 ppm) en gran parte del área (30%). Cuando no lo hace, aparece, de forma bastante irregular, 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 altos (> 0,5 ppm). Aparecen agrupaciones de muestras con valores más elevados situadas en diferentes contextos, sin mostrar un control geológico claro. Corresponden, sobre todo estos conglomerados a situaciones sobre la Fm. Volcano-sedimentaria Cámbrica (NE de Salvatierra), en la zona de Azuaga, en clara relación con el importante distrito de Pb-Zn, en la Fm. Carbonatada y en la Fm. Azuaga en el área de Llerena, en el Flysch Carbonífero inferior. Sin embargo el área más importante con valores elevados de Ag se sitúa sobre parte de los afloramientos de Devónico inferior y Serie Negra al N de la ZCBC. La zona cubierta por valores elevados (>0,8 ppm) contiene algunas mineralizaciones dispersas de Pb-Zn, aunque las dimensiones de la zona con fondo elevado trasciende de las zonas mineralizadas. En forma más local, hay también fondos altos en Ag en la zona de Santa Marta (distrito de Pb-Zn), del intrusivo de Jerez y riolitas de Bodonal (indicios de Pb-Zn) y, con mayor entidad, en zonas amplias de los granitos hercínicos (Quintana-Pedroches). En conclusión, este elemento tiene un control, en sus valores medios o altos, de mineralización.. Su distribución no es uniforme y probablemente está relacionada con pequeñas áreas mineralizadas o con alteración hidrotermal.

El **aluminio (Al)**, en las figuras 6-203 a y b, aunque con control fundamentalmente litológico, no tiene una representación del todo consistente. Se manifiesta, con una distribución algo errática, con fondos más elevados en los materiales de la Serie Negra, en algunos afloramientos de la Serie Detrítica superior y de la Fm. Azuaga (distrito minero de Azuaga), de los intrusivos de Valle de La Serena y Palomas. Los granitos hercínicos presentan valores elevados distribuidos de una forma irregular. Se muestra también en otros contextos pero sin una identificación tan clara, dando lugar a manchas que llegan a cortar 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 6-204 a y b, presenta una repartición controlada fundamentalmente por la presencia de mineralizaciones aunque también puede estarlo por la estructura litológica, aunque pueda ésta última estar enmascarada por la respuesta de asociaciones de indicios mineros. Parece adivinarse una relación, en sus fondos más elevados, con los materiales de la Serie Negra y de la Fm. Malcocinado. Los fondos altos en la Serie Negra se refuerzan sobre la traza de la estructura frágil NE-SO (zona de Villalba de Los Barros). Sin embargo, hay un predominio de manchas, que cortan a los contactos geológicos, y que están asociadas a áreas con presencia de mineralizaciones. Son particularmente patentes los valores elevados en la zona de la Mina de San Nicolás y de Valle de la Serena en relación con mineralizaciones de Sn y W. El intrusivo de La Haba-Campanario, con facies leucograníticas y algunas diseminaciones de arsenopirita en sus facies más evolucionadas, presenta, al igual que su encajante inmediato, fondos con contenidos elevados (> 45 ppm).

Otras áreas, aún conteniendo numerosas agrupaciones de mineralizaciones, presentan fondos muy bajos que las delimitan del resto. Es el caso de la Fm. Azuaga y de los Neises de Azuaga, de los cuerpos intrusivos de Salvatierra o de Quintana.

El **oro (Au)**, figuras 6-205 a y b, muestra una distribución en cierto modo similar a la de Ag, en este caso totalmente por la presencia de anomalías relacionadas con mineralizaciones, que sobreimponen 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 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 no guardan relación con las estructuras geológicas, cortan a las formaciones litológicas y tienen escasa continuidad. Por ello, la distribución es totalmente irregular, sin relación espacial coherente con el factor litoestratigráfico.

La mayor parte de las posibles anomalías (valores superiores a 2-3 ppm) se encuentran al Sur (zona SO) de la ZCBC, sobre materiales de la Serie Negra, intrusivos ligados al rift (delimitación negativa del intrusivo Precámbrico de Salvatierra). Al Norte de la mencionada estructura, las zonas con mayores fondos en Au están ligadas a los intrusivos hercínicos y sus encajantes inmediatos, así como a áreas localizadas dentro de la Serie Negra.

El **bario (Ba)**, figuras 6-206 a y b, muestra una distribución más definida que los elementos anteriores. 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.

Destacan, por los fondos geoquímicas elevados (> 650 ppm), algunos de los intrusivos hercínicos (Brocales, Burguillos, Quintana, y los cuerpos básicos-ácidos de tipo arco (Salvatierra y parcialmente, Palomas). Otras unidades con fondos altos son la Fm. Carbonatada Cámbrica, la Fm. Azuaga, la Fm. Albariza.

Las principales áreas de superficie más reducida y dispersas, probablemente controladas por fenómenos de mineralización, se encuentran en la Fm. Carbonatada cámbrica, en la Fm. Azuaga y la Fm. Malcocinado, en el entorno del distrito de mineralizaciones de barita de LLerena en el que se alcanzan valores superiores a 5.000 ppm de Ba (máximo de 43030 ppm). Asimismo, aparecen pequeñas respuestas en la Serie Negra

El **berilio (Be)**, figuras 6-207 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 las unidades magmáticas ligadas al rift cambro-ordovícico (Nogales, Almendral, Bancarrota, Jerez, Aceuchal), a los cuerpos intrusivos hercínicos (Burguillos y Brovales por una parte y Quintana, La Haba-Campanario, Santa Marta y la apófisis subaflorante de San Nicolás). También se discriminan, en el mismo sentido, los granitos precámbricos post colisionales (Salvatierra) y los ortoneises de Ribera del Fresno. Sin embargo, las rocas magmáticas de tipo arco, básicas y ácidas, de Palomas y Valle de la Serena se manifiestan con tonos medios y de forma menos uniforme.

Además de estas unidades plutónicas, el Be discrimina, asimismo con fondos elevados al Complejo volcano-sedimentario cámbrico y amplias áreas de la Serie Negra en la periferia del intrusivo de Salvatierra. Con fondos medios (2,5 a 4 ppm) aparecen los afloramientos de la Serie Detrítica superior, Fm. Carbonatada y Fm. Azuaga.

Ésta última, muestra una respuesta poco uniforme, muy diferente en la mayor parte de su afloramiento (fondos medios) a la que tiene en su parte más oriental (distrito de Azuaga). En esta zona los fondos son elevados y, en particular en una zona más localizada (NE de malcocinado), muy elevados (superiores a 5 ppm) y similares a los de los cuerpos intrusivos. Esta heterogeneidad sugiere que, además de cierta afinidad geoquímica con plutonismo granítico, como veremos en el caso de otros elementos químicos relacionado con la naturaleza litológica grauvaquica, derivada de una posible fuente granítica s.l., pueda existir en dicha área un cuerpo intrusivo granítico subaflorante. Esta hipótesis está también soportada por otros datos geológicos como la presencia de un leve metamorfismo de contacto en el distrito de Azuaga. Un rasgo algo similar se observa en el afloramiento de Devónico medio (Dominio de OVPR), al ESE de Puebla de La Reina, donde los fondos son medios, a diferencia de otras zonas del mismo afloramiento.

El **bismuto (Bi)**, figuras 6-208 a y b, tiene una distribución con un control probablemente condicionado, en parte, por factores litoestratigráficos, aunque esta tendencia está muy enmascarada o difuminada por el factor de mineralización. Podrían ser de origen litológico los valores altos con los cuales se presentan los afloramientos de la Serie Detrítica superior y la Fm. Azuaga, en el sector de Llerena, y por los granitoides hercínicos, o sus facies más leucocráticas, de La Haba y Quintana.

Otras muchas manchas con disposición no concordante con la estructura geológica se ubican en la Fm. Volcano-sedimentaria cámbrica y el granitoide de Feria, en posible relación con mineralizaciones de Fe (algo similar en el granitoide de Jerez y la Fm. Bodonal), en el distrito minero de Azuaga (Fm. Azuaga), en la zona de Valencia de Las Torres. La respuesta anómala más espectacular se sitúa en el entorno de la mineralización de San Nicolás, en la que existen valores de hasta 1.000 ppm.

El **bromo (Br)**, figuras 6-209 a y b, presenta una distribución sumamente irregular e inconsistente, apareciendo las áreas con fondos más elevados en pequeñas manchas sin relación clara con las unidades geológicas o con la presencia de mineralizaciones. Algunas de las zonas con respuesta más positiva pueden atribuirse a la Serie Detrítica superior, al Devónico inferior, a las rocas magmáticas de El Mosquil, a determinados afloramientos de Mioceno o al Flysch del Carbonífero inferior. En contadas ocasiones parecen tener relación con procesos de mineralización (distrito de Santa Marta, mineralizaciones de W-Sn en DOVPR y DLA). Este elemento, que aparece generalmente asociado a productos de procesos sedimentarios podría estar asociado a determinados tramos o facies dentro de las unidades sedimentarias.

El **calcio (Ca)**, figuras 6-210 a y b, tiene 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 definitiva que podría esperarse.

Así, los fondos más elevados aparecen asociados a algunos afloramientos de rocas sedimentarias terciarias (margas, calizas) mientras que otros afloramientos de la misma edad no ofrecen respuesta positiva (N y NE de Granja de Torrehermosa). Tienen fondos medios a elevados los afloramientos de rocas intrusivas cambro-ordovícicas (Bancarrota, Almendral, Aceuchal) y algunos de los hercínicos

(Burguillos, Quintana) mientras que los términos más evolucionados tienen fondos bajos (Campanario). El intrusivo de Salvatierra tiene, asimismo, fondos bajos a medios (1%). Las rocas ígneas ácidas y básicas de tipo arco ofrecen, asimismo, fondos bastante altos a medios (Palomas, Valle de La Serena). Los Neises de Azuaga, en contraposición a los materiales de la Fm. Azuaga tienen valores elevados (2-4%). Otras unidades que, aunque de forma irregular, muestran contenidos medios a elevados en Ca son el Carbonífero inferior (volcanismo básico) y la Serie Negra. Todas las unidades restantes, cámbricas, ordovícicas y devónicas se discriminan por sus fondos muy bajos (< 0,5%).

El **cadmio (Cd)**, figuras 6-211 a y b, muestra una distribución condicionada por sus bajos contenidos en los materiales litológicos, estando el 40% de los contenidos por debajo del L.D. La distribución de los contenidos que superan a éste está totalmente controlada por la presencia de mineralizaciones o agrupaciones de éstas. Dada la abundancia de mineralizaciones de Pb-Zn existen numerosas áreas, en general de pequeñas dimensiones, con valores significativos de Cd (Azuaga, San Nicolás) 5-40 ppm. Destacan las áreas de Azuaga y un sector de la Fm. Carbonatada cámbrica en la cual solo se conoce la existencia de algún indicio de Cu (E de Burguillos).

Desde el punto de vista litoestratigráfico, únicamente parece observarse una cierta asociación de contenidos medios en los materiales del Carbonífero inferior.

Hay que destacar también la existencia de valores significativos de Cd en alguna unidad del Terciario (Villafranca de Los Barros).

Los **elementos del grupo de las Tierras Raras (REE)** presentan, en general pautas de distribución muy consistentes y coherentes con la geología, con bastantes similitudes entre las de los distintos elementos aunque también con algunas diferencias. Estas se producen, sobre todo, entre los elementos ligeros y los pesados, consecuencia de los procesos de diferenciación de estos elementos en los procesos petrogenéticos

El **cerio (Ce)**, figuras 6-212 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. Delimita perfectamente al Complejo volcano-sedimentario cámbrico, a la Fm. Azuaga, a los ortoneises de Ribera del Fresno y, en el DLA, al intrusivo de Campanario y a sus encajantes pelíticos del Ordovícico inferior y medio. Se manifiesta también con valores elevados en el complejo ígneo de Valle de La Serena y más suavemente en el de La Paloma. En el Dominio OVPR responden también positivamente amplias zonas de los afloramientos de Devónico inferior. En el sector del distrito de Azuaga se observa una zonación dentro de la Fm. Azuaga, teniendo fondos muy superiores la parte S del afloramiento a los de la N.

Los diferentes cuerpos intrusivos se manifiestan con diversas intensidades, haciéndolo en forma positiva, aunque sin alcanzar fondos muy elevados, los cambro-ordovícicos (Aceuchal, Almendral), y los hercínicos de Ossa Morena (Burguillos).

El **europio (Eu)**, 6-217 a y b, muestra una distribución muy parecida a la del Ce. Únicamente, cabe señalar una respuesta mucho más neta y fuerte de los cuerpos intrusivos cambro-ordovícicos (Almendral, Aceuche, Nogales) y hercínicos (Burguillos, en oposición a Brovales). El intrusivo de Salvatierra presenta fondos muy bajos.

El **lantano (La)**, 6-222 a y b, tiene una distribución prácticamente idéntica a la del Ce. Como en el caso de éste, la respuesta de los intrusivos en Ossa Morena es apenas perceptible, y es clara, por el contrario, la de los intrusivos hercínicos en la zona Centro Ibérica.

El resto de las unidades tienen fondos medios o muy bajas en La (en particular, la Fm. Malcocinado, los Neises de Azuaga, y la Serie Negra)

El **neodimio (Nd)**, figuras 6-229 a y b, presenta pautas similares a las de los elementos anteriores, y en particular, a la del Eu, de la cual es prácticamente idéntica.



El **samarium (Sm)**, figuras 6-238 a y b, se manifiesta asimismo con pautas de distribución idénticas, sobre todo, a las de Nd y Eu. .

El **terbio (Tb)**, figuras 6-242 a y b, se manifiesta con pautas de distribución algo más difusas que las precedentes R.E.E., aunque conservando las mismas tendencias. La mayor inconsistencia de su distribución puede estar relacionada con el hecho de que gran parte de los contenidos están muy próximos al límite de detección, en un tramo de contenidos en el que la precisión analítica es más baja.

En cualquier caso, se siguen diferenciando, por sus mayores fondos geoquímicas en Tb, la Fm. Volcanosedimentaria cámbrica, los granitoides cambro-ordovícicos, parte de la Fm. Azuaga, el Devónico inferior en zonas muy localizadas, el Ordovícico medio en la periferia del intrusivo de Campanario y la Fm. Albariza-Atalaya.

El **lutecio (Lu)**, figuras 6-224 a y b, muestra asimismo una distribución bastante similar a la de las anteriores R.E.E., aunque en ella se manifiestan de forma más intensa los intrusivos cambro-ordovícicos, en comparación con los hercínicos de la zona Centro-Ibérica que muestran fondos medios a bajos, así como los afloramientos de rocas ígneas de tipo arco. En el DSA, la Fm. Azuaga se diferencia peor de la contigua unidad de los neises de Azuaga, que también tiene fondos medios a elevados. El granitoide de Salvatierra, con fondos muy bajos de las anteriores R.E.E, los presenta aquí con valores medios. El Lu delimita una zona más amplia y con mayores contenidos en la estructura anticlinal Devónico-Ordovícico del DOVPR, y parece también tener una respuesta positiva sobre el intrusivo subaflorante de San Nicolás.

El **iterbio (Yb)**, figuras 6-249 a y b, tiene una distribución idéntica a la del Lu.

En conclusión, las **R.E.E** presentan pautas de distribución muy similares aunque puede observarse una **tendencia progresiva** desde las más ligeras (La, Ce) a las más pesadas (Lu, Yb), a diferenciar mejor, con fondos más elevados, a los intrusivos cambro-ordovícicos de los hercínicos. El granito postcolisional de Salvatierra se define también mejor a partir de las R.E.E. más pesadas, al igual que los Neises de Azuaga.

El **cobalto (Co)**, figuras 6-213 a y b, presenta una distribución geoquímicamente diferenciada aunque algo incoherente con respecto a la estructura geológica en algunas áreas. Muestra un cierto control litológico, aunque a este se superponen efectos locales que pueden estar relacionados con mineralizaciones (ejemplo, San Nicolás) o fenómenos supergénicos locales de adsorción por hidróxidos de Fe-Mn a favor de barreras geoquímicas. Se observa una clara relación de los contenidos elevados de Co con los intrusivos intermedios a básicos cambro-ordovícicos (Bancarrotta y Burguillos) que se diferencian bien de los cuerpos más ácidos o de diferente significación (Brovaes, Salvatierra, Palomas, Valle de La Serena, granitoides hercínicos de la ZCI). Tienen también respuesta positiva, aunque menos consistente, los materiales de la Serie Detrítica superior, de la Fm. Azuaga, de la Serie Negra (valores más altos en cruce con estructuras NE-SE), del Devónico inferior y del Flysch Culm (Carbonífero inferior). Los contenidos de Co más elevados se localizan en afloramientos de Carbonífero inferior (volcanismo básico) en la DOVPR. El resto de materiales están en claro contraste por sus contenidos bajos.

El **chromo (Cr)**, figuras 6-214 a y b, que, a primera vista presenta una distribución bastante similar a la del Co, muestra sin embargo en detalle variadas diferencias significativas. En lo referente a las unidades ígneas, el Cr identifica, con sus fondos más altos (> 80-90 ppm) a los intrusivos básicos hercínicos de Ossa Morena (Burguillos) y a la mitad SO del intrusivo de Quintana. Todas las demás unidades, incluso las básicas de Palomas y Valle de La Serena, se discriminan por valores muy bajos (< 50 ppm). Otras unidades que muestran altos contenidos en Cr son la Unidad de Neises de Azuaga (en oposición a la Fm. Azuaga), la Serie Negra (variable entre 67 y 130 ppm) y sectores del Devónico inferior (SE de Puebla de La Reina). La unidad que, de forma más consistente y sistemática contiene concentraciones superiores a 100 ppm es el Carbonífero inferior (volcanitas básicas intercaladas) en coincidencia con los altos valores de Co. La Fm. Carbonatada, la Fm. Malcocinado, las unidades ordovícicas (salvo en la aureola de contacto de Campanario), el Terciario, se discriminan de las anteriores por sus fondos muy bajos en Cr (< 50 ppm)

El **cesio (Cs)**, figuras 6-215 a y b, tiene una distribución muy consistente y muy contrastada, totalmente controlada por la estructura geológica, y que permite la delimitación neta de los diferentes recintos litoestratigráficos. Con valores muy elevados delinea a los cuerpos intrusivos de Campanario (>12 ppm)

de Cs) y de Quintana (6-12 ppm), así como al encajante inmediato del primero, constituido por materiales pelíticos del Ordovícico inferior y medio. Con fondos ligeramente más bajos identifica a la Fm. Azuaga, a la que distingue bien de la unidad de neises Azuaga, con fondos muy bajos. En el DSA, existe una zonación dentro de la Fm. Azuaga, con un límite muy neto que separa materiales con fondos en Cs altos y medios. Muy altos contenidos de Cs marcan la ubicación del granito subaflorante de San Nicolás y definen una banda de orientación NE-SO que enlaza con el granito de Quintana. ¿Podría corresponder a la traza de una intrusión subaflorante que se uniera al intrusivo de Quintana? En forma similar y muy localizada, se identifica al granito de Santa Marta.

Con fondos medios (4-6 ppm) se distinguen ben de los anteriores los materiales de la Fms. Malcocinado, Azuaga, Carbonatada cámbrica, el Complejo Volcanosedimentario cámbrico, la Serie Detrítica superior y el Carbonífero inferior. El intrusivo de Salvatierra tiene un fondo en Cs moderadamente bajo (3-4 ppm). Se discriminan de las anteriores por sus respuestas, inferiores a 3 ppm, las demás unidades ígneas o sedimentarias (Serie Negra).

El Cs se define pues como un trazador de los granitos peraluminicos post tectónicos hercínicos.

El **cobre (Cu)**, figuras 6-216 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 al Sur de la ZCBC, siendo muy puntuales al N de ella.

Los contenidos altos en Cu se manifiestan, desde el punto de vista formacional, en la Serie Negra, aunque en forma irregular, en los afloramientos de Carbonífero inferior, sobre todo en los afloramientos en forma de sigmoides en el DOVPR. Con fondos medios se definen la Fm. Albariza y la unidad de los Neises de Azuaga, así como la Serie Detrítica superior y la Fm. Carbonatada cámbrica. En la ZCI, el Ordovícico medio tiene fondos medios a elevados.

En relación con posibles anomalías de mineralización hay que mencionar ciertos altos valores de alcance local en la Serie Negra, en posible asociación con las mineralizaciones de Fe, el área de San Nicolás, pequeñas áreas en el entorno de los distritos de Castuela y Azuaga, así como otros en la Fm. Malcocinado, cerca de indicios mineros de Cu. Hay que resaltar áreas anómalas en la traza del accidente NE-SO al NE de Salvatierra.

El **hierro (Fe)**, figuras 6-218 a y b, muestra unas pautas de distribución en parte controlada por factores regionales pero enmascarada por la influencia de las numerosas mineralizaciones de Fe u otros metales existentes en la zona. Parece estar asociado desde el punto de vista formacional a la Serie Negra y a la Fm. volcano-sedimentaria cámbrica, así como a los intrusivos cambro-ordovícicos y a la Fm. Bodonal. Asimismo destacan los altos contenidos en Fe del granitoide de Burguillos. En todos los casos citados se superponen a los fondos litológicos las anomalías ligadas a mineralizaciones de Fe. El granito de Brovales, más ácido que el de Burguillos, tiene bajos contenidos de Fe. También presentan respuesta positiva, con valores medios a altos, los Neises de Azuaga, las rocas básicas de tipo arco de Palomas y, sobre todo, los materiales volcánicos básicos del Carbonífero inferior. Reobserva una importante anomalía en la Fm. Malcocinado y en el Devónico inferior en relación probable con mineralizaciones volcano-sedimentarias (Puebla de La Reina).

El **hafnio (Hf)**, figuras 6-219 a y b, muestra una clara zonación en la zona, siendo los fondos en Hf muy bajos por debajo de la ZCBC y sensiblemente más elevados al NE de ésta. El Hf es un elemento que se identifica con los granitoides peralcalinos hercínicos de Campanario y Quintana (sobre todo en su parte NE), con la apófisis de San Nicolás, y con todos los materiales ordovícicos y Devónicos encajantes. Asimismo, tienen una asociación clara con el Hf la unidad magmática de Valle de La Serena y amplias zonas dentro del Devónico al SE de Puebla de La reina. Manifiesta fondos medios la Fm. Albariza. En otras áreas, sobre todo al S de la ZCBC los fondos geoquímicas son muy bajos, con algunas excepciones puntuales en el granitoide de Brovales, en el de Ahillones, y en relación con algunas mineralizaciones de Fe en el SO del área.

El **mercurio (Hg)**, figuras 6-220 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 claro control litológico, caracterizando netamente a la Fm. Carbonatada cámbrica, con fondos bastante elevados. A esta pauta se superponen las de mineralización, mucho más erráticas.

El **iridio (Ir)**, 6-253, tiene valores inferiores a su límite de detección en la totalidad de las muestras salvo en una, situada en el granitoide de Quintana.

El **potasio (K)**, figuras 6-221 a y b, es uno de los elementos que muestra una repartición muy coherente y contrastada, que recuerda en gran medida a las de las Tierras Raras. Su distribución está totalmente controlada por factores geológicos y regionales, asociándose en gran medida a las unidades magmáticas, aunque también lo hace con unidades sedimentarias. Los fondos más elevados se identifican con los granitos peraluminicos hercínicos (Campanario, Quintana, en cierta medida, San Nicolás) y con los intrusivos de tipo arco (Valle de La Serena). Al S de la ZCBC, los fondos más elevados se encuentran en la Fm. Carbonatada cámbrica, en la Fm. Azuaga, en la Serie Detrítica Superior, en el Complejo volcano-sedimentario cámbrico, en la Fm. Albariza. Dentro de la Fm. Azuaga, los valores más elevados se encuentran en los afloramientos del SE (distrito de Azuaga). La Serie Negra (y el granito de Salvatierra) tienen valores en K medios a elevados. Se diferencian, por sus muy bajos fondos geoquímicos en K, los granitoides cambro-ordovícicos, la Fm. Malcocinado, los Neises de Azuaga, los materiales ordovícicos, devónicos y carboníferos.

El **litio (Li)**, figuras 6-223 a y b, se manifiesta fundamentalmente siguiendo controles litológicos, mostrando una distribución muy coherente y consistente. Recuerda a la de elementos como el K. Los altos contenidos identifican a los granitos peralcalinos hercínicos (Campanario, Quintana, San Nicolás) y a sus materiales sedimentarios encajantes del Ordovícico y Devónico. El Devónico inferior presenta asimismo, en sectores más alejados de los cuerpos graníticos contenidos muy significativos (SE de Puebla de La Reina).

En la ZCBC y al S de ésta, los fondos son netamente inferiores, destacándose únicamente los de las litologías esquistos-grauváquicas de la Fm. Azuaga (> 50 ppm). La Fm. Malcocinado, los Neises de Azuaga, la Fm. Carbonatada y el Complejo volcano-sedimentario, tienen fondos medios (30-50 ppm). Las restantes unidades (Serie Negra, granitoides cambro-ordovícicos, granitoide de Salvatierra que, a pesar de todo, se diferencia de la Serie Negra con fondos algo mayores), tienen contenidos muy bajos, <20 ppm.

El **magnesio (Mg)**, figuras 6-225 a y b, tiene pautas de distribución regional determinadas por la estructura geológica. Al N de la ZCBC, los fondos más elevados (> 1%) se asocian a los afloramientos en sigmoide del Carbonífero, y en forma menos definida a las rocas básicas de Palomas y de Valle de La Serena, con fondos entre 0,4% y 1%) y, en forma irregular a las facies menos evolucionadas del granito de Quintana. Las restantes litologías muestran un fuerte contraste con las anteriores, mostrando fondos inferiores a 0,4

En la ZCBC y al S de ella, los valores más elevados de Mg caracterizan a la Serie Negra (> 1%), con respecto a la cual se discrimina netamente el intrusivo de Salvatierra (0,4-07%). Las unidades intrusivas más básicas (Burguillos, Bancarrota) tienen fondos > 1,45% de Mg, contrastando con las ácidas, que los tienen mucho más bajos. La unidad de los Neises y Anfibolitas de Azuaga tiene asimismo fondos muy significativos (> 1%), que hacen contrastar a esa unidad con la Fm. Azuaga (< 0,50%). El Carbonífero inferior muestra valores medios (0,7-1%), así como sectores de la Fm. Carbonatada, teniendo todas las restantes unidades fondos muy bajos.

El **manganeso (Mn)**, figuras 6-226 a y b, presenta una distribución casi idéntica a la del Fe, elemento al que suele ir frecuentemente asociado en los minerales formadores de rocas. Únicamente cabe reseñar algunos altos valores locales situados en manchas de Terciario que pueden corresponder a precipitaciones supergénicas. Los valores más elevados (de hasta 53.500 ppm se localizan en forma dispersa en la Fm. Carbonatada, en la Fm. Bodonal y, sobre todo, en el entorno de San Nicolás (anomalía de mineralización).

El **molibdeno (Mo)**, figuras 6-227 a y b, muestra una distribución muy irregular y errática, en parte por el hecho de que casi el 50% de las concentraciones medidas están por debajo del límite de detección y es difícil conocer la distribución en esos niveles de concentración y, también, porque para los valores superiores a ese límite, la repartición está controlada por factores locales y erráticos cual son los de mineralización. Los altos valores de Mo en los sedimentos aparecen en conglomerados de varias muestras ubicados en diferentes contextos geológicos. El mayor número se encuentra en la Serie Negra por lo que puede llegar a pesarse en fondo litológico cuando corresponde a varios valores altos dispersos, relacionados con anomalías de mineralización o representar oscilaciones del ruido analítico en el caso de los valores ligeramente superiores al L.D. Las zonas con agrupaciones de valores más significativas se encuentran en el área de San Nicolás, en el intrusivo de Salvatierra y en la prolongación hacia el NE de la estructura discontinua de esa dirección (sobre materiales del Complejo volcano-sedimentario, de la Serie Detrítica superior, del Carbonífero inferior, de la Serie Negra y de la Fm. Malcocinado), en la Fm. Azuaga y en la Fm. Malcocinado en el área de Llerena, en Devónico y Ordovícico (Sur de Palomas), en el contacto de los intrusivos hercínicos de Campanario y Quintana. Aparecen algunos valores altos aislados en el Terciario.

El **sodio (Na)**, figuras 6-228 a y b, presenta unas pautas de distribución originales, y muy consistentes y contrastadas. Delinea perfectamente con fondos elevados ( $> 2\%$  Na) a los cuerpos intrusivos en la Serie Negra, y con fondos ligeramente inferiores ( $< 1,5\%$ ) a los propios materiales de esa unidad. Asimismo se manifiesta en forma muy consistente, con concentraciones elevadas, en la Fm. Malcocinado y el intrusivo de Ahillones, así como en la unidad de los Neises de Azuaga y de los Ortoneises de Ribera del Fresno. Esta misma pauta se repite en los materiales del Carbonífero inferior y en el granito postcolisional al N de Puebla del Prior (similar en su respuesta al de Salvatierra) o en los cuerpos intrusivos de tipo arco de Palomas y de Valle de la Serena. Los granitoides hercínicos peraluminicos se definen con contenidos altos aunque algo menores ( $1,30 < < 2,0\%$  Na) que los anteriores (Campanario y Quintana). El Na es quizás el elemento que mejor caracteriza a los granitoides postcolisionales y a los de tipo arco, aunque también se asocia a los demás.

Con contenidos medios ( $1,4$  a  $1,7\%$  Na) aparece en la Fm. Volcano-sedimentaria cámbrica, en el Carbonífero inferior, y en parte de la Fm. Azuaga. El Ordovícico superior y el Devónico inferior muestran contenidos menores ( $0,25\%-0,75\%$ ) y las restantes unidades se delimitan por sus contenidos muy bajos, inferiores a  $0,25\%$  (Terciarios, Ordovícico inferior, Fm. Carbonatada).

Hay que señalar el área, con contenidos bastante elevados, secante con respecto a los contactos, situada al NE de Salvatierra, sobre la traza del accidente de igual dirección.

El **níquel (Ni)**, figuras 6-230 a y b, tiene una distribución bastante similar a del Co, aunque la distribución del Ni es algo más consistente, ajustándose mejor a los contactos geológicos (menor incidencia de procesos supergénicos de coprecipitación. Discrimina, en el granitoide de Quintana, a facies intermedias (Mitad SO) de facies más ácidas y evolucionadas (mitad NE).

El **fósforo (P)**, figuras 6-231, ay b, se manifiesta sobre todo, aunque en forma a veces algo incongruente, en la Serie Negra y, sobre todo, en los cuerpos intrusivos en esta unidad. Asimismo, delimita con sus valores más elevados a los granitoides hercínicos postectónicos.

El **plomo (Pb)**, figuras 6-232, a y b, muestra una distribución muy errática e irregular, en la que prima la influencia ejercida por el gran número de mineralizaciones de Pb-Zn existentes en el área. Este factor de mineralización enmascara todas las patas primarias y regionales salvo en áreas en las que no existen mineralizaciones de estos metales.

Los sectores principales en los que hay concentraciones elevadas de Pb coinciden lógicamente con los grandes distritos mineros de Pb, el de Azuaga y la prolongación de la Fm. Azuaga hacia el NO, el de Santa Marta, y otros indicios más, aislados en el Carbonífero inferior. También suministran respuestas positivas indicios de Ba (Llerena) y de W-Sn (San Nicolás).

Independientemente de sta influencia de mineralizaciones debe incidirse en los fondos muy bajos en PB de la Serie Negra y granitoides cambro-ordovícicos, del Ordovícico inferior y del Devónico inferior. Los

granitoides hercínicos post-tectónicos muestran fondos medios (30-50 ppm), más elevados que los que presentan los restantes cuerpos ígneos.

El **rubidio (Rb)**, figuras 6-233 a y b,, elemento que normalmente aparece en las rocas en estado disperso, reemplazando al K en feldspatos y micas, tiene una distribución muy a la de este elemento. Sin embargo, marca de forma menos intensa a los cuerpos plutónicos como el de Salvatierra o los de granitos hercínicos peraluminicos.

El **azufre (S)**, figuras 6-234 a y b, se manifiesta con pautas totalmente erráticas e inconsistentes con la estructura geológica. Los entornos con concentraciones más elevadas aparecen en una multitud de pequeñas manchas sin relación con los polígonos geológicos. Esta distribución está claramente condicionada por la presencia de mineralizaciones con sulfuros pero también, probablemente por diferenciaciones o tramos específicos en el seno de unidades sedimentarias. Entre las pocas regularidades que se observan están los fondos elevados de la Serie Negra, de la Fm. Detrítica superior, de la Fm. Carbonatada cámbrica y, parcialmente, de la Fm. Malcocinado. Se localizan también pequeñas áreas con valores elevados en zonas no mineralizadas en el seno de las unidades devónicas y ordovícicas en el DLA.

El **antimonio (Sb)**, figuras 6-235 a y b, muestra una distribución mucho más coherente y definida, aún cuando son evidentes factores de control local superpuestos a los geológicos o regionales. Desde un punto de vista litológico, se diferencia un grupo de unidades geológicas, geográficamente contiguas, y situadas entre la Serie Negra y los Neises de Azuaga, cuyos altos fondos en Sb contrastan de forma muy neta con los de las restantes unidades. Estas unidades corresponden la Serie Detrítica inferior, a la Fm. Carbonatada Cámbrica, a la Serie Detrítica superior, al Complejo volcano-sedimentario cámbrico, a la Fm. Malcocinado y a la Fm. Azuaga. Al Sur de este paquete la serie Negra presenta valores muy bajos (< 0,1 ppm) al igual que los cuerpos plutónicos que la intruyen. Al N del grupo mencionado de unidades, los fondos geoquímicas son asimismo muy bajos o, eventual y localmente medios-altos en el entorno de mineralizaciones de Pb u otros metales (distrito de Castuera, San Nicolás).

El **escandio (Sc)**, figuras 6-236 a y b, refleja unas pautas de distribución muy similares a las de Co y Ni.. Asociación muy clara y clásica con rocas intermedias o básicas (o sedimentarias con herencia de aquellas).

El **selenio (Se)**, figuras 6-237 a y b, muestra respuestas litológicas, pero algo irregulares, con valores moderadamente altos a elevados, en las formaciones sedimentarias ordovícicas y devónicas en los dominios OVPR y LA. Lo errático de esa distribución procede sin duda de la superposición de respuestas locales debidas a la presencia de mineralizaciones de sulfuros o de Sn-W (Puebla de La Reina, por ejemplo, o San Nicolás). Al Sur de la ZCBC la distribución es todavía más errática y condicionada por rasgos locales (Santa Marta, Azuaga).

Este elemento presenta dos rasgos de interés en su repartición. Uno, ya observado en otros elementos, es la presencia de enriquecimientos locales sobre la estructura SO-NE que corta al intrusivo de Salvatierra. La segunda, más singular, es la presencia de una alineación muy definida de valores elevados, con dirección N70°-80°, que intersecta a diversas unidades. Parece pues haber un control lineamentario de este elemento.

El **estaño (Sn)**, figuras 6-239 a y b, muestra una distribución peculiar, resultado de su alto límite de detección y de la poca resolución analítica. Consiste su distribución en la presencia de pequeñas manchas aisladas que prácticamente corresponden a anomalías geoquímicas. Se sitúan en diversos entornos geológicos, mayoritariamente en la zona de Ossa Morena. A destacar la presencia de dos muestras anómalas en Salvatierra y la Serie Negra en la traza del accidente ya mencionado.

El **estroncio (Sr)**, figuras 6-240 a y b, presenta pautas gobernadas esencialmente por factores geológicos. Se asocia a todas las unidades de carácter ígneo, diferenciando entre ellas, por sus contenidos más elevados o intermedios, a las de carácter básico o intermedio de las más ácidas. Muestran pues un fondo alto en Sr los cuerpos intrusivos de Almendral, Bancarrota, Jerez, Ahillones, Palomas, Valle de La Serena, Puebla del Prior y Quintana, mientras que los de Aceuche, Salvatierra y Campanario muestran

contenidos medios. El Sr se asocia asimismo a la unidad de los Neises de Azuaya, en la que se manifiesta con fondos elevados, superiores a 200-250 ppm. La Fm. Azuaga, grandes sectores de la Serie Negra, y los materiales del Carbonífero inferior dan una respuesta en contenidos medios (110-170 ppm). Todas las restantes unidades se discriminan por sus contenidos muy bajos, inferiores a 70 ppm.

El **tántalo (Ta)**, figuras 6-241 a y b, muestra una distribución condicionada por el hecho de que al menos el 45% 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 la afinidad se marque en contenidos muy elevados. Estos últimos definen a la Fm: Volcano-sedimentaria cámbrica, aunque de forma no uniforme, al granito de Campanario y a las intrusiones cambro-ordovícicas de Bancarrota y Almendral. Parecen tener fondos medios, aunque expresados irregularmente, el granito de Quintana, la Fm. Azuaya y la Fm. Albariza, así como afloramientos de Devónico

El **teluro (Te)**, figuras 6-243 a y b, tiene, como otros elementos (Hg, Se,...) una distribución sumamente errática en términos generales, gobernada por procesos de ámbito muy local. Los contenidos altos aparecen dispersos en todas las litologías y unidades. Únicamente pueden destacarse tres áreas en las cuales el Te constituye agrupaciones de valores elevados con cierta entidad. Una de ellas se encuentra en el granito de Burguillos. Otras zonas con agrupamientos importantes de valores superiores a 0,1 ppm se sitúan en áreas cubiertas por sedimentos Terciarios que tienen fondos apreciables en Ca (Almendralejo y Villafranca de los Barros). Los contenidos más elevados (> 1 ppm) aparecen, sin embargo, formando una agrupación muy consistente orlando el contacto N y NO de la amplia mancha de Terciario existente al SE de Campillo de Llerena. En estos dos últimos casos esos enriquecimientos están sin duda ligados a la presencia de materiales calcáreos, en virtud de la frecuente asociación de Ca y Te. Es posible que en el caso del terciario de Campillo de Llerena se hayan producido procesos de concentración que hayan dado lugar a una anomalía fuerte y muy concentrada.

El **torio (Th)**, figuras 6-244 a y b, se manifiesta con pautas de distribución muy consistentes y contrastadas, expresando un control de repartición claramente litoestratigráfico. Las unidades que presentan unos fondos en Th más elevados son los granitoides peraluminicos hercínicos (Campanario, Santa Marta y Quintana (> 25 ppm). La respuesta de éstos se extiende, aunque con valores ligeramente más bajos (15-25 ppm) a los materiales ordovícicos y devónicos en su periferia (aureolas de contacto). Fondos similares a estos últimos definen a la Fm. Azuaga y a la Fm. Albariza, así como a algunos granitoides al SE de la zona (Brovales y en menor medida el plutón de Salvatierra). Fondos medios (10-15 ppm) aparecen ligados al Devónico inferior, a la Serie Detrítica superior y al Complejo volcano-sedimentario cámbrico. Las restantes unidades se discriminan netamente de las anteriores por sus bajos o muy bajos contenidos (< 10 ppm), siendo éstas la Fm. Malcocinado, la Serie Negra y los depósitos Terciarios.

El **titanio (Ti)**, figuras 6-245 a y b, tiene una distribución controlada por factores litológicos, bastante similar a la de otros elementos de afinidad máfica, como Sc.

El **uranio (U)**, figuras 6-246 a y b, tiene una distribución muy coherente con la estructura geológica, resultando bastante análoga a la del Th. Presenta fondos muy elevados (> 6,5 ppm) en el granitoide de Salvatierra, en el de Brovales, y en los peraluminicos de Campanario y Quintana. Reobserva también una respuesta positiva de San Nicolás.

El **vanadio (V)**, figuras 6-247 a y b, tiene una distribución análoga a la del Sc.

El **wolframio (W)**, figura 6-248 a y b, con la casi totalidad de sus efectivos por debajo del L.D., sólo se manifiesta en escasos valores elevados dispersos, que no muestran relación con la estructura geológica, salvo en el caso de su afinidad por el cuerpo granítico de Campanario. La distribución de los valores superiores al límite inferior de detección, está controlada mayoritariamente por procesos de mineralización o efectos de ruido en valores inmediatamente superiores al L.D. Los contenidos superiores a 100 ppm, con un máximo de 2.171 ppm se ubican en la anomalía asociada a la mineralización y explotación minera de San Nicolás.

El **itrio (Y)**, figuras 6-250 a y b, se manifiesta con unas pautas de distribución similares a las de la R.E.E. y, en menor medida con las de Th y U. Su distribución es algo más errática que las de estos elementos y muestra una afinidad por las rocas graníticas algo menor. Presenta fondos medios (20-30 ppm) en los afloramientos de Terciario.

El **cinc (Zn)**, figuras 6-251 a y b, es un ejemplo de elemento con comportamiento dual, litológico y de mineralización, no siempre fáciles de distinguir. Debido al elevado número de mineralizaciones de Pb-Zn existentes, 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 marcas desviaciones de detalle con respecto a ella. Destacan los fondos medios elevados en la Fm. Carbonatada cámbrica y la amplitud e intensidad del distrito minero de Azuaga.

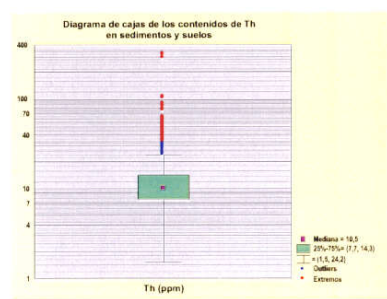
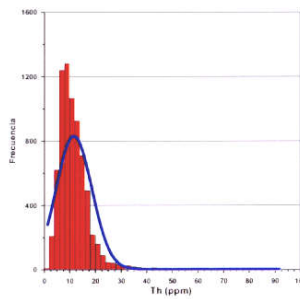
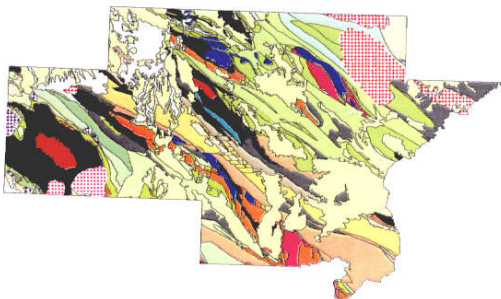
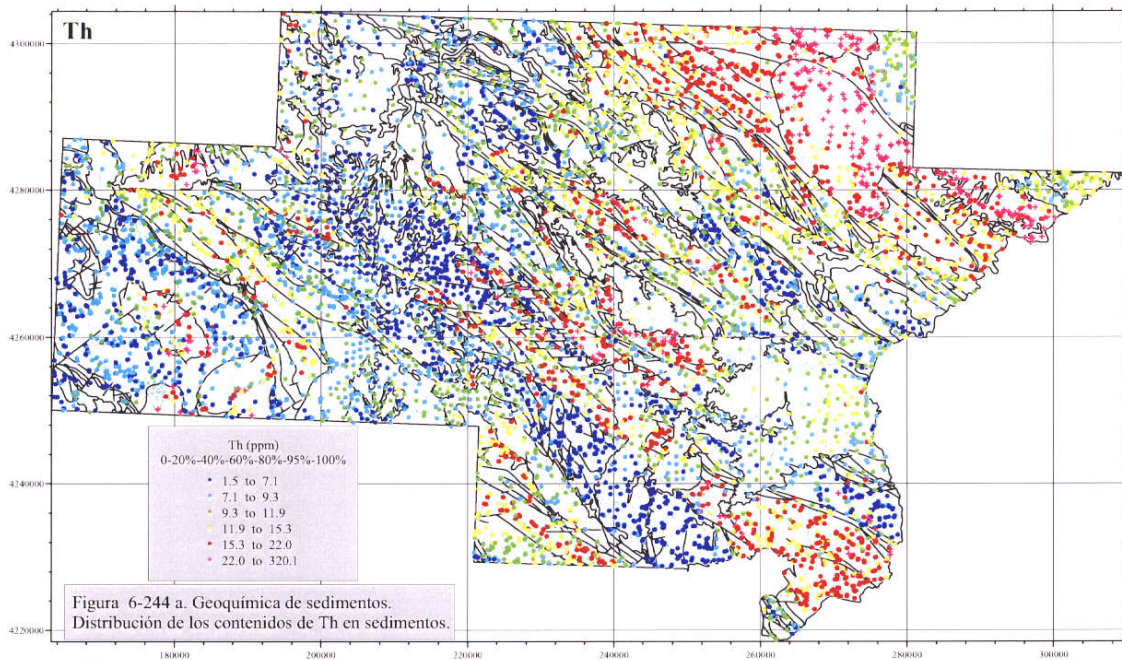
El **circonio (Zr)**, figuras 6-252 a y b, tiene pautas de distribución con control básicamente litológico. Diferencia claramente, por sus mayores contenidos a los granitoides cadomienses (Salvatierra), a algunos cuerpos ígneos cambro-ordovícicos (Barcarrota, Aceuchal) y a los granitoides hercínicos peraluminicos (Campanario, Quintana, éste último en su sector central y NE). Destaca, asimismo, el Complejo volcanosedimentario cámbrico, con fondos muy altos. En el resto de las unidades la distribución es más errática, apareciendo sectores con fondos elevados en el Ordovícico inferior en proximidad a los granitos peraluminicos, y en el Devónico inferior. El Zr diferencia claramente, con fondos medios, a los Neises de Azuaga, en neta oposición con la Fm. Azuaga, con fondos muy bajos. Las restantes unidades muestran contenidos bajos a muy bajos.

Puede verse, **en conclusión**, que aunque varios elementos presenten algunas pautas difusas y poco claras, otros las tienen muy definidas y sus reparticiones permiten establecer relaciones claras 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. Las pequeñas diferencias de matiz que pueden encontrarse pueden estar relacionadas 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 las distribuciones geoquímicas en sedimentos y la estructura geológica, es decir con las unidades litoestratigráficas. 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 importancia subordinada de los procesos de meteorización y dispersión química ante los de dispersión mecánica, lógicos 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.





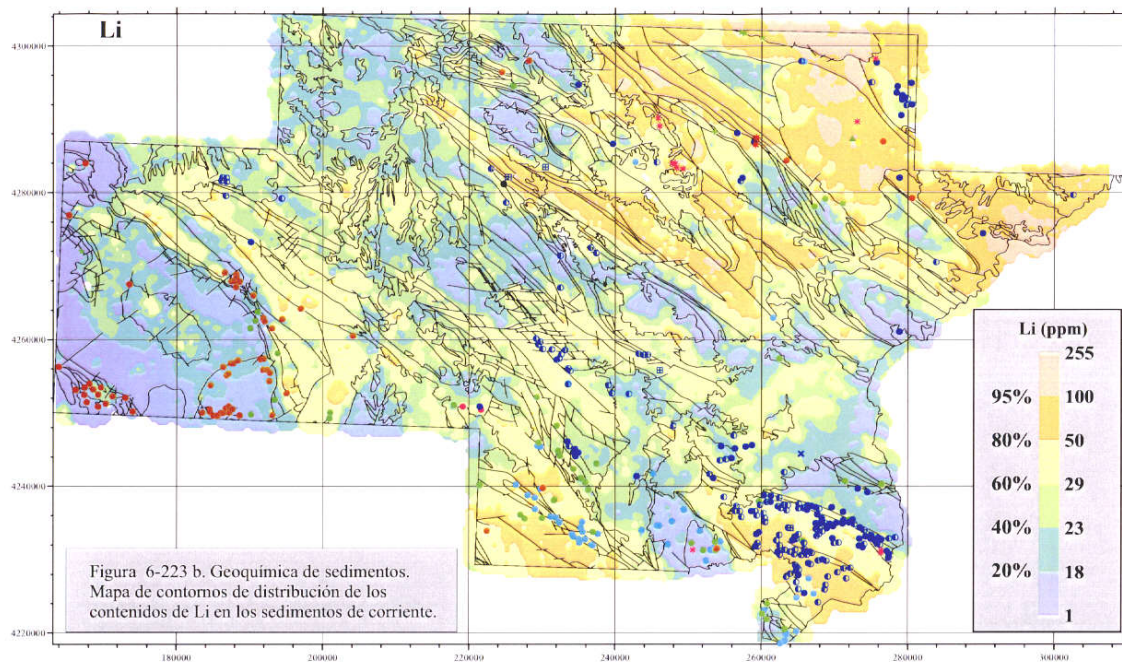
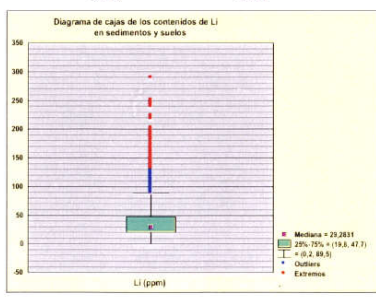
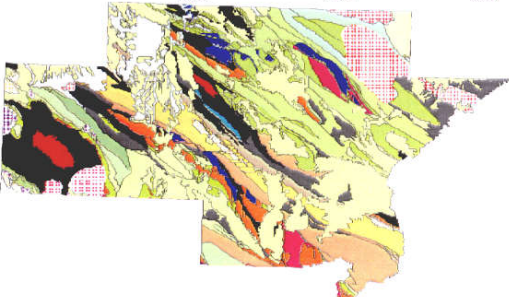


Figura 6-223 b. Geoquímica de sedimentos. Mapa de contornos de distribución de los contenidos de Li en los sedimentos de corriente.



**Indicios Mineros**

1. As	●	8. Pb	●
2. Ba	●	9. V Pb	×
3. Cu	●	10. Pb Zn	●
4. Bi Cu	●	11. Sb	●
5. Fe	●	12. Sn	●
6. Hg	●	13. U	●
7. Ni Cu	●	14. W	●
		15. Zn	■

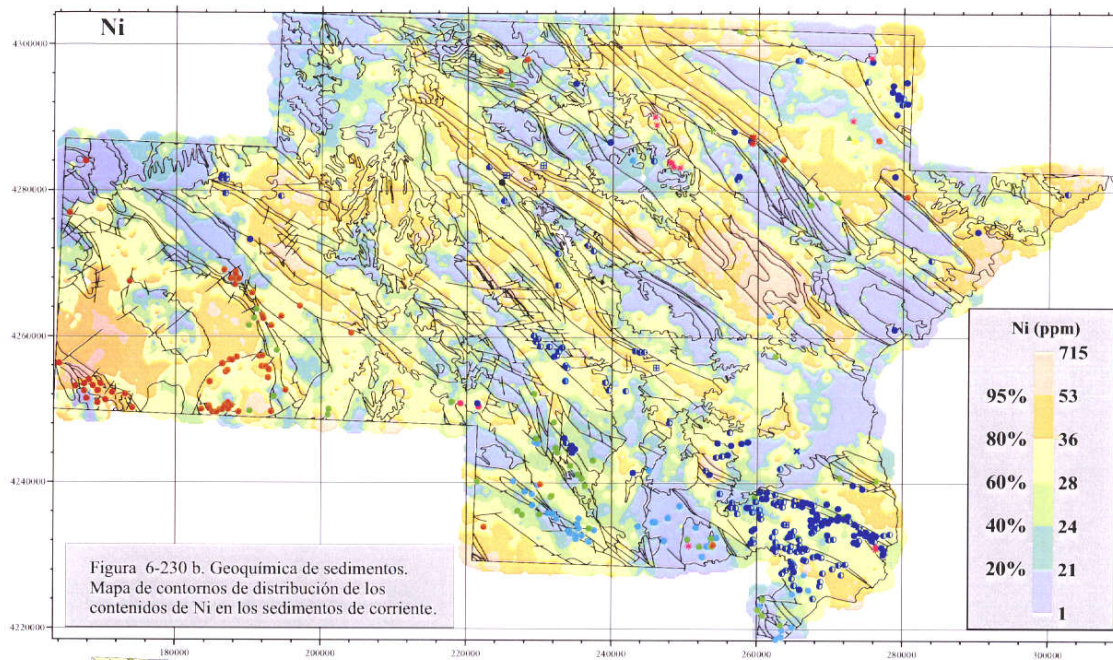
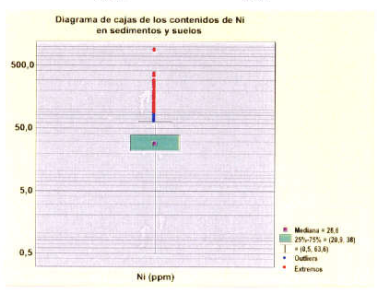
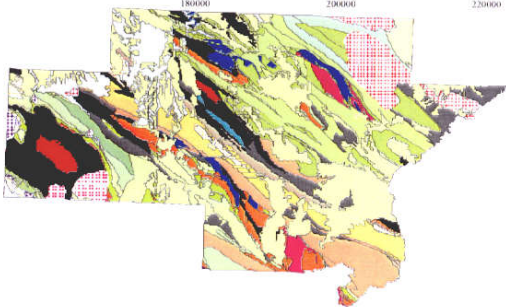


Figura 6-230 b. Geoquímica de sedimentos. Mapa de contornos de distribución de los contenidos de Ni en los sedimentos de corriente.



**Indicios Mineros**

1. As	8. Pb	●
2. Ba	9. V Pb	×
3. Cu	10. Pb Zn	○
4. Bi Cu	11. Sb	●
5. Fe	12. Sn	●
6. Hg	13. U	●
7. Ni Cu	14. W	●
	15. Zn	⊠

### 6.5.1.2.2.- Mapas de distribución espacial con escala no eualizada

La representación de las distribuciones se ha hecho dando igual peso a las sucesivas franjas de contenidos de cada elemento, por valores de percentiles (eualización del histograma), para cubrir el objetivo de conocer realmente su distribución. La representación a partir de escalas de valores diferentes, 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 loglineales o de distribución normal, en lugar de las de eualización 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 6-262 a 6-272).

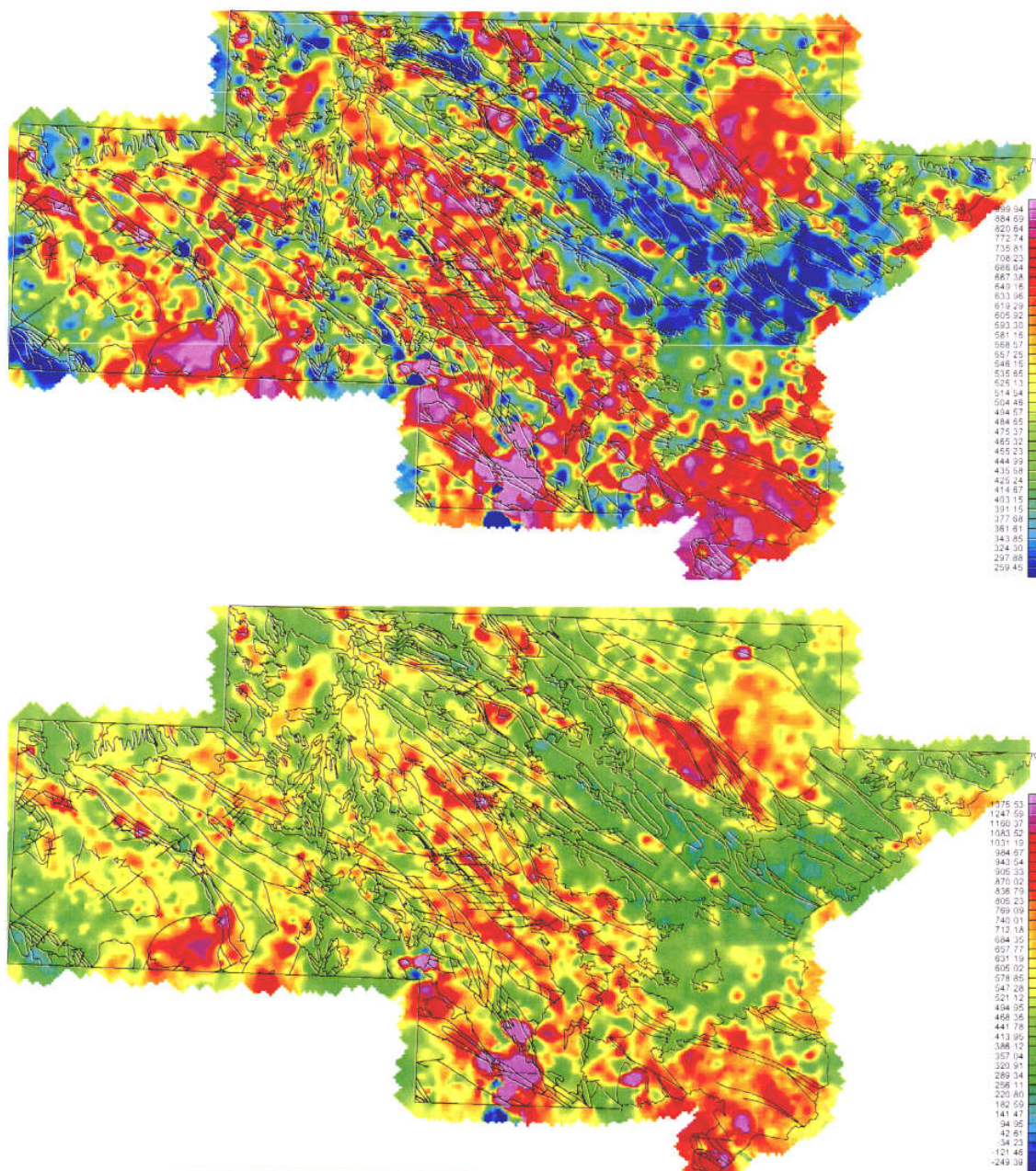
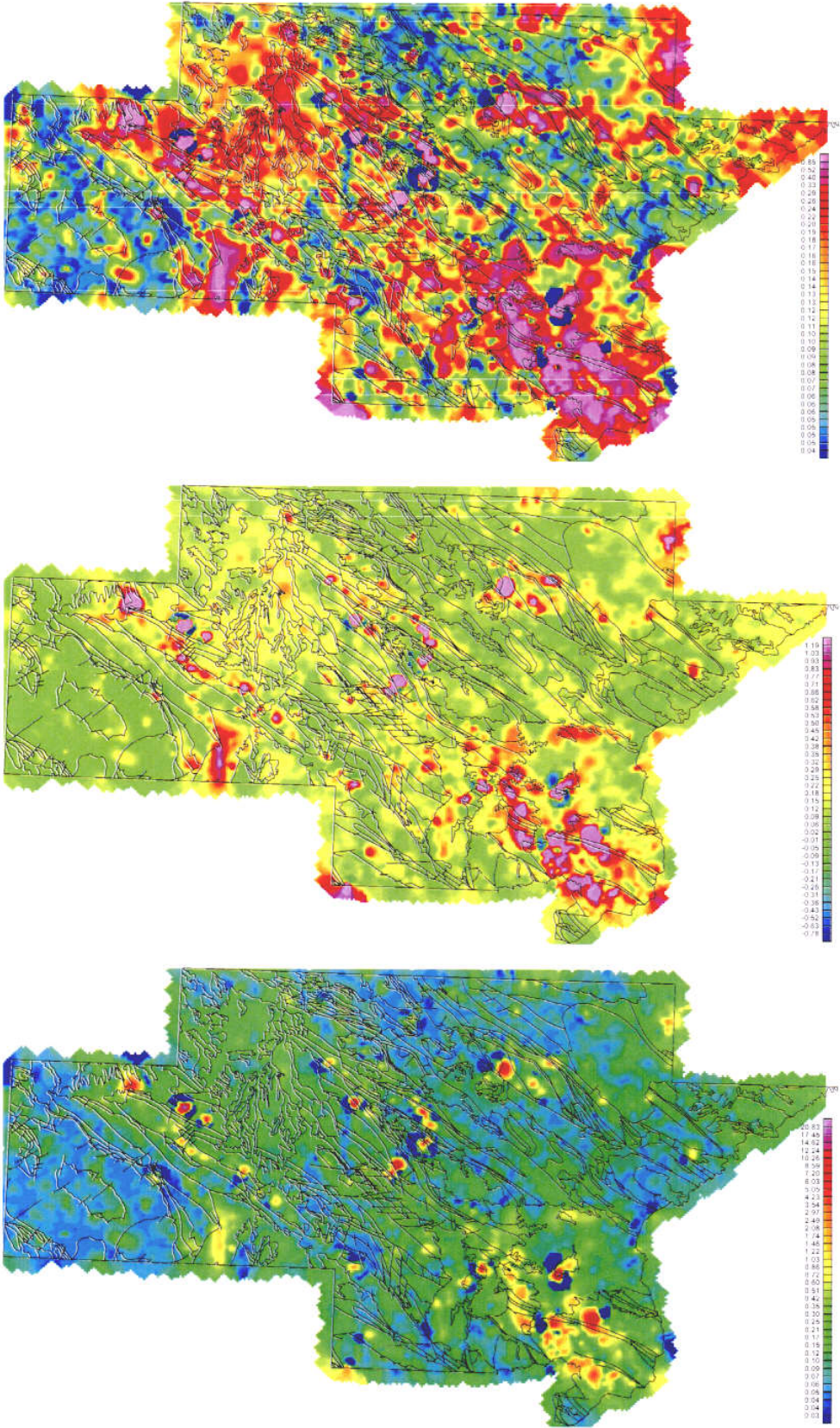


Figura 6-257. Mapas de distribución de Ba con escala eualizada a partir del histograma y con escala de distribución normal (debajo)



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 Ba, del Cd, del Hg, del Mo, del Pb, del S, 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, Th, Na, Be, Ni, 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 log-lineal, parece indicar un cierto control lineamentario de las posibles anomalías, al estar alineadas según estructuras NE-SO, coincidentes como se verá (6.5.3.2 y 8.1.1) con discontinuidades geoquímicas según esa dirección. Ello es patente en el caso de Cd, Hg, Pb e, incluso, Sb.

## 6.5.2.- ESTUDIO Y ANÁLISIS BIVARIANTE

Para conocer las relaciones o dependencias entre elementos, tomados de dos en dos, se ha elaborado la **tabla de coeficientes de correlación** (tabla 6-5).

En ella pueden apreciarse varios rasgos significativos.

- Los elementos del grupo de las Tierras Raras (Ce, La, Eu, Nd, Tb, Sm), el Th y el U están muy correlacionados entre ellos. Las Tierras Raras ligeras (Ce, La, Nd, Sm, Eu) muestran entre sí correlaciones muy elevadas (coeficientes  $> 0,7$  y, en particular,  $0,94$  para Ce-La y  $0,93$  para Ce-Nd), y correlaciones menores con las T.R. pesadas (Tb, Lu, Yb), del orden de  $0,4-0,5$ . Las Tierras pesadas (Lu, Yb) están muy fuertemente correlacionadas entre ellas (coeficiente  $0,99$ ). Todos estos elementos muestran asimismo coeficientes de correlación apreciables con Th y U. También son a destacar las afinidades positivas, aunque algo menores que las anteriores, con otros como Be, Cs, Li, K, Rb, Zr, que son elementos de afinidad granítica. Este grupo muestra correlaciones negativas, aunque con coeficientes  $< 0,5$ , con Ca, Mg y Na.
- El Al muestra correlación positiva con numerosos elementos químicos pero sólo lo hace con coeficiente  $> 0,5$  en el caso de Mg y Y. Con coeficientes menores lo hace con Ti, V, Sc, Sr, K y Fe.
- El Au y el Hg son prácticamente independientes, presentando correlaciones casi nulas con los demás elementos.
- El Bi está poco correlacionado, pero con los escasos elementos con los cuales lo hace (W, As, Sb y Mo), el grado de correlación es muy fuerte ( $0,99$  con W), aunque puede estar exagerado por la poca variabilidad de ambos elementos. Esta asociación compacta está en relación con fenómenos de mineralización. El As está asociado también a elementos de filiación granítica ( $< 0,5$ ) como Cs y Li.
- Ba no presenta correlación alguna con los restantes elementos, salvo con el K, con el cual presenta un coeficiente de correlación bajísimo ( $0,19$ ), indicador de una pequeña dependencia ligada a la presencia de Ba remplazando a K en los feldespatos.
- Son significativos y coherentes los fuertes coeficientes de correlación entre Ni, Fe, Cr y Co, así como entre Fe-Sc-Mg-V. Las existentes entre elementos de los dos grupos, aunque apreciables, son más tenues.
- Son asimismo coherentes y consistentes los coeficientes de correlación positivos medios entre Be y Cs ( $0,56$ ) y los algo menores entre Be y Li, K, P, Rb, Ti, Zr y Tierras Raras, definiendo una asociación granítica. Llama la atención la fuerte relación entre Be y Ti, así como con Mn, Ta, Ti, mientras que las de Be con elementos “graníticos” como Al, Rb, Na, son débiles o negativas.
- Es lógica, por esperable, la correlación estrecha entre Rb y K (sustitución de K por Rb en feldespatos).
- Entre los elementos de mineralización hay que destacar la asociación, fuertemente cohesionada, de Pb, Ag, Sb, Zn, Cd.
- El Cu está relacionado, aunque en forma débil, con Co, Ni, Sc y V, asociación clásica de rocas básicas. Presenta escasa correlación con otros elementos de mineralización..
- El S no tiene un grado de correlación fuerte con otros elementos, excepto con Br y P con los que tiene una relación débil.
- 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.
- Ca presenta muy pocos elementos correlacionados positivamente, y éstos en forma débil, como Mg, Sr, Te. Por el contrario manifiesta cierto antagonismo con elementos como K, Hf, La, Lu y otros elementos de filiación granítica.
- El Na tiene, asimismo escasa correlación otros elementos. Muestra coeficientes de correlación débiles con Mg, Sr, Sc, Ti, Fe (asociación ferromagnesiana ) y coeficientes negativos, también débiles, con Rb, Li, Ce

En las figuras 6-273 a 6-279 se representan **diagramas binarios de correlación** de algunos pares de elementos significativos y las rectas de regresión que se les han ajustado.





Figura 6-288. Diagramas de correlación binaria entre los contenidos de Ce, La, Nd, Sm

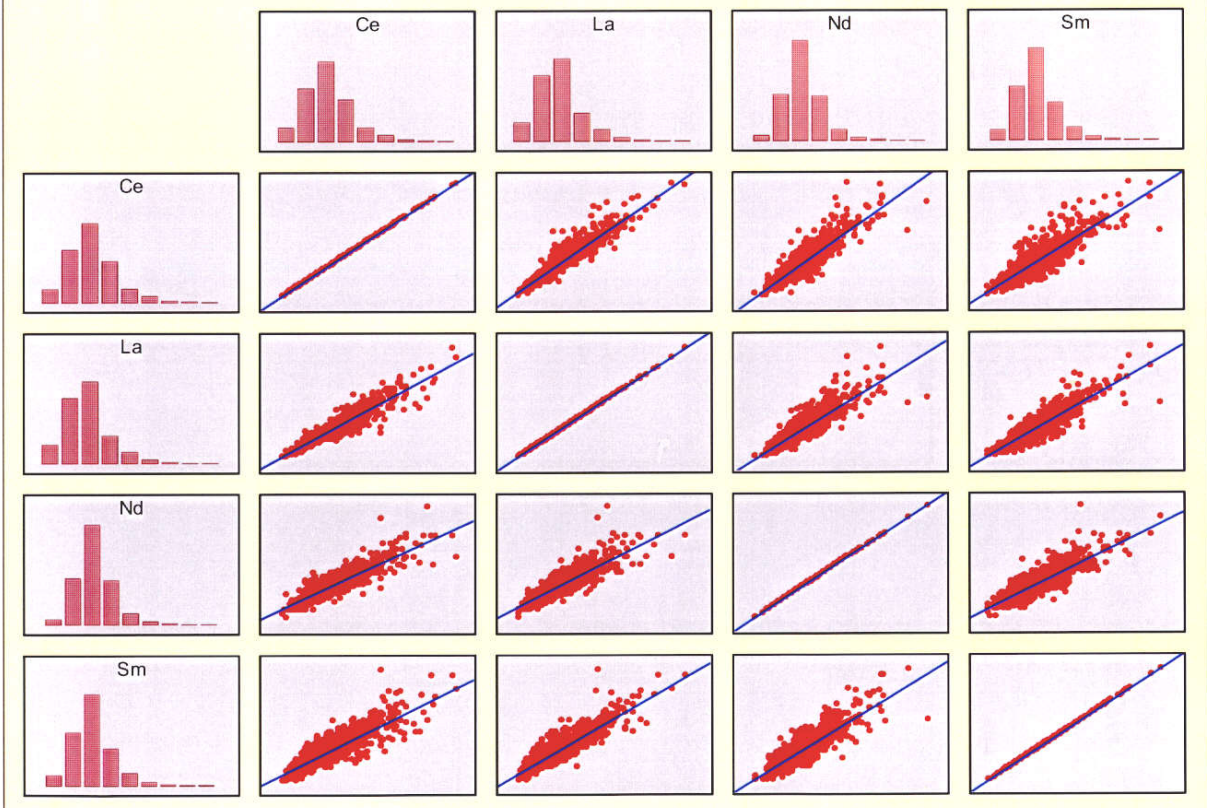
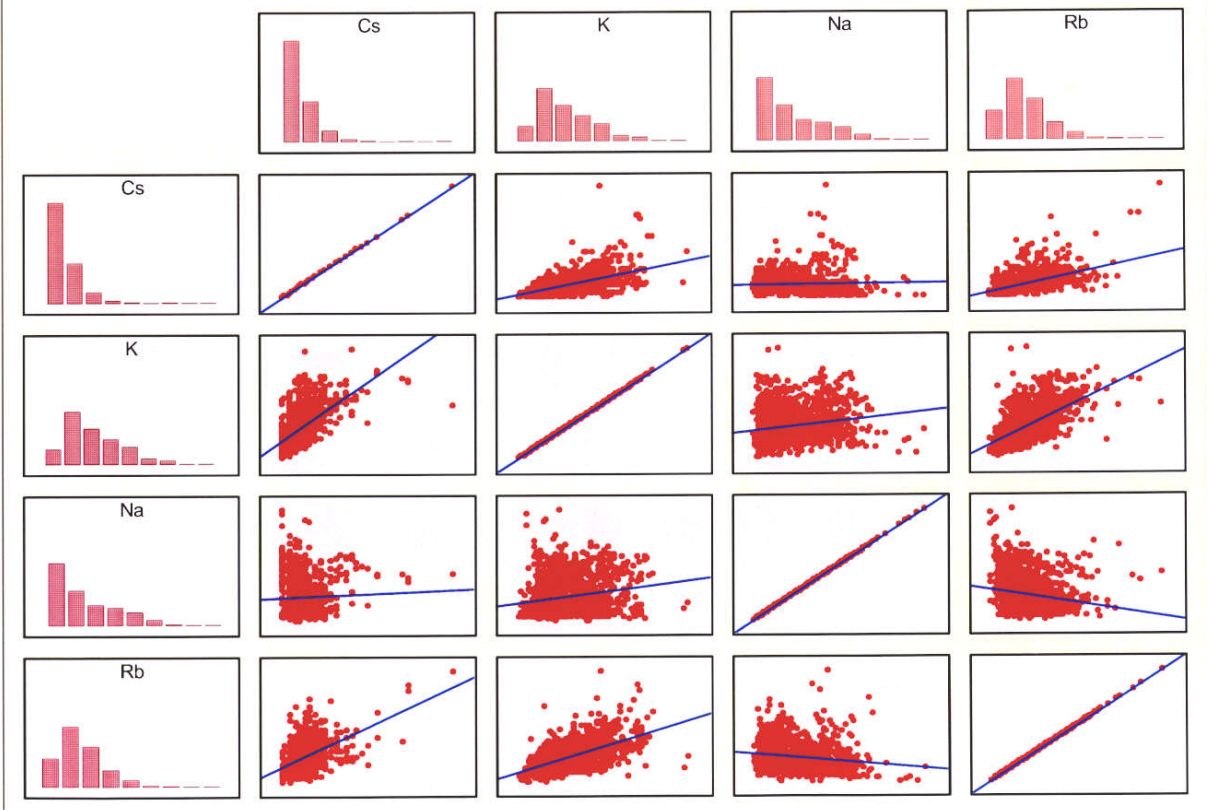
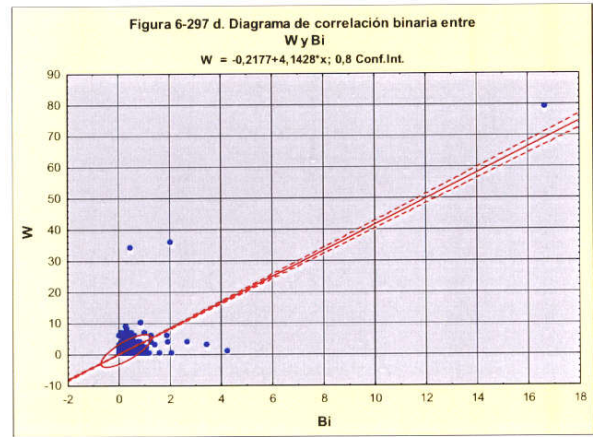
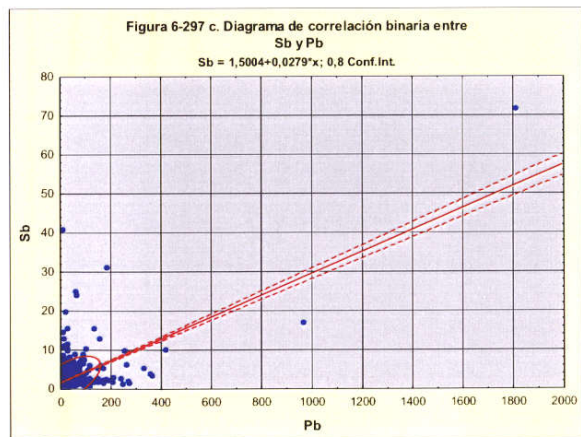
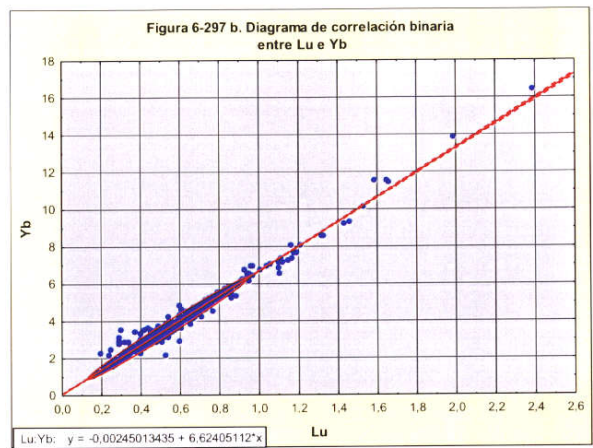
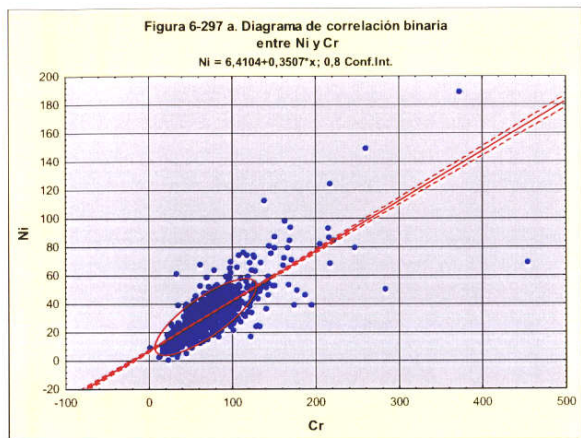


Figura 6-293. Diagramas de correlación binaria entre contenidos de Cs, K, Rb y Na





### 6.5.3.- ESTUDIO Y ANÁLISIS MULTIVARIANTE

Tras el estudio de las variables geoquímicas una a una (estudio univariante), tomadas de dos en dos (análisis bivariante), se pasa a estudiar las variables en su conjunto para esclarecer las relaciones que subyacen entre ellas y analizar las asociaciones geoquímicas que explican mejor el espacio geoquímica..

#### 6.5.3.1.- Análisis de componentes principales.

El objeto del análisis multivariante es reducir la dimensionalidad del gran volumen de información introducido por 52 variables geoquímicas en 7.407 muestras (matriz de 7.407x52) a un número más reducido de variables que sinteticen el comportamiento de los elementos y las relaciones internas que existen entre ellos. La técnica de análisis multivariante utilizada es la del **análisis de componentes principales (ACP)**, muy empleada, y adecuada a las características de la información geoquímica multielemental. Se ha efectuado el ACP sobre aquellas variables que tienen un grado de variabilidad apreciable (excluyéndose aquellas con muchos valores por debajo del límite de detección), que muestran un grado de correlación significativo con las restantes variables o que tienen una especial significación metalogénica o geoquímica. En definitiva, se han incluido y tratado **47 variables o elementos químicos**.

Se han extraído **7 factores** tras un proceso de rotación del espacio factorial por el método Varimax normalizado, que explican, en conjunto, el **58% de la variabilidad geoquímica total**, haciéndolo, cada uno de ellos, en proporción, salvo en el caso de un factor, superior al 5%, por lo que se considera consistente el resultado obtenido. 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. Consignando, 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: Lu-Yb-Sm-Eu-Nd-Ce-La-Tb-(Zr-Hf-Ta-Th-Y-Ti-Be-U)**

Explica el 12,5% de la varianza total.

Esta asociación, formada por elementos del grupo de las Tierras Raras, elementos próximos como Th, y elementos de filiación ígnea (Hf, Be, Ta, Zr) mayores (K,Al) tiene probablemente un sentido litológico.

**Factor litológico.**

**Factor 2: Co-Ni-Cr-Sc-V-Fe-Mg-(Ti-Cu-Mn-Eu)**

Explica el 10,46 % de la varianza total.

Esta asociación está formada por elementos ferromagnesianos de las asociaciones ígneas ultrabásica y básica. Todos los elementos implicados son petrogenéticamente afines.

**Factor litológico.**

**Factor 3: Sb-Ag-Pb-Zn-Cd-(Cu-As)**

Explica el 6,57 % de la varianza total.

Esta asociación elemental es muy significativa. Está constituida por elementos clásicos de mineralización, que muestran desde el punto de vista metalogénico una gran coherencia, pues aparecen juntos en mineralizaciones tipo (fundamentalmente, Pb-Zn). Tampoco sería imposible un significado parcialmente litológico.

**Factor mineralización.**

**Factor 4: Cs-Li-Th-Be-U-K-Rb-La-Ce-(Zr-Nd-Sm-As-Al)**

Explica el 10,515 % de la varianza total.

La estructura de este factor, formado por elementos mayores y asociados (K y Rb), Tierras Raras ligeras (Ce-La) y elementos afines (Th, U) y elementos de clara filiación granítica (Be, Cs, Li, As, Zr), le confiere un carácter litológico, posiblemente explicado por plutonismo ácido-intermedio. **Factor litológico.**

**Factor 5: Bi-W-As-Mo-(Ta-Sb-Cu)**

Explica el 6,03 % de la varianza total

Este factor está representado por una asociación elemental clásica de mineralización, asociada generalmente a plutonismo ácido.

**Factor mineralización****Factor 6: Na-Sr-Mg-Ti-Y-Al-(Be-Fe-K-P-Sc).**

Explica el 7,63 % de la varianza total

La estructura de este factor está compuesta por una mayoría de elementos mayores con elementos traza cuya significación es, en principio ambigua. Cabe pensar en un significado litológico.

**Factor litológico.****Factor 7: S-(Br-Al-Y-Ca-Ba-K-P-Cu-Mg)**

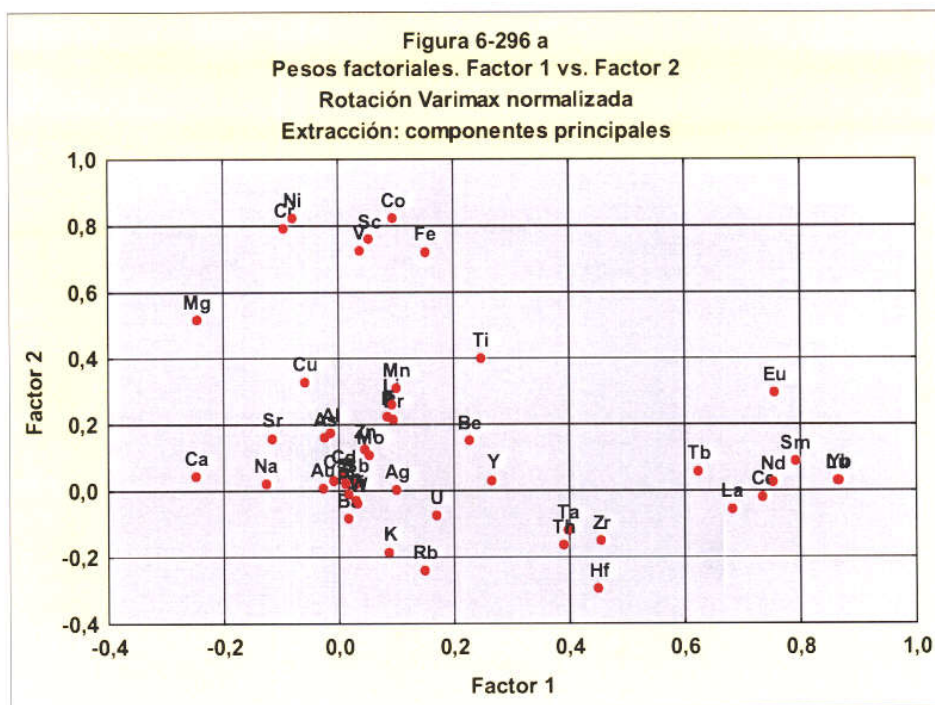
Explica el 4,22 % de la varianza total

La estructura elemental de este factor es, como en el caso anterior, ambigua. Está formada por un elemento principal, el S, al cual se añaden, con mucho menor peso, elementos mayores (K, Mg, Ca) y elementos como Ba y Br, sin ningún peso en los otros factores.

**Factor probablemente litológico.**

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5	FACTOR 6	FACTOR 7
Ag	0,102	0,005	0,786	0,076	0,001	0,011	-0,156
Al	-0,014	0,176	-0,041	0,248	0,029	0,561	0,429
As	-0,025	0,162	0,156	0,255	0,662	-0,129	0,051
Au	-0,028	0,010	0,070	-0,005	0,007	0,071	0,020
Ba	0,018	-0,082	0,067	0,071	0,030	0,106	0,307
Be	0,228	0,152	0,017	0,673	0,035	0,271	-0,094
Bi	0,029	-0,026	0,060	0,007	0,931	-0,024	-0,027
Br	0,095	0,218	-0,034	0,053	-0,026	-0,173	0,485
Ca	-0,247	0,045	-0,046	-0,246	-0,021	0,125	0,358
Cd	0,008	0,049	0,707	-0,015	0,108	-0,011	0,093
Ce	0,736	-0,017	0,023	0,538	-0,052	-0,185	0,095
Co	0,096	0,823	0,027	-0,036	0,035	-0,019	0,021
Cr	-0,093	0,793	-0,012	0,023	-0,030	0,045	-0,053
Cs	-0,008	0,033	0,054	0,836	0,094	-0,062	0,115
Cu	-0,058	0,331	0,229	0,008	0,110	0,049	0,226
Eu	0,757	0,296	0,058	0,182	-0,035	0,097	0,114
Fe	0,153	0,723	0,039	-0,123	0,054	0,436	0,046
Hf	0,451	-0,294	-0,041	0,171	-0,052	-0,184	-0,381
K	0,089	-0,182	0,081	0,631	-0,010	0,216	0,299
La	0,683	-0,054	0,034	0,577	-0,066	-0,135	0,124
Li	0,092	0,264	0,042	0,714	0,148	-0,189	0,121
Lu	0,864	0,031	0,014	0,027	0,068	0,056	-0,092
Mg	-0,245	0,518	-0,035	-0,067	-0,032	0,596	0,170
Mn	0,101	0,311	0,012	-0,077	0,061	0,096	0,085
Mo	0,055	0,109	0,016	-0,027	0,661	0,162	0,081
Na	-0,126	0,023	-0,012	-0,081	-0,010	0,795	-0,193
Nd	0,753	0,027	0,013	0,471	-0,058	-0,132	0,106
Ni	-0,078	0,824	0,011	0,104	-0,007	-0,120	-0,001
P	0,085	0,226	0,117	0,078	0,015	0,404	0,309
Pb	0,018	-0,010	0,757	0,014	-0,060	-0,006	-0,049
Rb	0,150	-0,238	0,041	0,603	0,127	-0,244	0,184
S	0,013	0,024	0,055	0,041	0,007	0,043	0,627
Sb	0,031	0,024	0,817	0,037	0,212	-0,053	0,062
Sc	0,055	0,760	0,006	-0,066	0,010	0,441	0,053
Sm	0,792	0,090	0,021	0,449	-0,030	0,014	0,123
Sr	-0,115	0,160	-0,026	0,006	-0,011	0,741	0,050
Ta	0,399	-0,116	0,026	0,182	0,226	0,068	-0,171
Tb	0,625	0,060	0,019	-0,038	0,048	-0,042	0,117
Th	0,390	-0,162	-0,010	0,681	-0,079	-0,013	-0,085
Ti	0,248	0,401	0,016	-0,044	0,023	0,564	-0,096
U	0,169	-0,072	-0,011	0,630	0,058	0,074	-0,155
V	0,038	0,726	0,143	-0,027	0,044	0,272	0,037
W	0,034	-0,033	0,052	0,049	0,930	-0,022	-0,039
Y	0,267	0,034	-0,019	-0,021	0,026	0,555	0,354
Yb	0,868	0,032	0,012	0,021	0,069	0,060	-0,091
Zn	0,046	0,126	0,752	0,076	-0,007	0,041	0,160
Zr	0,456	-0,150	0,049	0,494	-0,040	0,014	-0,220
Varianza explicada	5,892	4,916	3,089	4,942	2,834	3,591	1,985
Proporción total de la varianza (%)	12,500	10,459	6,571	10,515	6,030	7,639	4,224

Tabla 6-6. Resultados del Análisis de Componentes Principales. Pesos factoriales.



Para una mejor comprensión del ACP y su significación, además de considerar la estructuración de los factores, 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.

**El factor 1: Lu-Yb-Sm-Eu-Nd-Ce-La-Tb-(Zr-Hf-Ta-Th-Y-Ti-Be-U)**, figuras 6-298 a y b, muestra una distribución con un claro control litoestratigráfico, aunque se observan respuestas positivas muy locales en contextos con asociación baja o muy baja con él.

En el Dominio del Antiforme Olivenza Monesterio (AOM), este factor está netamente relacionado (en sus valores positivos elevados) con los intrusivos básicos y ácidos ligados al rift cámbrico (Jerez, Almendral, Bancarrota, Feria, Acehuchal) y con la Fm. volcano-sedimentaria cámbrica, a la cual delinea con claridad. En la zona Sur, parece haber también una pequeña respuesta en partes de la Fm. Malcocinado, en proximidad del intrusivo de La Bomba. De forma negativa se discriminan netamente las restantes unidades, en particular los granitos hercínicos de Brovales y Burguillos, los granitos cámbricos postcolisionales de Salvatierra de Barros, la Fm. Carbonatada (Cámbrico), las series detríticas inferior y superior Iy, en general, la Fm. Malcocinado. Los afloramientos de la Fm. Azuaga se expresan con valores medios.

En el Dominio de S<sup>3</sup> Albarrana, se observa una asociación de este factor con Fm. Azuaga, en la que los factores score tienen valores medios-altos.

En la banda de cizalla Badajoz-Córdoba (ZCBC), esta asociación se manifiesta con gran intensidad y de una forma neta, en relación con la Unidad de Neises de Azuaga y, sobre todo, con la banda de ortoneises y milonitas de Ribera del Fresno (plutonismo cambro-ordovícico) y con las areniscas y cuarcitas feldespáticas de la Fm. Albariza. Estas unidades presentan una respuesta muy contrastada con las restantes unidades (Serie Negra, Fm. Malcocinado, etc.), en las cuales el factor 1 se manifiesta con valores bajos.

En el Dominio Obejo-Valsequillo Puebla de La Reina (DOVPR) esta asociación destaca, con valores más elevados, a determinados tramos del Devónico inferior) y en el Dominio Luso-Alcúdice (DLA), y de manera mucho más clara y estrecha, a las pizarras, cuarcitas y grauvacas del Ordovícico (inferior y medio). De forma negativa, delimita a los cuerpos intrusivos hercínicos de Pedroches, a las rocas ácidas y

básicas de tipo arco de La Serena y de Palomas, y a los intrusivos graníticos post-colisionales al N de Puebla del Prior.

En definitiva, esta asociación está fundamentalmente relacionada con los materiales ígneos intrusivos asociados con el magmatismo del rift cambro-ordovícico (rocas ígneas de composición variable pero con carácter alcalino) y con la Fm. volcano-sedimentaria cámbrica, asimismo ligada a dicho evento., así como, dentro de la ZCBC, a la Unidad de Neises de Azuaga, a la Fm. Atalaya y a la Fm. Albariza, que incluyen ortoneises y metavulcanitas alcalinas e hiperalcalinas precámbricas. En el DOVPR, este factor se asocia a determinados tramos del Devónico inferior, mientras que en la zona centro ibérica (DLA) el Devónico inferior se discrimina por su respuesta negativa en comparación con el Ordovícico inferior y medio que sí muestran afinidad por él. Es conocida la diferente evolución de las cuencas ordovícicas y devónicas en dichos dominios (ver capítulo 1) pero es curioso comprobar como desde el punto de vista geoquímica se invierten los rasgos en las unidades mencionadas: DOVPR, Ordovícico con escasa afinidad por esta asociación y Devónico inferior con mayor afinidad; DLA, Ordovícico muy afín y Devónico inferior muy poco afín.

Esta distribución, junto a la estructura geoquímica del factor 1, confirma su **carácter litológico y estratigráfico: unidades ígneas precámbricas y unidades ligadas al rift cambro-ordovícico y, al N de la ZCBC, litologías pelítico-grauváquicas del Ordovícico inferior y medio y, en menor medida, del Devónico inferior.**

El **factor 2: Co-Ni-Cr-Sc-V-Fe-Mg-(Ti-Cu-Mn-Eu)**, figuras 6-299 a y b, muestra una distribución muy contrastada, en la que se discriminan muy netamente las unidades litoestratigráficas por su mayor, menor o una afinidad por la asociación geoquímica anterior. En la parte occidental de la NAOM, se definen perfectamente el intrusivo de Salvatierra y el de Brovales por sus bajísimos valores, de los materiales de la Serie Negra y los afloramientos de Bancarrota y Feria (rocas intrusivas básicas), con valores medios, y del stock de Burguillos, con valores elevados y homogéneos en toda su superficie. La banda de sedimentos del Carbonífero inferior se manifiesta igualmente con tonos medios, así como la Fm. Malcocinado, y lo hacen en tono muy bajo las Series detríticas inferior y superior y la Fm. Carbonatada.

En la ZCBC existe una respuesta positiva muy definida a lo largo de los afloramientos del Carbonífero inferior y de la unidad de los Neises de Azuaga, diferenciándolas de la Fm. Albariza y Atalaya. Ello se explica por la presencia de vulcanitas básicas en el Carbonífero inferior y de anfibolitas y metabasita en los Neises de Azuaga. La presencia de anfibolitas y neises anfibólicos en esta última unidad no es homogénea, lo que explica también la respuesta poco uniforme, que queda patente en su parte más oriental.

Al N de la ZCBC muestran una respuesta muy nítida y fuerte, que los discrimina de unidades contiguas, el Ordovícico medio-superior (oposición al Ordovícico inferior) y el Carbonífero inferior (volcanismo básico). La respuesta del Devónico inferior no es uniforme en todos sus afloramientos, siendo generalmente baja salvo en la banda situada entre Campillo de Llerena y Hornachos, en la que se alcanzan valores medios a elevados de los factores store. Esta banda suministraba también una respuesta apreciable con respecto al factor 1, lo que hace sospechar de la intercalación de horizontes volcánicos básicos o de pequeños intrusivos en esa zona. Los granitoides de Quintana y Campanario-La Haba se diferencian bien de los materiales encajantes por su baja respuesta, aunque la parte Sur del granito de Quintana, presenta manchas de valores medios debidos a posibles facies más intermedias. Las rocas básicas de Palomas dan una respuesta evidente aunque algo pobre, así como lo hacen los pequeños afloramientos de rocas básicas - ultrabásicas situados al E de la anterior (NE de Puebla de La Reina). Esta respuesta débil es posiblemente debida a la escasez de muestras y a la disposición de éstas en relación con los contactos.

En conclusión, este factor o asociación tiene un claro y neto **significado litológico** (y estratigráfico) representando y discriminando a las **rocas intrusivas básicas o intermedias** (Burguillos, Bancarrota, Palomas), al volcanismo básico del Carbonífero inferior, y, en forma más suave, a la Serie Negra, a zonas de la unidad de los Neises de Azuaga formadas por rocas metabásicas, y a los materiales pelíticos del Ordovícico medio-superior (?).

El **factor 3: Sb-Ag-Pb-Zn-Cd-(Cu-As)**, figuras 6-300 a y tiene una distribución irregular y poco consistente, mostrando, en la mayoría de las ocasiones, zonas con valores elevados de los factores score que cortan a los polígonos de las unidades geológicas u ocupan sólo una parte de ellos. Únicamente en la NAOM, al NE del intrusivo de Salvatierra de Barros parece haber un control litoestratigráfico, al definirse una respuesta positiva de la Fm. Carbonatada, del Complejo Volcanosedimentario cámbrico y de la Serie Negra. Se observan manchas de cierta amplitud pero más discontinuas en la Fm. Azuaga en clara relación con el distrito minero de Azuaga, en las zonas de Villagarcía de la Torre y Llerena, también en relación con agrupaciones de indicios mineros de Pb-Zn o de Cu, en el entorno del distrito de Santa Marta, en la zona de Castuera, asimismo en zona mineralizada. Presentan cierto interés, por cuanto no existen indicios mineros conocidos, las zonas con respuesta positiva en el Devónico inferior en la zona de Campillo de Llerena a Hornachos. La distribución de este factor confirma que representa a una **asociación de mineralización aún cuando puede haber una componente litoestratigráfica.**

El **factor 4: Cs-Li-Th-Be-U-K-Rb-La-Ce-(Zr-Nd-Sm-As-Al)**, figuras 6-301 a y b, presenta una distribución muy consistente, discriminando, en general, bastante netamente a las diferentes unidades litoestratigráficas (control litoestratigráfico). Las unidades mejor caracterizadas por esta asociación geoquímica son los granitoides hercínicos post-tectónicos (Pedroches, Quintana y La Haba-Campanario, apófisis de San Nicolás y apófisis de Santa Marta), perfectamente delineados por los valores más elevados de los factores score. Con respuesta similar, e igualmente homogénea, se manifiesta, en el DSA, la banda Sur de la Fm. Azuaga en el extremo SE de la zona.

Con valores elevados pero ligeramente más bajos se discriminan los granitos precámbricos postcolisionales (Salvatierra), los granitoides ácidos e intermedios de tipo arco de Valle de La Serena y los afloramientos de la Fm. Neises de Azuaga. En la zona de Usagre-Villagarcía de la Torre-Llerena, esta respuesta positiva se extiende a la Serie Detrítica superior cámbrica, y a la Fm. Carbonatada, que más al O, muestran una relación con esta asociación de carácter granítico algo inferior. Asimismo responden de igual forma, aunque algo menos uniforme, los afloramientos de Ordovícico medio-superior y Devónico inferior en el dominio Centro-Ibérico y en el OVPR.

Muestran una correlación de nivel medio la Serie Negra, los intrusivos sintectónicos de Brovales y Burguillos, la Serie volcano-sedimentaria del Carbonífero inferior y el Complejo Volcanosedimentario Cámbrico. Se discriminan netamente, por su respuesta negativa, las rocas ígneas ligadas al rift cambro-ordovícico (Almendral, Nogales, Bancarrota), las rocas ígneas del complejo de Palomas y la cobertera Terciaria.

Es de destacar la imagen que suministran la Fm. Azuaga y los Neises de Azuaga, así como el sector antes mencionado de Llerena-Usagre, constituidos por litologías que en principio no explican claramente una correlación tan fuerte con dicha asociación geoquímica.

Asimismo, merece señalarse, aunque sea arealmente poco significativa, la mancha positiva que se presenta en la Fm. Azuaga coincidiendo con la banda de debilidad NE-SO de Salvatierra de Barros.

Se confirma el carácter litológico de este factor (plutonismo granítico post-tectónico hercínico)

El **factor 5: Bi-W-As-Mo-(Ta-Sb-Cu)**, figuras 6-302 a y b, que está representado por una asociación geoquímica metalogénica, tiene una distribución bastante irregular, mostrando manchas o agrupaciones con valores altos dispersas y de dimensiones muy variables, y con escaso ajuste, salvo excepciones, con las unidades geológicas. Ello es coherente con la interpretación previa de que este factor va ligado, en general, a procesos de mineralización. Destaca, en primer lugar, la respuesta positiva del entorno de la minas de San Nicolás, en la que la mineralización explotada contiene a los elementos incluidos en la asociación. Las principales áreas o unidades en las que existe una correlación fuerte con esta asociación geoquímica son las del granito de La Haba-Campanario y su encajante inmediato (Ordovícico medio y Alogrupo Domo Extremeño), algunas muy puntuales dentro del granitoide de Quintana, la Fm. Azuaga y la Fm. Carbonatada en la zona de Llerena (gran densidad de indicios mineros), la Serie Negra y la Fm. Bodonal al SO y O del intrusivo de Salvatierra de Los Barros, mientras que otras partes del mismo afloramiento tienen respuesta negativa. Existe una amplia zona con valores elevados cubriendo afloramientos de Complejo Volcanosedimentario cámbrico, Fm. Carbonatada, Flysch Culm, en la zona



de influencia de la gran estructura discontinua, de dirección SO-NE que corta al intrusivo de Salvatierra. Esta zona, aparentemente controlada por dicho accidente puede ser muy significativa por coincidir con valores elevados de otras asociaciones y distribuciones elementales.

Salvo los intrusivos colisionales hercínicos y el de Salvatierra no parece existir relación entre esta asociación y el magmatismo.

Su distribución confirma su carácter de asociación ligada a procesos de mineralización.

**El factor 6: Na-Sr-Mg-Ti-Y-Al-(Be-Fe-K-P-Sc)**, figuras 6-303 a y b, por su estructura presumiblemente de naturaleza litológica, confirma, por su distribución, este significado. Muestra una clarísima relación con rocas ígneas, con independencia de su composición o entorno geotectónico. E discriminan muy las unidades magmáticas de todas las demás pero, sin embargo se discriminan peor sus diferentes tipos entre sí, a diferencia de otras asociaciones (F1 y F4). Tienen una muy fuerte relación con esta asociación las unidades de La Haba-Campanario, Quintana, Valle de La Serena (tanto rocas básicas y ultrabásicas, como ácidas), Palomas, Ahillones, Mosquil, Burguillos, Brovales, Salvatierra, Bancarrota, Nogales, Almendral, Aceuchal, ortoneises de Ribera del Fresno. Además de estas unidades, que constituyen cuerpos más o menos circunscritos, muestran también una afinidad neta formaciones estratigráficas que en mayor o menor medida contienen términos volcánicos (Fm. Bodonal, Complejo Volcanosedimentario cámbrico, Fm. Malcocinado) o aquellas, situadas en la ZCBC (Fm. Neises de Azuaga Fm. Albariza, Serie Negra), que contienen rocas ígneas deformadas o milonitizadas (ortoneises, anfibolitas, milonitas de rocas ígneas).

Además de las mencionadas unidades, presentan también una clara asociación con este factor sectores amplios ocupados por la Serie Negra en la parte SO de la zona, alrededor del intrusivo de Salvatierra, así como una amplia banda, en la traza de la estructura NE-SO de Salvatierra, independientemente de las litologías cortadas. La pauta de distribución relativa a esta asociación, junto con rasgos análogos identificados en otros mapas de repartición, induce a pensar en el rol que ha podido desempeñar la mencionada estructura NE-SO, controlando el ascenso e intrusión de rocas granitoideas.

**El factor 7: S-(Br-A-Y-Ca-Ba-K-P-Cu-Mg)**, figuras 6-304, a y b, tiene una distribución algo errática y dispersa aunque pueden verse en ella algunos controles geológicos. Parece asociarse, aunque en forma poco consistente, a los terciarios de la zona de Almendralejo, a las distintas unidades aflorantes en la ZCBC (Fm. Malcocinado, Fm. Azuaga, Fm. Albariza, Neises de Azuaga). En otros ámbitos, tiene afinidad, aunque también de forma poco definida, por el Complejo Volcanosedimentario cámbrico y la Serie Detrítica superior al NE de Salvatierra, así como por la Fm. Carbonatada. Además de estas relaciones imperfectas, sus factores store tienen valores elevados en asociación con grandes zonas mineralizadas (la ZCBC también lo es) como son el campo filoniano de Azuaga, la zona de San Nicolás, y los distritos de Castuera y Santa Marta.

La razón por la cual este factor tiene una distribución poco consistente es que es un factor prácticamente monoelemental, es decir, controlado de manera muy fuerte por un elemento principal. Este elemento, el S tiene dos controles en su distribución, litológico y de mineralización (sulfuros). En este caso las pautas litológicas, que incluirían la afinidad por los terciarios y por la Fm. Carbonatada (ver Capítulo 4, Litogeoquímica), están muy enmascaradas por las pautas relacionadas con la presencia de grandes zonas de mineralización. Entre éstas habría que incluir, además de los distritos mineros citados, a la ZCBC, con una gran densidad de mineralizaciones. Por lo tanto, se considera a este factor como un factor dual, **litológico y metalogénico**.

Para obtener una visión más contrastada de las distribuciones de los factores score de cada factor se han realizado representaciones con escala ecuilizada a partir del histograma (percentiles) similares a las anteriormente comentadas y con escala log-lineal, dada la tendencia lognormal de las distribuciones de los factores store. Aparecen en las figuras 6-305 a 6-311.

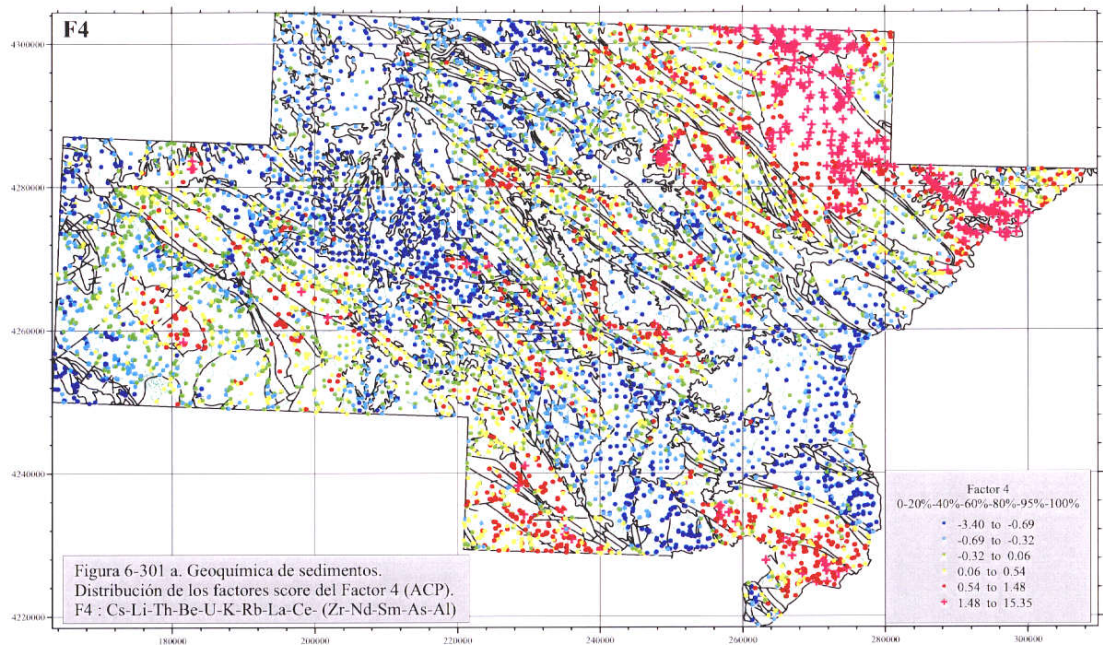
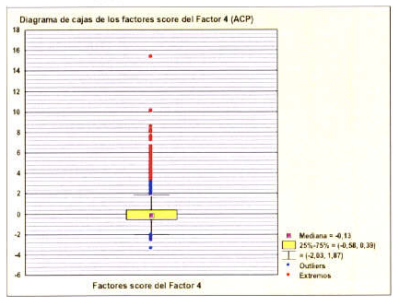
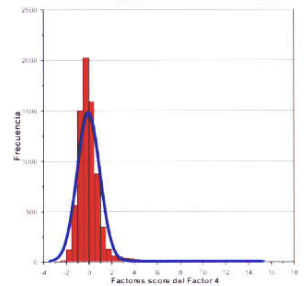
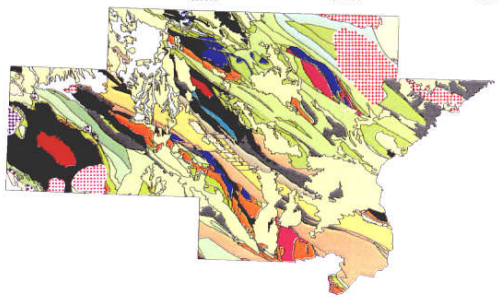


Figura 6-301 a. Geoquímica de sedimentos.  
Distribución de los factores score del Factor 4 (ACP).  
F4 : Cs-Li-Th-Ba-U-K-Rb-La-Ce- (Zr-Nd-Sm-As-Al)



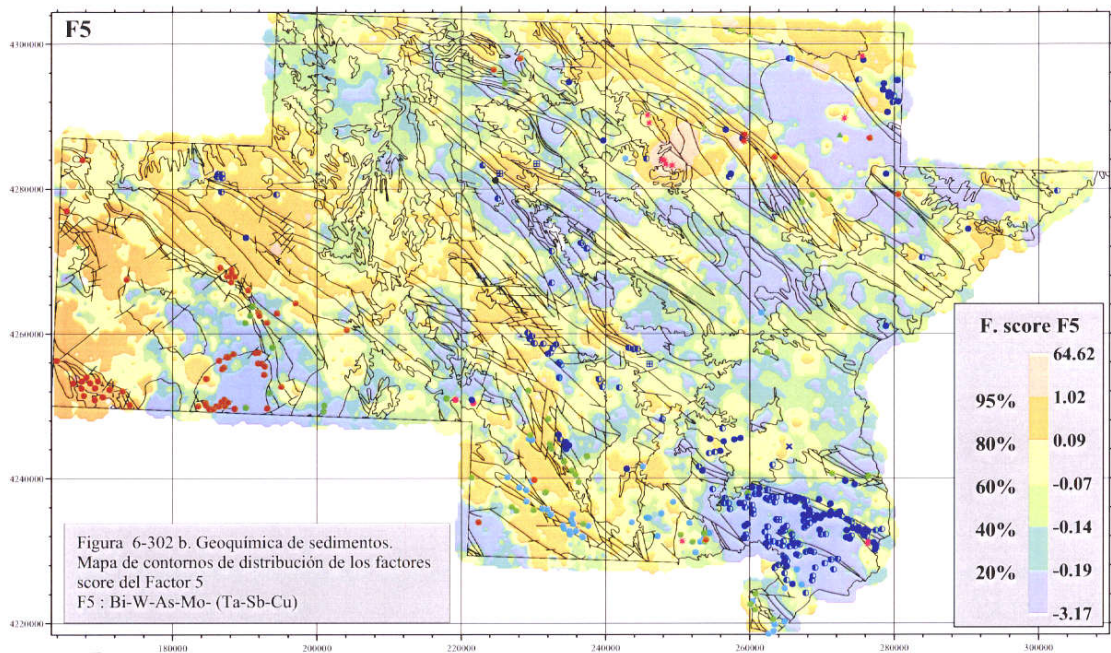
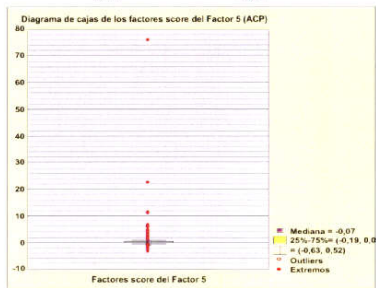
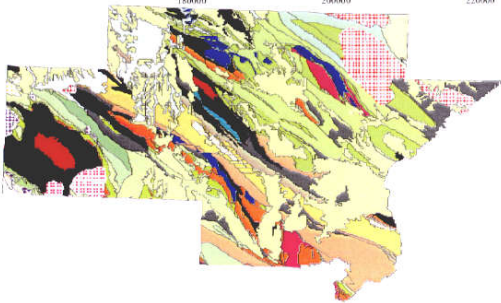


Figura 6-302 b. Geoquímica de sedimentos.  
 Mapa de contornos de distribución de los factores score del Factor 5  
 F5 : Bi-W-As-Mo- (Ta-Sb-Cu)



**Indicios Mineros**

1. As	●	8. Pb	●
2. Ba	●	9. V Pb	×
3. Cu	●	10. Pb Zn	○
4. Bi Cu	▲	11. Sb	●
5. Fe	▲	12. Sn	●
6. Hg	●	13. U	◆
7. Ni Cu	◆	14. W	◆
		15. Zn	■

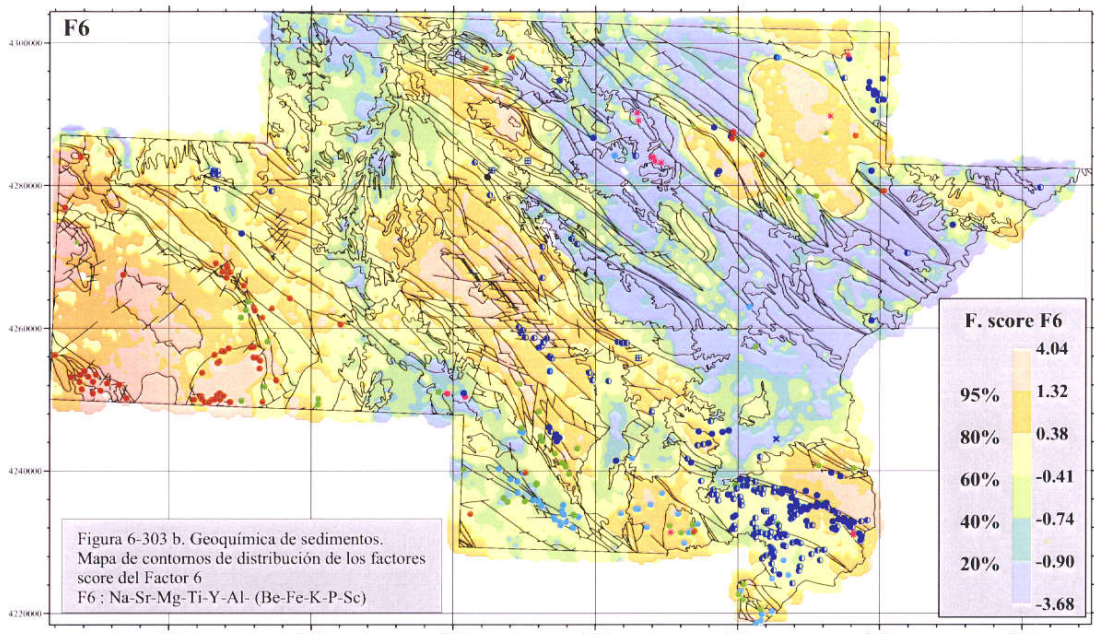
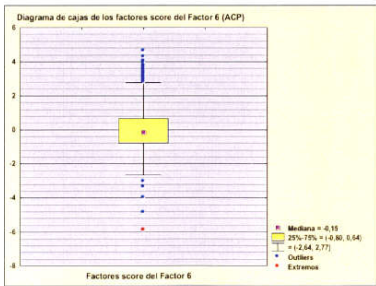
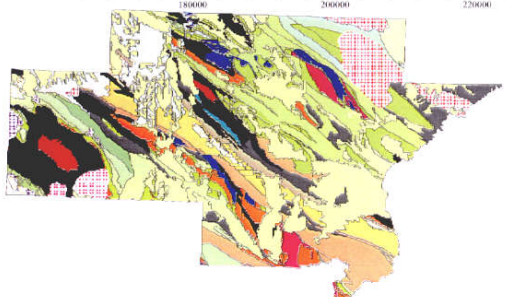
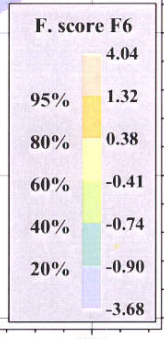


Figura 6-303 b. Geoquímica de sedimentos.  
 Mapa de contornos de distribución de los factores score del Factor 6  
 F6 : Na-Sr-Mg-Ti-Y-Al- (Be-Fe-K-P-Sc)



**Indicios Mineros**

1. As	8. Pb	●
2. Ba	9. V Pb	×
3. Cu	10. Pb Zn	○
4. Bi Cu	11. Sb	●
5. Fe	12. Sn	●
6. Hg	13. U	●
7. Ni Cu	14. W	●
	15. Zn	■

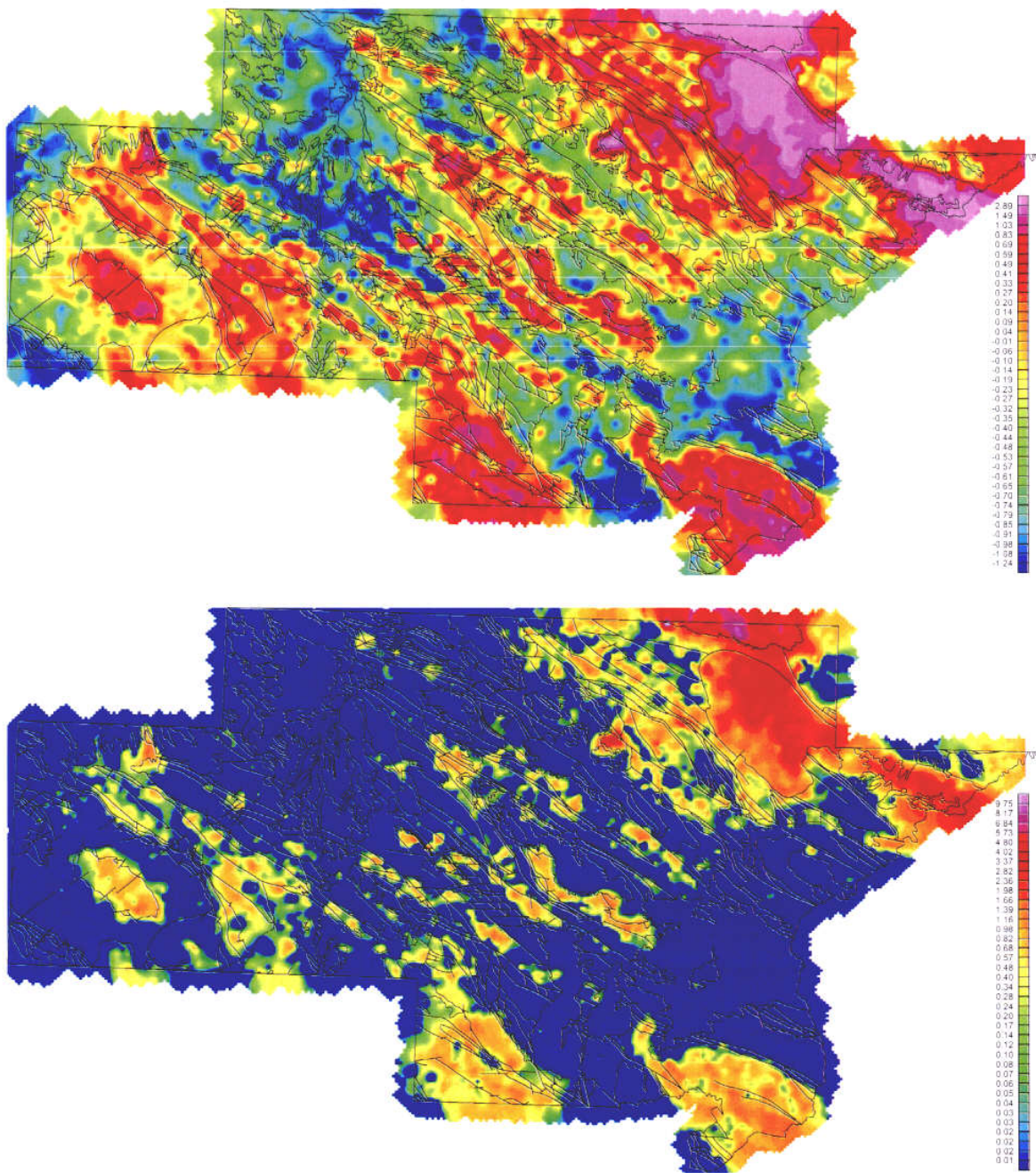


Figura 6-308. Mapas de distribución de factores score del factor 4, con escala ecualizada a partir del histograma y con escala log-lineal (debajo)

### 6.5.3.2.- Mapas 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 de marcar de forma más eficaz, según la elección del trío de elementos, los contrastes geoquímicos entre unidades, de resaltar zonas en las que coinciden valores elevados de elementos de mineralización (asociaciones de anomalías de mineralización) y, finalmente, ponen a veces de manifiesto lineamientos de ruptura de información geoquímica que pueden coincidir con estructuras no visibles en la cartografía geológica.

Se han elaborado mapas ternarios CMY (cian-magenta-amarillo) en los cuales la coincidencia de valores elevados de los tres elementos representados da lugar a colores grises a negros. Se han representado varias asociaciones ternarias en las figuras 6.312 a 6-337

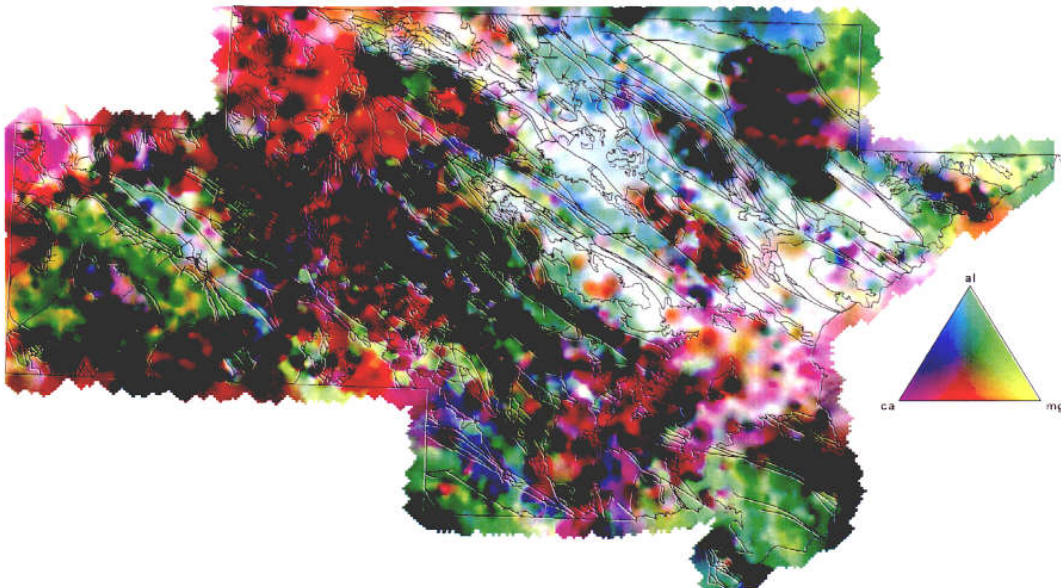


Figura 6-312. Mapa ternario CMY de Al-Ca-Mg

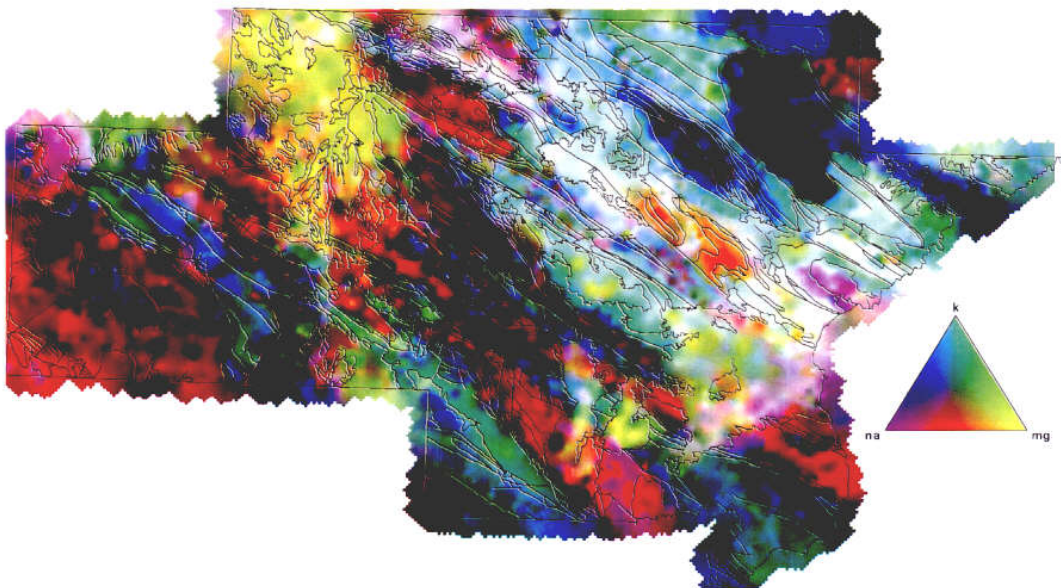


Figura 6-313. Mapa ternario CMY de Na-K-Mg

En los mapas ternarios 6-312 y 6-313, realizados a partir de elementos mayores, puede verse cómo se realiza la discriminación geoquímica de determinadas unidades como la Fm. Malcocinado, los Neises de Azuaga, el Carbonífero inferior, la Serie Negra, los Terciarios o las unidades intrusivas de varios tipos.

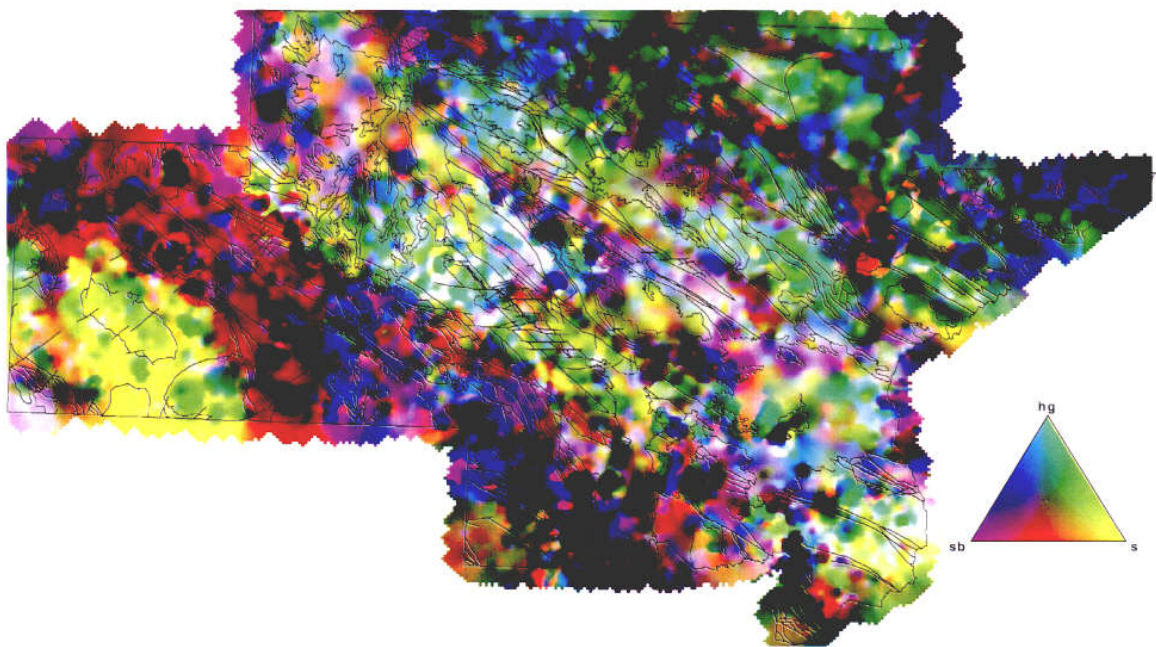


Figura 6-327. Mapa ternario CMY de Sb-Hg-S

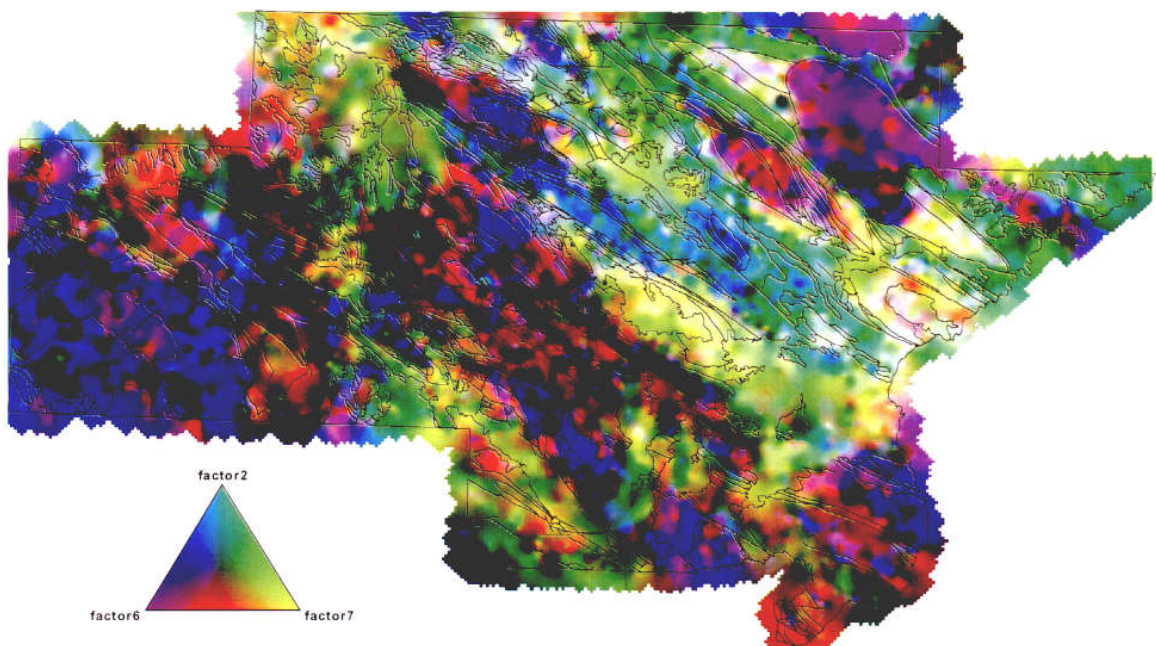


Figura 6-337. Mapa ternario CMY de F2-F6-F7

En las figuras 6-336 y 6-337 pueden observarse algunas de las discontinuidades geoquímicas, probablemente relacionadas con estructuras o discontinuidades tectónicas de escala regional, que son también visibles en otras combinaciones de elementos. Destacan en este caso estructuras NE-SO como la de Salvatierra, estructuras N-S a N110° (banda geoquímicamente diferente en la zona de Almendralejo a Burguillos), estructuras N50°-70° (una de ellas pasando sobre la mineralización de San Nicolás).

### 6.5.3.3.- Mapas aditivos

Otra vía de tratamiento multivariante de la información multielemental es la de las representaciones aditivas. Consisten en la adición de los valores de las mallas elementales creadas en el tratamiento multivariante. 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 aditivos, de tres y cuatro elementos, a partir de diversas combinaciones de elementos, que constituyen las figuras 6-338 a 6-344.

En ellos se manifiestan de forma más consistente áreas con anomalías compuestas paragenéticas, a la par que se sugieren alineaciones NE-SO, en posible relación con estructuras regionales.

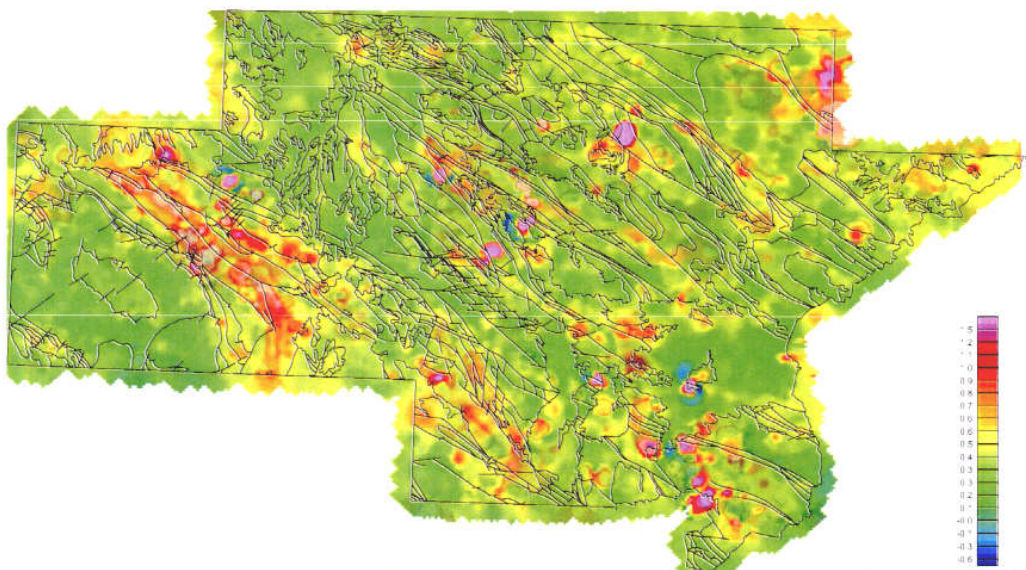


Figura 6-342. Mapa aditivo de Sb-Ag-Cd. Escala log-lineal

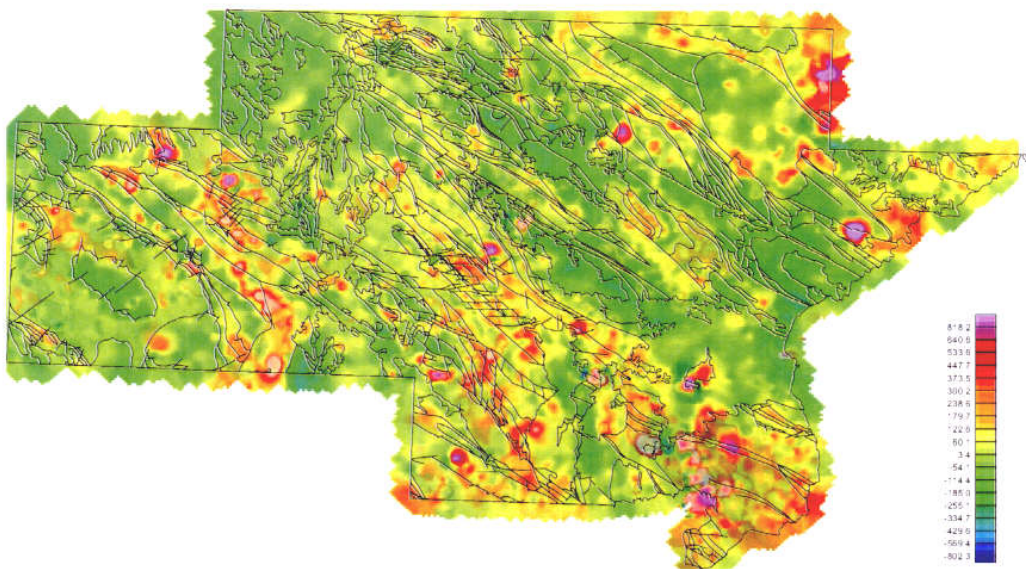


Figura 6-344. Mapa aditivo de Pb-Zn-Cu. Escala log-lineal



#### **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 baja densidad de muestreo, la gran capacidad de arrastre de los cauces desmuestreados y la gran movilidad y dispersión química en ámbitos morfoclimáticos como el existente en la zona. Ello se traduce en una dispersión amplia (mecánica y química) y en una desviación de la distribución de los elementos con respecto a los límites de las unidades litológicas.

En segundo lugar, la complejidad litológica de las formaciones cartografiadas, que suelen contener diversos tipos de rocas con diferente quimismo. Esta heterogeneidad geoquímica primaria hace difícil correlacionar las características geoquímicas primarias y secundarias a una escala que no sea de detalle.

Por todo ello, y para establecer y definir los umbrales de anomalías geoquímicas que van a conducir a la delimitación 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 con el mayor sentido posible, en las que marcar umbrales y anomalías. Estas clases, además de tener una significación geológica, 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 de significación geoquímica dudosa.

La clasificación se ha efectuado por 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 se denomina **método de "K-means"** o método del centroide. Se establece previamente el número de grupos o clases que se desean.

Se han realizado tres ensayos de clasificación, disociado el grupo total en **5, 6 y 7 clases geoquímicas** a partir de la matriz de los factores "score" deducida del ACP, teniendo en cuenta que los factores sintetizan ya la información geoquímica global. Se han elegido para ello los factores estrictamente litológicos, obviando los de mineralización. Los factores restantes deben resumir la información geoquímica de las unidades geológicas de la zona).

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 los contenidos geoquímicos medios en cada clase, se ha elegido como más idónea la clasificación en 7 clases o grupos. La pertenencia de cada muestra a su clase geoquímica figura en el Anexo-Fichero Base. En las figuras 6-345, 6-346 y 6-347 se representa la situación de las muestras pertenecientes a cada clase, en los ensayos de clasificación (5, 6, 7 clases).

En ellas 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 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. Estas zonalidades adquieren sentido al superponer los grupos formados a la estructura geológica.

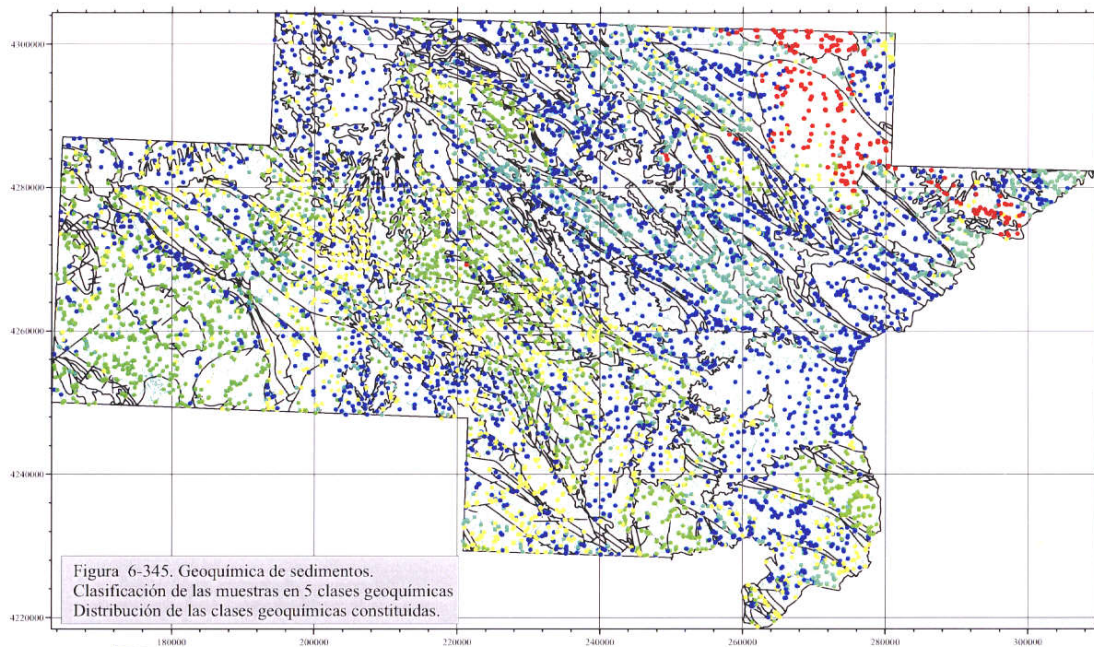
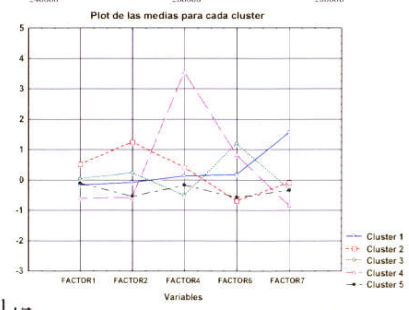
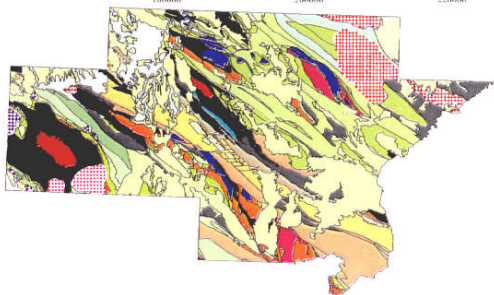


Figura 6-345. Geoquímica de sedimentos.  
 Clasificación de las muestras en 5 clases geoquímicas  
 Distribución de las clases geoquímicas constituidas.



- CLASE 1
- CLASE 2
- CLASE 3
- CLASE 4
- CLASE 5

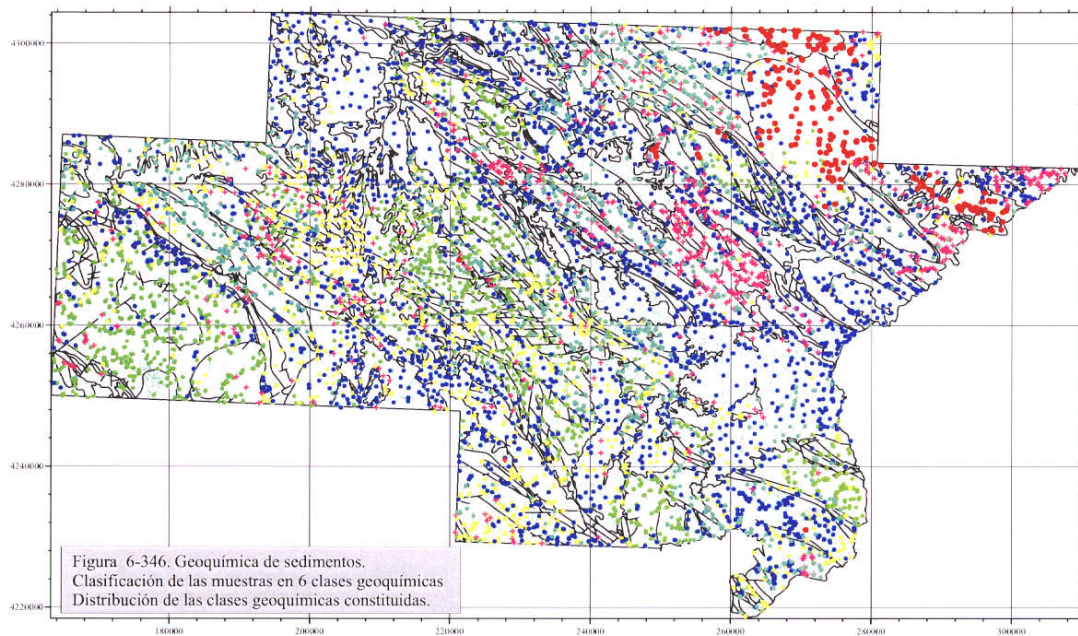
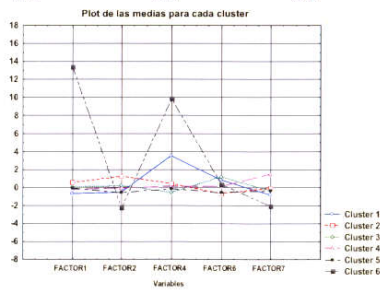
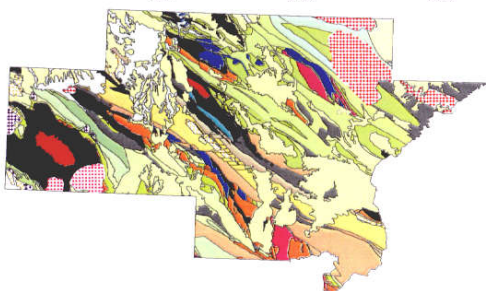
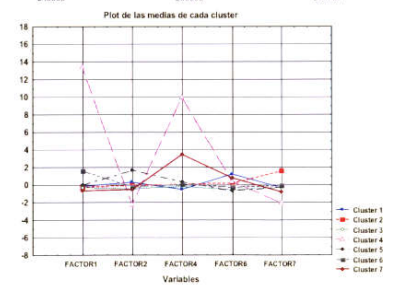
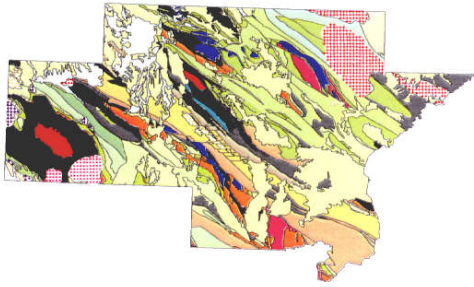
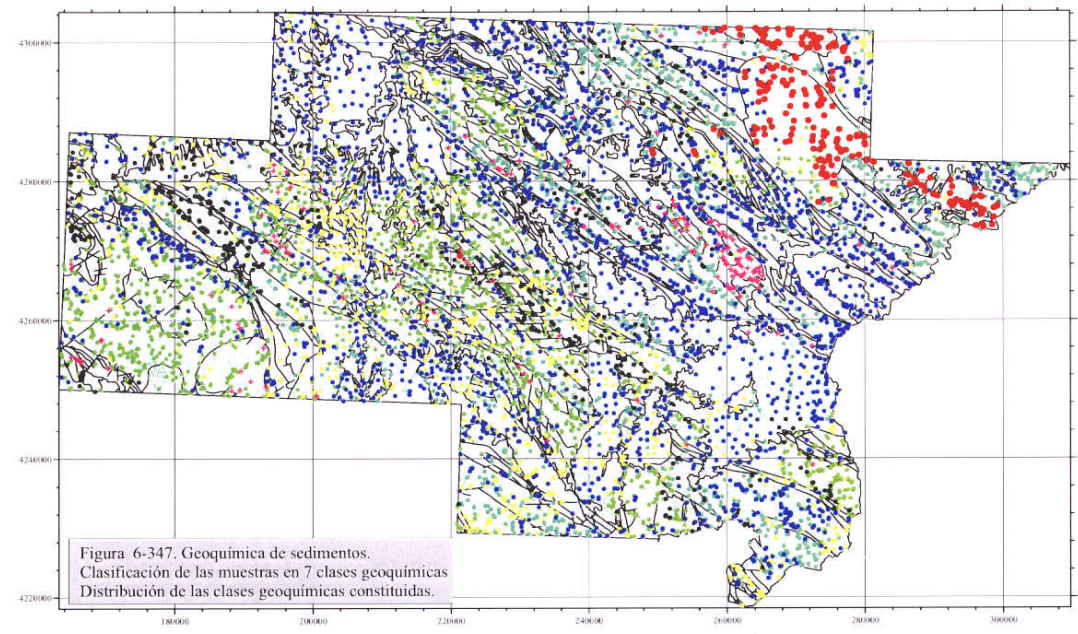


Figura 6-346. Geoquímica de sedimentos.  
 Clasificación de las muestras en 6 clases geoquímicas  
 Distribución de las clases geoquímicas constituidas.



- CLASE 1
- CLASE 2
- CLASE 3
- CLASE 4
- CLASE 5
- CLASE 6



- CLASE 1 (1718 m)
- CLASE 2 (967 m)
- CLASE 3 (1524 m)
- CLASE 4 (527 m)
- CLASE 5 (2275 m)
- CLASE 6 (228 m)
- CLASE 7 (170 m)

Puede apreciarse en la figura 6-347, los resultados de la clasificación en 7 clases que ha sido finalmente retenida. En ella que se representa la situación de las muestras con asignación de la clase a la que pertenecen. En un primer análisis destacan algunas clases muy consistentes, con agrupación definida de las muestras de dicha clase, con raras inclusiones de muestras de otro grupo y escasas muestras mezcladas con las de grupos diferentes (ejemplo, clases 1, 3, 4, 6 y 7). Otras clases forman agrupaciones mucho menos coherentes desde el punto de vista espacial, estando frecuentemente diseminadas entre las de otras clases (clase 2, 5).

- **La clase 1** se distribuye en varios ámbitos geológicos y se asocia a diferentes unidades litoestratigráficas. Cubre a la Serie Negra y a cuerpos intrusivos que en ella aparecen, precámbricos post-colisionales como el de Salvatierra, o hercínicos como los de (Brovales y Burguillos), aunque en ellos suele aparecer mezclada con muestras de otras clases. Se asocia igualmente a la Fm. Malcocinado, con una apreciable fidelidad., así como al cuerpo intrusivo de Ahillones. En la ZCBC y en los dominios al N de ésta, se asocia a la unidad de Neises de Azuaga y a los afloramientos de Serie Negra, a la unidad ígnea de Palomas y, en forma menos nítida, al intrusivo de Valle de la Serena y al sector SO del plutón de Quintana. Esta clase tiene un grado de coherencia muy aceptable. No aparecen apenas muestras de esta clase dispersas en otros ámbitos geológicos (con la excepción de algunas muestras en unidades que en sí mismas son heterogéneas litológicamente).
- **La clase 2** es quizás la más incoherente de todas. Casi todos sus efectivos se localizan en la ZCBC o al S de ella. Aparece muy dispersa en varias unidades, mezclada con muestras de otra asignación, y raramente ocupando un recinto geológico de manera uniforme e íntegra. Así, aparece, con muestras de la clase 3, en la Fm. Detrítica superior y en la Fm. Carbonatada cámbrica. Asimismo cubre en forma irregular afloramientos de Terciario, asociada a muestras de la clase 5. También, de manera no homogénea, se relaciona con el Carbonífero inferior, con términos del complejo de Valle de La Serena y con materiales del esquisto grauváquico en la zona de Castuera.
- **La clase 3** es bastante consistente, aún cuando en algunas unidades sólo representa a determinados sectores de éstas, estando asociada a otra clase. Representa bastante aceptablemente a la Serie Detrítica superior, a la Fm. Carbonata cámbrica (en ambos casos con muestras de clase 2) y, sobre todo a la Fm. Azuaga. En ésta comparte la representación con la clase 5, aunque de forma zonada (banda S del afloramiento, definiendo una zonalidad ya observada en las distribuciones de elementos y factores score. Está claramente ligada a los materiales del Ordovícico medio-superior, del Devónico inferior y del Carbonífero inferior, a los que representa fielmente.
- **La clase 4**, con un número menor de efectivos, cubre una superficie pequeña, distribuida entre varias unidades concretas a las que se asimila fielmente. Aparece fundamentalmente en la ZCBC y al S de ésta. Se identifica con el Complejo Volcanosedimentario cámbrico y con las rocas plutónicas cambro-ordovícicas de Nogales, Almendral, y en la cobertera cuaternaria en proximidad de estas unidades. Representa también a la Fm. Albariza, con los Neises de Ribera del Fresno, y con determinados términos de los Neises de Azuaga (aparecen localmente miembros de la clase 4 como intrusos entre los la clase 1). Al N de la ZCBC, la clase 4 aparece como intrusa y minoritaria en el afloramiento de Devónico inferior al SE de Puebla de la Reina, entre la clase 3. El grado de coherencia es aceptable.
- **La clase 5** es la de mayor número de efectivos y parece diseminada en varias de unidades además de conferir personalidad propia a alguna de ellas. Al S de la ZCBC, se identifica con los materiales de la Serie Detrítica inferior y a una parte (banda N) de la Fm. Azuaga. Con validez para todo el área, representa, junto con la clase 2, a la mayor parte del Terciario. Al N de la ZCBC aparece como intrusa en las unidades devónicas y ordovícicas representadas por la clase 3. Se asocia netamente al Ordovícico y al Devónico en las zonas más próximas a los cuerpos plutónicos hercínicos (aureola de contacto). Constituye una clase muy inconsistente (salvo en el caso de la Serie Detrítica inferior, y de los ordovícicos y devónicos del encajante de los granitos hercínicos, con los que se identifica plenamente).
- **La clase 6**, con pocos efectivos, es, junto con la 7, la clase más definida. Representa a los granitos hercínicos peraluminicos de Campanario y de Quintana. En este último caso, no cubre en forma total al afloramiento sino que lo hace con la parte central y NE (zonación del granito, con facies más

intermedias en la parte SO). De esta clase, solo hay 7 muestras aparentemente intrusas en otras unidades. Dos están sobre la apófisis granítica de San Nicolás, que definen junto a otras cuatro (en el Complejo de Valle de la Serena y en Devónico) una alineación N70°-80° que enlaza con el granito de Quintana y que podría estar en relación con un apex granítico subaflorante satélite del anterior. Otra muestra se sitúa sobre los ortoneises de Ribera del Fresno. Ello confirma la gran coherencia de esta clase, asimilable a plutonismo ácido peraluminico.

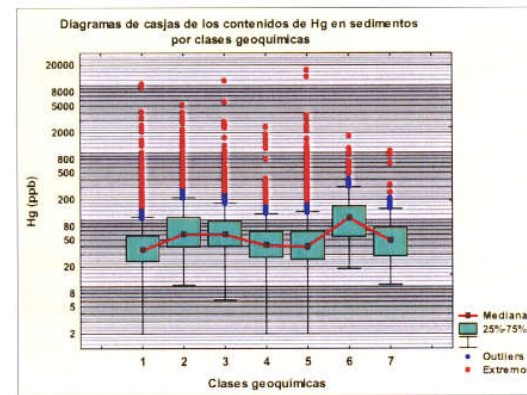
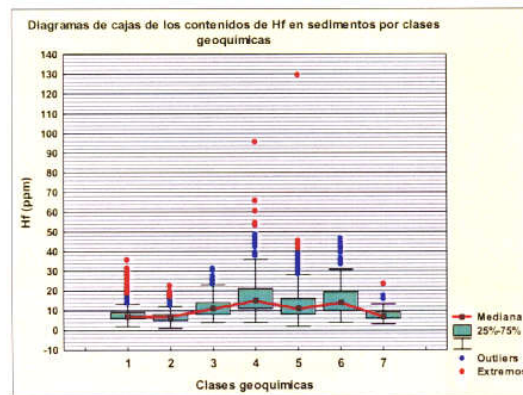
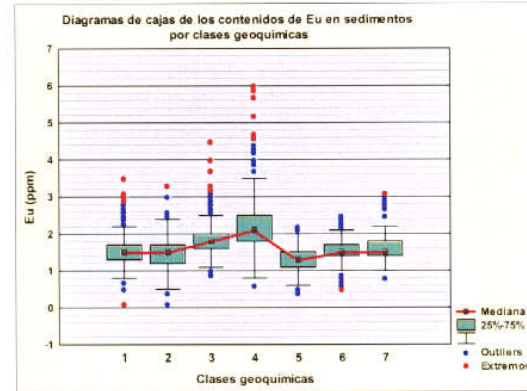
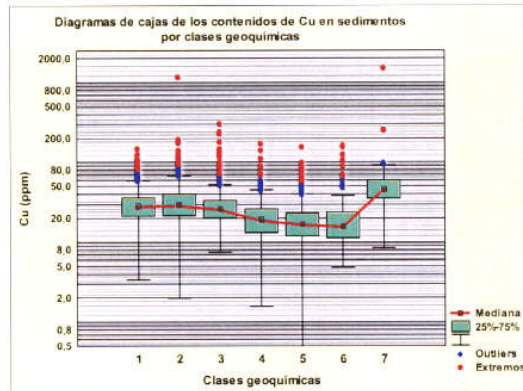
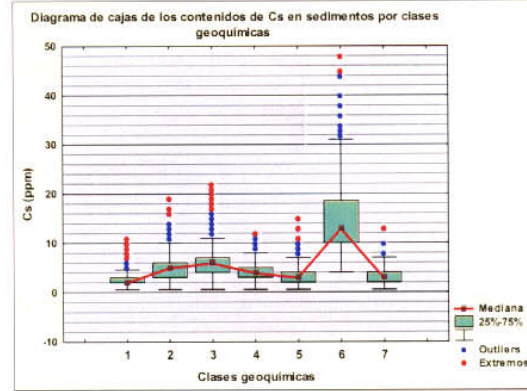
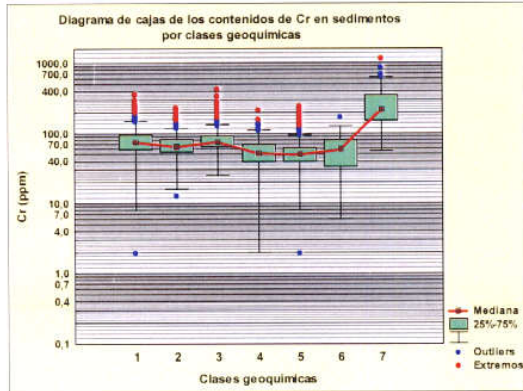
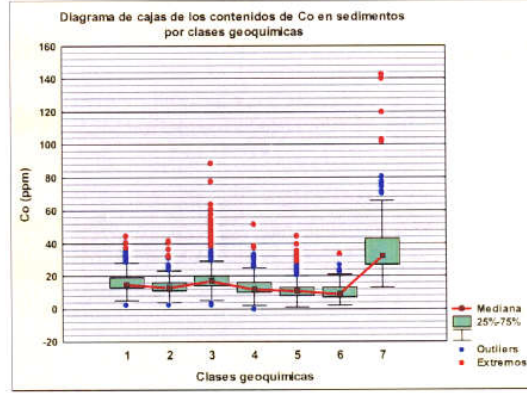
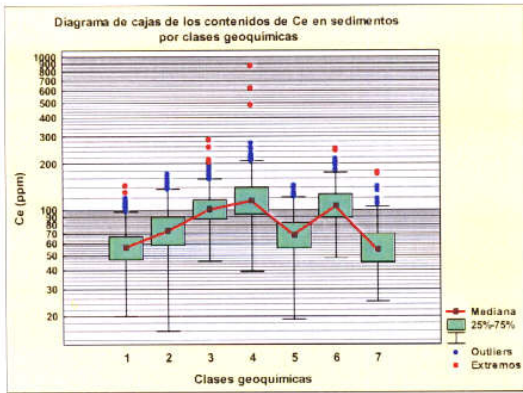
- **La clase 7**, la más exigua de todas en cuanto a número de miembros (170) es sin embargo muy consistente, pues todas ellas se concentran en pocas agrupaciones de muestras sin mezclas de muestras intrusas. Se asocia a los afloramientos de carbonífero inferior en forma de sigmoide que aparecen en el DOVPR (Retamal y SE de Retamal). Con menor número de muestras se sitúa en el Devónico inferior al E-SE de Puebla de La Reina, definiendo una pequeña alineación, que podría corresponder a horizontes volcánicos básicos. La peculiaridad geoquímica de este sector del Devónico ya ha sido mencionada. Otras dos muestras aparecen en la prolongación al NO del cuerpo básico de El Mosquil. Cinco muestras aparecen en el seno del intrusivo de Burguillos marcando alguna diferenciación más básica. Cinco muestras se localizan en el entorno de la Fm. Bodonal en probable relación con términos más básicos. Finalmente existe una agrupación algo más dispersa situada en la traza del accidente SO-NE que corta al granito de Salvatierra y que podría señalar pequeños intrusivos de rocas ígneas básicas o intermedias o su presencia en forma subaflorante.

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 6-348 a 6-391, 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 (ver litogeoquímica y distribuciones espaciales de los elementos) a las que pretenden representar.

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, este también es, en sí mismo una validación de la clasificación, pues se han formado 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.



Figuras 6-362 a 6-369. Diagramas de cajas, por clases geoquímicas, de las concentraciones geoquímicas de elementos traza en sedimentos de corriente

	Clase 1 (1718)		Clase 2 (967)		Clase 3 (1524)		Clase 4 (527)		Clase 5 (2275)		Clase 6 (228)		Clase 7 (170)	
	Mediana	$\sigma$	Mediana	$\sigma$	Mediana	$\sigma$	Mediana	$\sigma$	Mediana	$\sigma$	Mediana	$\sigma$	Mediana	$\sigma$
Ag	0,36	0,72	0,36	0,94	0,47	2,57	0,65	0,95	0,42	0,75	0,61	3,07	0,84	0,74
Al	5,17	2,33	6,45	3,18	4,30	1,56	3,98	1,75	3,24	0,94	4,82	2,51	4,72	1,40
As	11,65	12,89	15,70	16,38	20,00	32,24	13,20	45,67	11,90	14,90	20,75	57,94	14,55	49,90
Au	1,00	91,23	2,00	81,51	1,00	19,42	1,00	8,53	1,00	28,56	1,00	47,32	1,00	8,68
Ba	530,00	190,04	620,00	1844,83	530,00	235,88	550,00	346,53	450,00	223,94	560,00	155,70	390,00	274,20
Be	2,26	1,11	2,33	0,86	2,95	0,72	2,81	1,45	2,00	0,62	4,65	2,23	2,59	0,96
Bi	0,20	0,42	0,30	0,50	0,33	8,88	0,26	48,75	0,21	0,77	0,48	3,12	0,24	0,26
Br	5,50	4,49	12,30	11,50	8,40	7,38	6,30	4,81	4,65	4,32	5,15	5,78	8,25	10,36
Ca	1,57	1,35	2,18	4,99	0,29	0,79	0,45	1,24	0,35	1,44	1,30	0,81	1,86	1,71
Cd	0,12	0,17	0,16	1,81	0,13	0,53	0,11	0,66	0,05	0,45	0,12	0,26	0,17	2,76
Ce	57,00	16,10	73,00	24,05	101,00	24,29	115,00	57,52	69,00	18,77	106,00	32,96	54,50	24,08
Co	15,00	4,90	13,00	4,50	17,00	6,89	12,00	5,79	11,00	4,22	9,00	4,59	32,00	19,61
Cr	76,00	36,78	65,00	24,95	76,00	27,36	52,00	24,30	50,00	20,80	58,50	30,22	221,50	159,70
Cs	2,00	1,61	5,00	2,27	6,00	2,49	4,00	1,77	3,00	1,60	13,00	7,90	3,00	1,94
Cu	28,43	14,50	29,24	42,86	26,11	18,87	19,10	15,06	16,88	10,42	15,84	20,94	46,00	119,58
Eu	1,50	0,34	1,50	0,36	1,80	0,35	2,10	0,67	1,30	0,28	1,50	0,34	1,50	0,38
Fe	4,14	1,16	3,43	0,83	3,64	0,94	3,57	1,65	2,48	0,82	2,40	0,87	5,81	1,44
Hf	7,00	3,65	7,00	2,87	11,00	4,36	15,00	8,89	11,00	6,50	14,00	8,08	7,00	3,24
Hg	35,33	408,62	61,48	351,27	61,57	376,75	42,23	199,37	40,47	500,49	109,24	243,60	50,06	125,14
Ir	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,32	5,00	0,07	5,00	0,00
K	1,55	0,60	2,18	0,84	1,93	0,73	1,80	0,79	1,37	0,75	2,87	0,52	0,83	0,51
La	27,50	7,90	36,50	12,08	48,05	11,39	54,80	32,95	33,00	8,52	55,20	18,07	25,00	10,64
Li	21,27	10,46	34,93	20,57	58,93	27,55	24,06	21,61	24,58	13,25	89,56	46,10	31,77	22,32
Lu	0,53	0,14	0,50	0,13	0,64	0,12	0,90	0,25	0,53	0,13	0,51	0,13	0,53	0,12
Mg	1,08	0,47	0,92	0,43	0,42	0,29	0,41	0,35	0,37	0,26	0,66	0,53	1,61	0,98
Mn	868,07	343,94	738,25	488,95	750,84	658,96	811,15	581,91	552,85	301,18	555,13	275,13	1168,69	4171,57
Mo	1,64	2,23	1,36	2,10	1,30	2,03	1,53	4,21	0,50	1,49	0,50	1,29	1,49	2,58
Na	1,85	0,56	0,78	0,47	0,45	0,34	0,95	0,83	0,50	0,58	1,80	0,49	1,00	0,52
Nd	23,00	6,93	28,00	9,46	38,00	9,87	45,00	22,75	26,00	7,29	38,00	13,12	22,00	8,95
Ni	30,89	13,17	30,02	11,20	38,69	12,74	21,78	10,17	22,16	9,49	25,61	13,22	92,77	88,02
P	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02	0,06	0,03	0,04	0,04
Pb	18,18	48,00	28,66	331,28	34,31	367,11	26,12	1425,80	24,53	367,70	42,94	3322,91	20,52	1406,32
Rb	28,74	21,69	59,30	35,38	74,20	34,08	63,11	35,43	54,60	29,50	91,56	48,73	24,33	21,85
S	0,02	0,02	0,05	0,08	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Sb	1,20	1,67	1,80	3,67	1,90	2,66	1,60	4,16	1,50	2,14	1,30	9,28	1,10	6,95
Sc	14,60	4,44	11,90	3,15	12,70	2,82	10,70	3,80	8,30	2,65	9,80	3,42	21,80	5,51
Se	0,49	0,31	0,55	0,41	0,66	0,48	0,68	0,39	0,49	0,39	0,41	0,22	0,91	0,78
Sm	5,10	1,21	5,90	1,68	7,40	1,70	9,20	3,81	5,20	1,20	8,00	2,00	5,10	1,52
Sn	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
Sr	179,81	88,56	119,30	72,34	83,89	36,37	91,86	71,75	64,00	42,84	214,47	94,88	134,73	78,78
Ta	0,20	0,87	0,20	0,74	1,30	0,94	2,10	2,03	0,95	0,72	0,60	1,81	0,20	0,66
Tb	0,50	0,38	0,70	0,42	0,90	0,44	1,30	0,56	0,60	0,34	0,20	0,45	0,50	0,38
Te	0,07	0,13	0,08	0,13	0,07	0,14	0,06	0,12	0,05	0,22	0,07	0,04	0,09	0,19
Th	7,20	3,78	9,90	4,10	14,50	4,00	14,70	18,97	9,90	3,44	31,95	17,56	6,50	3,84
Ti	0,68	0,27	0,50	0,16	0,55	0,15	0,61	0,35	0,43	0,13	0,44	0,13	0,69	0,28
U	2,30	1,89	2,60	1,16	3,80	1,29	4,20	2,69	2,70	1,03	8,80	12,37	2,00	1,03
V	110,50	39,95	83,69	29,45	101,96	36,83	74,54	31,43	60,35	24,34	58,38	29,74	178,40	139,01
W	0,50	1,97	0,50	1,81	0,50	16,41	0,50	94,60	0,50	5,39	6,00	11,70	0,50	1,32
Y	23,36	12,69	25,62	15,90	15,29	6,97	25,40	16,83	15,00	5,33	15,97	12,97	19,44	8,09
Yb	3,50	0,92	3,30	0,89	4,20	0,79	5,90	1,68	3,40	0,82	3,30	0,83	3,50	0,81
Zn	70,93	42,58	81,97	213,15	84,45	93,43	68,15	87,75	51,52	74,47	76,68	44,70	80,37	282,96
Zr	112,53	49,93	125,91	44,51	166,33	43,39	216,40	134,98	135,08	50,17	266,86	164,37	139,01	44,54

Tabla 6-7. Fondo (mediana) y variabilidad (desviación típica) de los elementos químicos según clases o dominios geoquímicos

En la tabla 6-7, se marcan en verde, para cada elemento, aquella o aquellas clases que tienen los fondos más elevados y, en naranja, las que los tienen más bajos, quedando en blanco las que los tienen intermedios.

Puede observarse que:

- Las medianas de las clases muestran una gran coherencia con el análisis efectuado anteriormente acerca de los elementos químicos que caracterizan a cada clase.
- Hay clases con **mucha personalidad geoquímica**, positiva o negativa (muchos elementos con fondos muy altos o muy bajos), como son las clases 5 (deprimida, con valores mínimos en muchos elementos) y las clases 1, 4, 6 y 7. Las clases 2 y 3 están más despersonalizadas, ya sea por la propia signatura geoquímica de los grupos litológicos a los cuales representan o por incluir muchas muestras que representan una mezcla de materiales de diversas litologías (dilución). No hay que olvidar que los sedimentos situados en zonas de contacto entre dominios litológicos pueden ser una mezcla de materiales provenientes de ellos.



- En cualquier caso, los datos de esta tabla son importantes para la caracterización del territorio 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.

#### 6.5.4.- ANOMALIAS GEOQUIMICAS.

La fijación de 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.

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 boxplots y de las rectas de Henry elaboradas por clases geoquímicas

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 6.308 a 6.327) y en mapas 1/150.000 (ver tomos de mapas 1/150.000). Se han determinado umbrales y representado en mapas de anomalías elementales aquellos relacionados directamente con mineralizaciones, ya sea por entrar en sus firmas 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 en el grado de agrupación de los valores anómalos. Hay elementos que presentan muchas anomalías pero éstas aparecen agrupadas y con mucha consistencia, mientras que otros presentan muchos valores anómalos dispersos y solitarios, muy erráticos. Entre los primeros se encuentran Ag, Bi, Cd, Li, Lu, Nd, Pb, S, Sb, Se, Te, U, W, Zn y, entre los segundos, Au (caso intermedio), Cu, Hg, Mn, Sn. 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 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., que pueden quizás tener un control estructural o lineamentario.

La Ag, 6-392, presenta algunos valores anómalos con fuerte agrupación (granito de Quintana, Zona de Puebla de La Reina, San Nicolás, Complejo volcanosedimentario cámbrico, Fm. Bodonal) y otros valores aislados en el Dominio de Sierra Albarrana (Azuaga) y en la Fm. Malcocinado.

El As, figura 6-393, se manifiesta en varias anomalías muy agrupadas y consistentes, tanto al N como al S de la ZCBC. La más amplia es la correspondiente a la mineralización de San Nicolás. Otras aparecen en relación con los granitos peralumínicos y sus encajantes metasedimentarios y al NE de Salvatierra, así como en la Fm. Malcocinado.

El Au, figura 6-394, muestra muchas más anomalías y más cohesionadas en la ZCBC y al S de ésta que en los dominios más al N. Destacan por su densidad e importancia, con algunos valores superiores a 1,5 ppm, las existentes en la Serie Negra y en las unidades situadas al NE de su afloramiento principal (Complejo volcanosedimentario cámbrico, Serie Detrítica superior).

El Bi, figura 6-396, presenta algunas anomalías muy amplias y consistentes, dos de las cuales están asociadas a San Nicolás y al distrito de Castuera. Otra muy importante aparece en el Complejo

Volcanosedimentario cámbrico. Los restantes puntos anómalos aparecen más dispersos en varios contextos (zona de Azuaga).

El Cd, figura 6-397, muestra anomalías importantes y amplias en distritos mineros conocidos (Castuera, San Nicolás, Santa Marta y Azuaga). Otras anomalías de Cd aparecen en el Complejo ígneo de Valle de La Serena, en el Devónico inferior-medio al SE de Puebla de La Reina, al NE del intrusivo de Salvatierra, en la ZCBC y en la Fm. Malcocinado.

El Co, figura 6-399, no define sino unas pocas anomalías con cierto grado de consistencia, de las cuales las más importantes son las que se asocian al Devónico inferior-medio.

El Cu, figura 6-401, tiene bastantes valores anómalos, en general muy dispersos y aislados o formando agrupaciones sin cohesión. Las asociaciones de valores anómalos más consistentes aparecen en la Serie Negra, en la ZCBC, en la Fm. Carbonatada y en la Fm. Malcocinado.

El Hg, figura 6-404, presenta numerosísimas muestras anómalas al tener este elemento una distribución enormemente asimétrica. Las muestras anómalas aparecen frecuentemente agrupadas de forma muy consistente aunque, en muchas ocasiones, aparecen aisladas y distribuidas en forma errática. Las agrupaciones de muestras anómalas más significativas se sitúan en la Fm. Carbonatada (zona de Usagre y zona de las baritas de Llerena), en la zona SE del granito de Quintana (Carbonífero inferior, ordovícico), en el distrito mineralizado de Azuaga, en el distrito de Castuera. En forma más dispersa, se presentan numerosas muestras anómalas en el Complejo ígneo de Valle de La Serena y en el de Palomas, así como en la ZCBC y en la Serie Negra.

El Mo, figura 6-410, presenta algunas agrupaciones de muestras anómalas, tanto en relación con mineralizaciones conocidas (San Nicolás, Puebla de la Reina, Usagre, Llerena) como sin relación aparente con ellas (Fm. Azuaga, Fm. Malcocinado, estructura NE-SO en el borde S del intrusivo de Salvatierra y hacia el NE de la estructura).

El S, figura 6-414, además de muestras anómalas dispersas, muestra agrupaciones consistentes de ellas que pueden ser de interés. Éstas se sitúan al N de la zona de estudios, sobre materiales Ordovícicos y devónicos.

El Sb, figura 6-415, presenta grupos anómalos de muestras muy cohesionados en relación con distritos mineros conocidos (Castuera, Azuaga), pero también en zonas con menos significación minera, como es el caso de la estructura NE-SO de Salvatierra (sobre Complejo volcanosedimentario cámbrico, Carbonífero inferior y Serie Negra), en la Fm. Malcocinado, en la Fm. Azuaga y todo a lo largo del Complejo volcanosedimentario cámbrico. Aparecen algunos valores anómalos dispersos sobre el Complejo de Valle de la Serena, y en el borde SO del granito de Quintana.

El Se, figura 6-416, presenta anomalías con una disposición original pues parecen manifestar un control lineamentario (estructura N70°-80°). También aparecen algunas agrupaciones de posible interés al S de Puebla de La Reina, en Devónico, al S del Complejo de Valle de la Serena (también en Devónico-Ordovícico), en la Fm Carbonatada, en el Complejo Volcanosedimentario cámbrico y en la Fm. Malcocinado.

El Sn, figura 6-418, manifiesta algunas anomalías puntuales dispersas, la mayor parte de las cuales se encuentran en la ZCBC y al S de ésta. Destacan aquellas que se encuentran en la Serie Negra (Salvatierra), en el Complejo Volcanosedimentario cámbrico, y en el distrito de Azuaga.

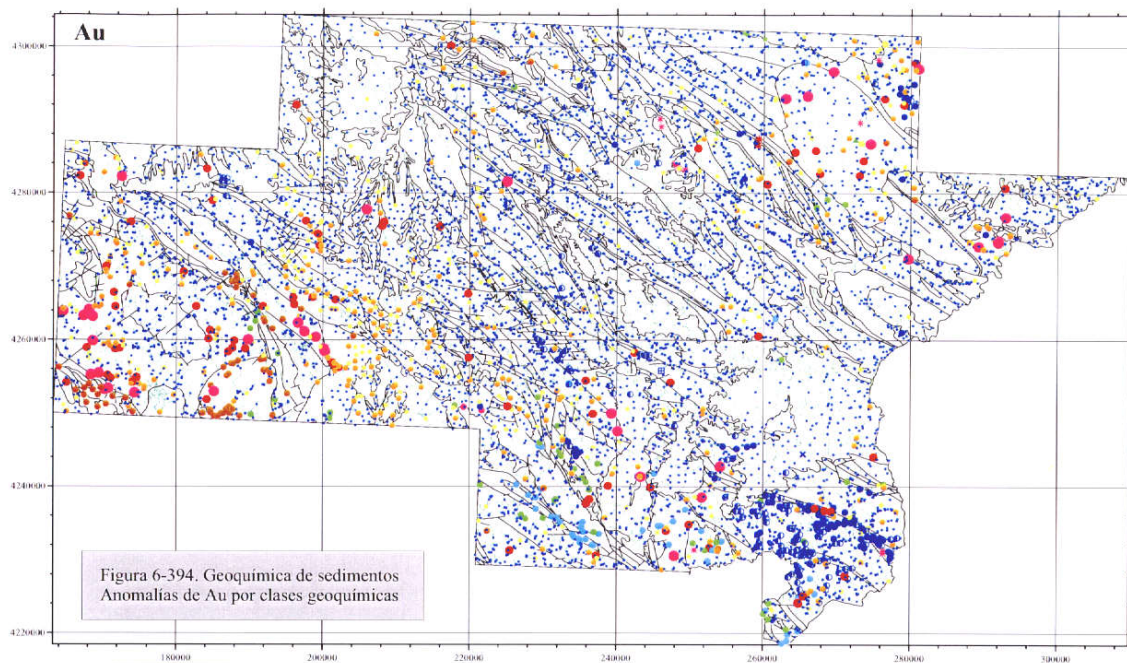
El Ta, figura 6-419, presenta pocos valores anómalos, estando situados éstos en el entorno de San Nicolás, el granito de Quintana y en la estructura NE-SO de Salvatierra.

El Te, figura 6-421, tiene, como el Se una disposición muy original de muestras anómalas. Éstas se localizan, y en forma muy agrupada y cohesionada, en algunos afloramientos de terciario (Almendralejo) en relación probable con niveles más carbonatados y orlando otro afloramiento de Terciario al NO de Azuaga.

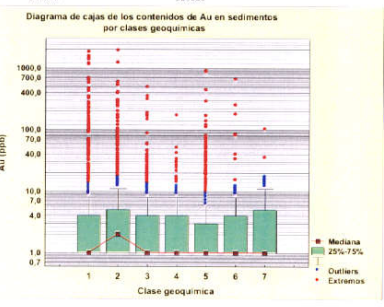
El U, figura 6-423, presenta, al margen de algunos valores anómalos dispersos, tres agrupaciones de anomalías muy cohesionadas, en el cuerpo intrusivo de Salvatierra, en el granito de Campanario y en los Neises de Ribera del Fresno.

El W, figura 6-424, tiene una importante agrupación de valores anómalos en relación con la mineralización de San Nicolás, así como algunos valores anómalos más dispersos, en los granitos de Campanario y Quintana.

El Zn, figura 6-425, se manifiesta en forma anómala en los principales distritos mineros de la zona (Castuera, Azuaga, Santa Marta). Al margen de éstos aparecen otros grupos de muestras anómalas menos amplios y consistentes en la zona de Puebla de La Reina y en el afloramiento de Devónico al S y SE de este yacimiento, en la Fm. Carbonatada, en el Ordovícico al S de Quintana y en la Fm. Malcocinado.



Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Clase 7
Anomalías Au Umbrales (ppb)	Anomalías Au Umbrales (ppb)	Anomalías Au Umbrales (ppb)	Anomalías Au Umbrales (ppb)	Anomalías Au Umbrales (ppb)	Anomalías Au Umbrales (ppb)	Anomalías Au Umbrales (ppb)
1 a 8	0 a 11	0 a 8	0 a 8	0 a 6	0 a 8	1 a 11
8 a 14	11 a 16	8 a 14	8 a 13	6 a 9	8 a 13	11 a 17
14 a 70	16 a 50	14 a 50	13 a 40	9 a 70	13 a 70	17 a 40
70 a 400	50 a 250	50 a 100	40 a 100	70 a 200	70 a 120	40 a 101
400 a 1771	250 a 1881	100 a 478	100 a 168	200 a 875	120 a 644	



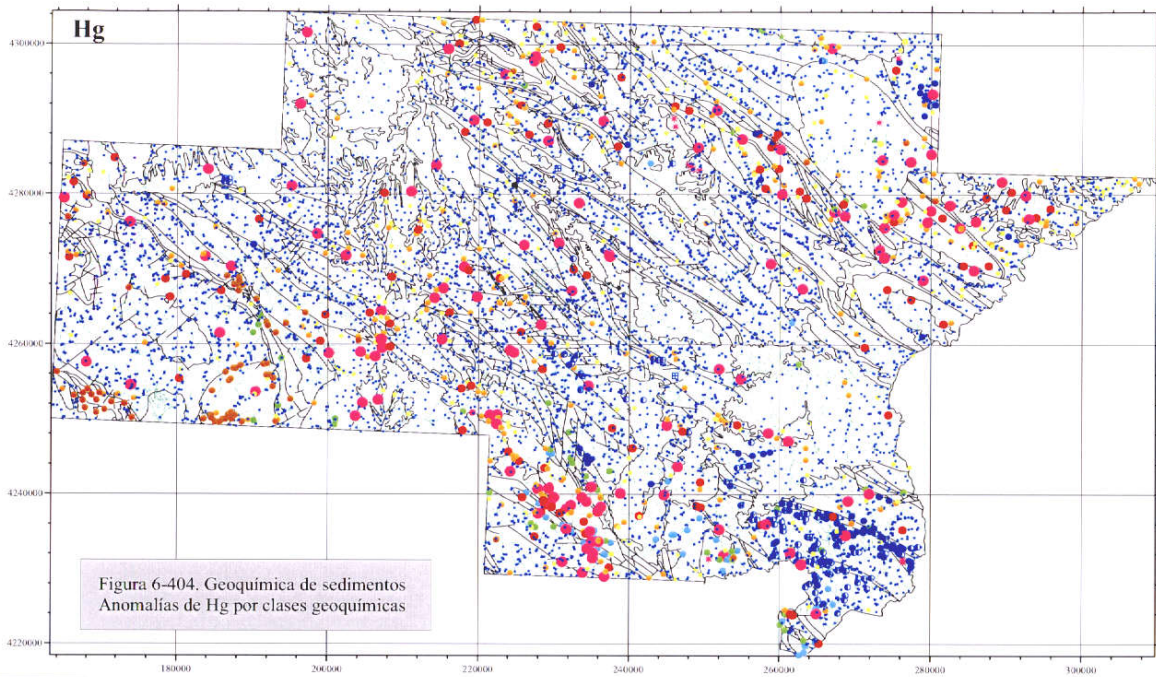
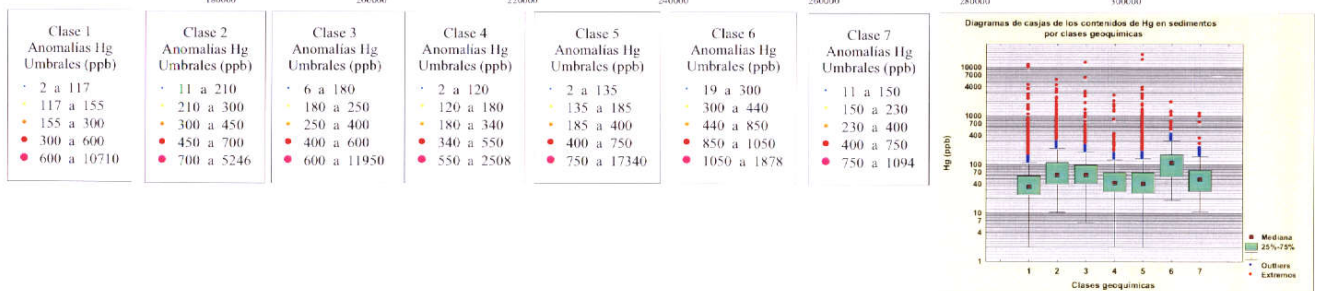
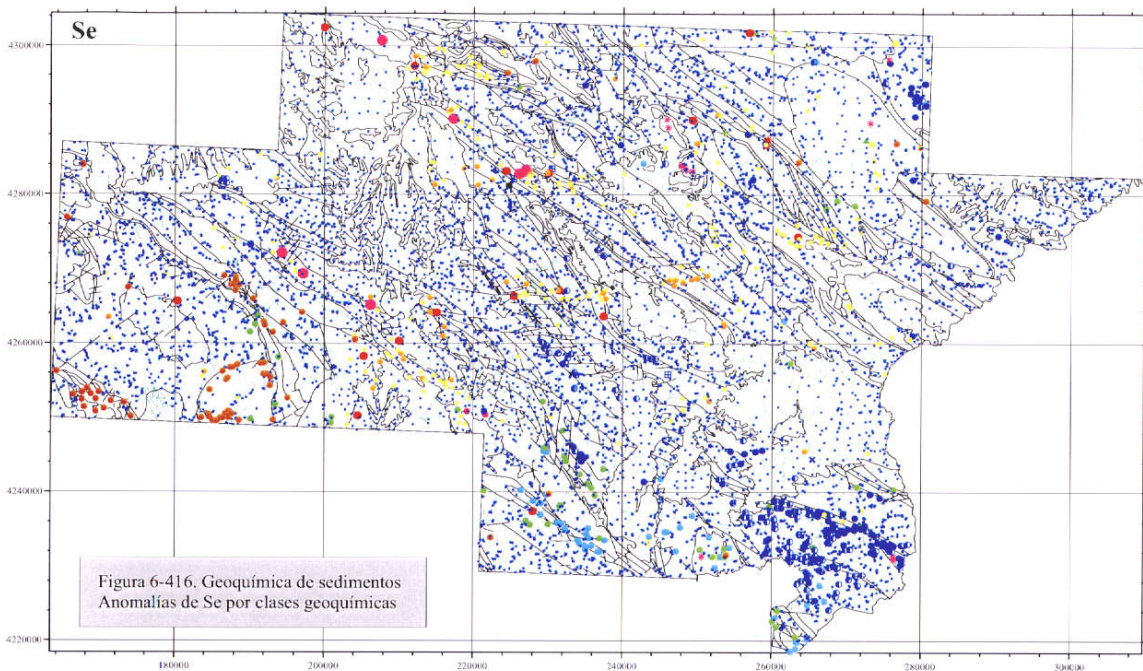
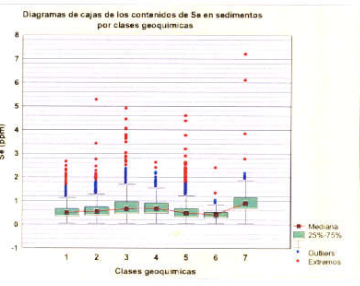


Figura 6-404. Geoquímica de sedimentos  
Anomalías de Hg por clases geoquímicas





Clase	Anomalías Se (ppm)	Umbral (ppm)
Clase 1	0.1 a 1.1	0.1 a 1.1
Clase 2	1.7 a 2.4	1.7 a 2.4
Clase 3	1.7 a 2.4	1.7 a 2.4
Clase 4	0.1 a 1.6	0.1 a 1.6
Clase 5	0.1 a 1.2	0.1 a 1.2
Clase 6	0.1 a 0.8	0.1 a 0.8
Clase 7	0.1 a 1.9	0.1 a 1.9



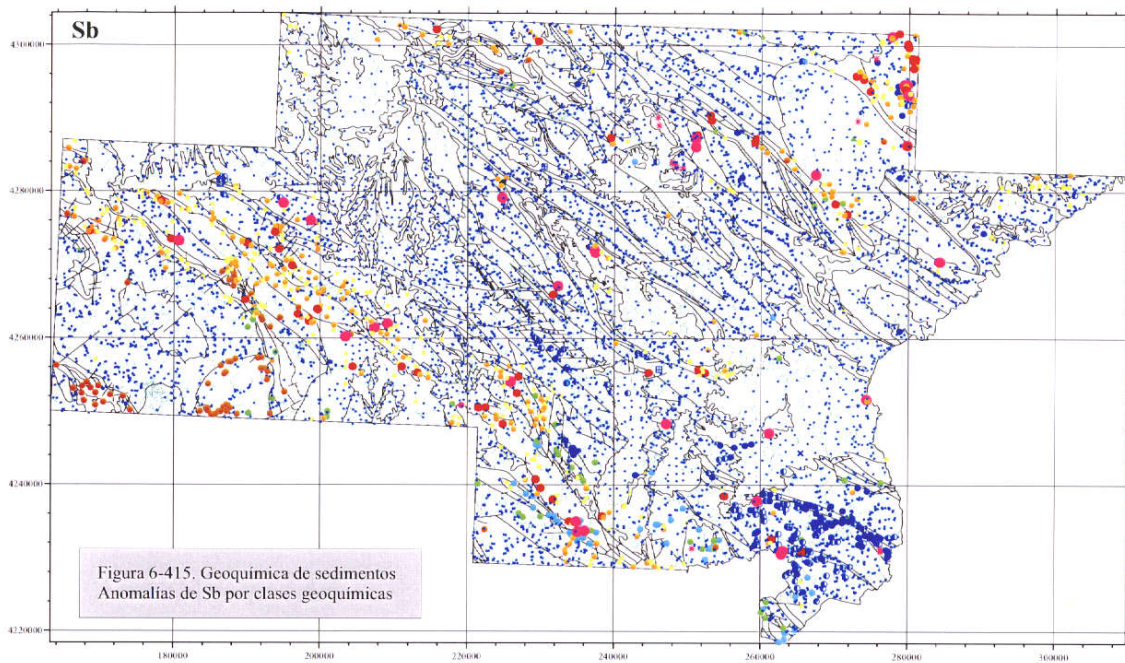
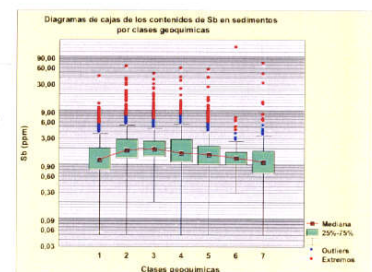


Figura 6-415. Geoquímica de sedimentos  
Anomalías de Sb por clases geoquímicas

Clase 1 Anomalías Sb Umbral (ppm)	Clase 2 Anomalías Sb Umbral (ppm)	Clase 3 Anomalías Sb Umbral (ppm)	Clase 4 Anomalías Sb Umbral (ppm)	Clase 5 Anomalías Sb Umbral (ppm)	Clase 6 Anomalías Sb Umbral (ppm)	Clase 7 Anomalías Sb Umbral (ppm)
0.1 a 4.0	0.1 a 5.2	0.2 a 4.8	0.1 a 5.5	0.1 a 4.0	0.3 a 2.8	0.1 a 3.6
4.0 a 5.2	5.2 a 6.5	4.8 a 6.0	5.5 a 9.0	4.0 a 5.7	2.8 a 4.1	3.6 a 4.1
5.2 a 8.0	6.5 a 10.0	6.0 a 10.0	9.0 a 15.0	5.7 a 10.0	4.1 a 6.0	4.1 a 10.0
8.0 a 11.0	10.0 a 20.0	10.0 a 18.0	15.0 a 25.0	10.0 a 20.0	6.0 a 9.0	10.0 a 20.0
11.0 a 40.8	20.0 a 62.2	18.0 a 45.5	25.0 a 58.0	20.0 a 54.8	9.0 a 141.1	20.0 a 71.5





## 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. Asimismo, tiene por objeto definir anomalías de elementos de mineralización, generalmente 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 recogido en total **1.231 muestras**. Las muestras se han tomado con una **densidad de muestreo de 1 muestra/ 5,44 km<sup>2</sup>**, es decir en cuencas de aproximadamente **5 km<sup>2</sup>**. 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. Se ha elegido el punto de toma entre los lugares favorables de acumulación de minerales pesados (resaltes 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 gruesa. Ha sido tamizado in situ a 5 mm de tamaño. 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 un producto homogéneo, se ha apurado la concentración de minerales pesados hasta alcanzar concentrados con pesos variables entre unos pocos gramos y 500 g, estando los pesos medios en torno a 20-40 g. En total, se han tomado en la zona **1.231 muestras**, cuya ubicación 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 no es uniforme. La densidad de toma de muestras es mucho más baja en zonas de relieve llano, en las cuales la red hidrográfica está poco desarrollada (Granitoide de Quintana), o nula en zonas llanas ocupadas por materiales terciarios.



Foto 7-1. Pocillo para toma de muestra de sedimento para batear y obtener concentrado de minerales pesados



Foto 7-2. Cribado a 5 mm del sedimento para concentrado de minerales pesados



Foto 7-3. Sedimento en la batea



Foto 7-4. Bateado del sedimento



Foto 7-5. Apurando el bateado. Se empieza a ver una franja de minerales pesados (parte superior)



Foto 7-6. Fase final del bateado. Franja oscura de minerales pesados concentrados en la parte superior

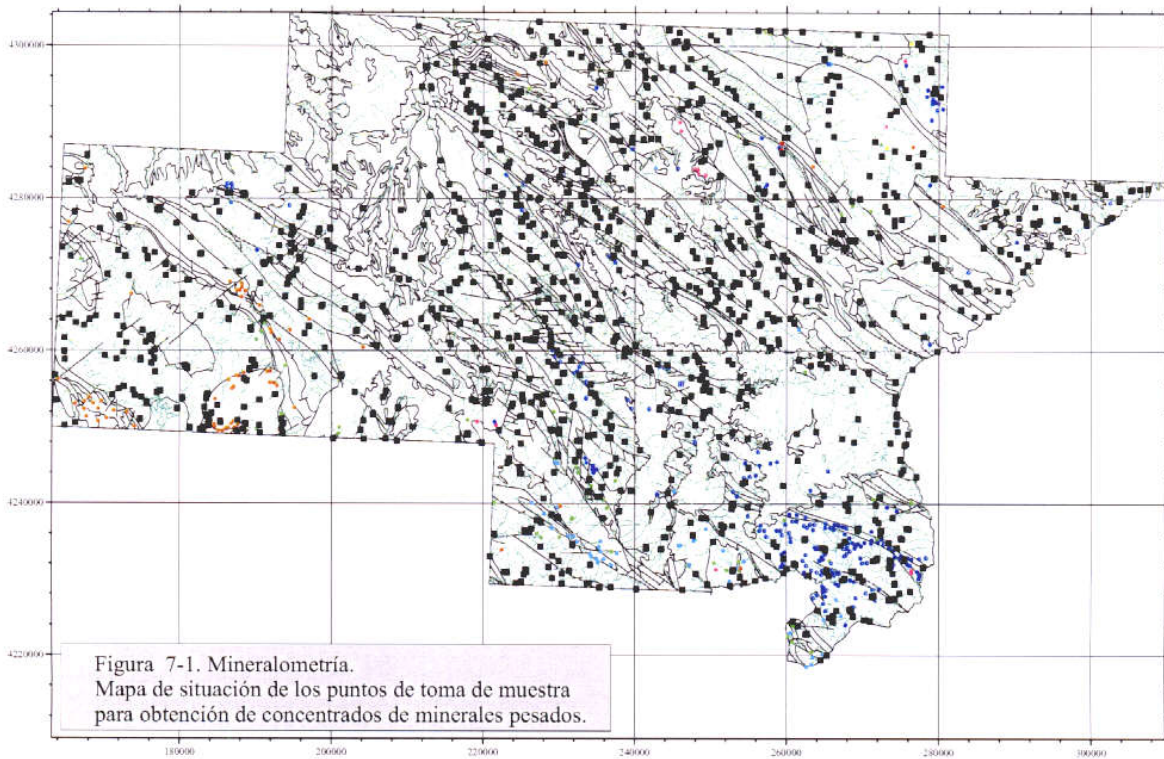


Figura 7-1. Mineralometría.  
Mapa de situación de los puntos de toma de muestra para obtención de concentrados de minerales pesados.

## 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 ( $\text{CHBr}_3$ , 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 los minerales ligeros.
- **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, xenotimo 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 gramos/superficie, correspondiente a ese mineral. Conociendo este dato, se calcula la concentración de los minerales pesados en cada  $\text{m}^3$  de sedimento, habida cuenta 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 7-42 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.

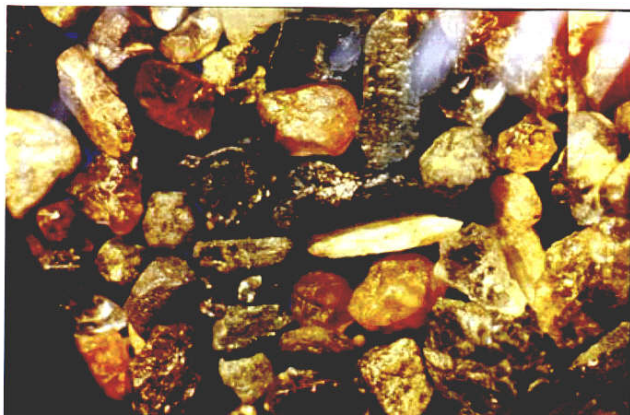


Foto 7-7. Aspecto del concentrado bajo la lupa binocular. 50 aumentos. M-4092.



Foto 7-8. Aspecto de otro concentrado, M-4673, bajo la lupa binocular. 50 aumentos



Foto 7-9. Grano de cinabrio bajo la lupa binocular (M-5793)- 50 aumentos

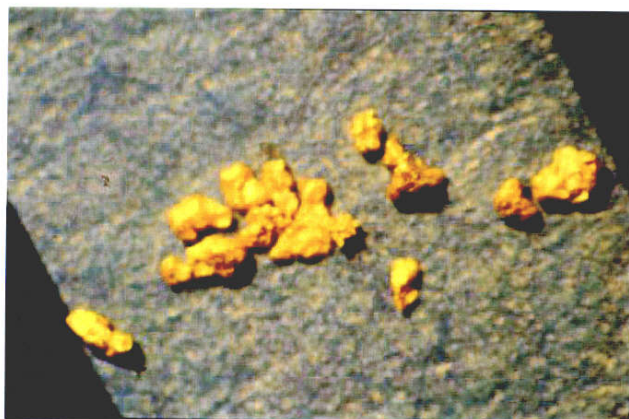


Foto 7-10. Pepitas de oro nativo bajo la lupa. 0,05 mm. M-5197



Foto 7-11. Granos de casiterita turbia. 50 aumentos. M-6364



Foto 7-12. Granos de casiterita acaramelada. 50 aumentos. M-5367



Foto 7-13. Granos de casiterita acaramelada roja y amarilla. 50 aumentos. M-2548



Foto 7-14. Granos de casiterita negra, algunas con pico de estaño. M-5197. 50X



Foto 7-15. Otro aspecto de granos de casiterita. 50 aumentos. M-5199



Foto 7-16. Grano de casiterita negra con pico de estaño. 50 aumentos. M-5371



Foto 7-17. Grano de wolframita. 50 aumentos. M-3327

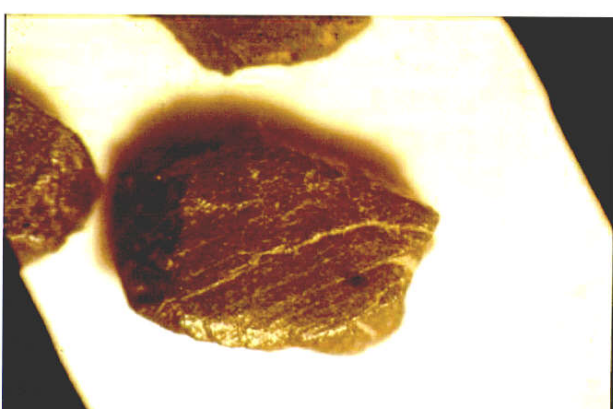


Foto 7-18. Grano de tantalita con hábito tabular. M-1280. 50 aumentos



Foto 7-19. Otro aspecto de granos tabulares de tantalita. 50 aumentos. M-1280



Foto 7-20. Granos de epidotumena.. 50 aumentos. M-4014

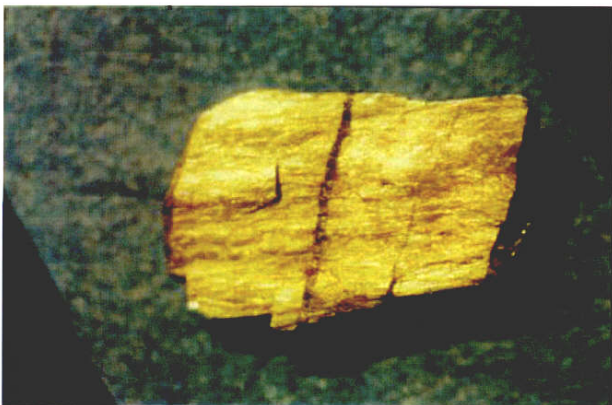


Foto 7-21. Grano de epidotumena. 50 aumentos. M-1053



Foto 7-22. Grano de scheelita. M-1106. 50 aumentos



Foto 7-23. Aspecto de granos de barita translúcida. 50 aumentos. M-1106



Foto 7-24. Granos de barita.. 50 aumentos. M-2190



Foto 7-25. Granos con hábito de cubos de pirita limonitizada. 50 aumentos. M-4832

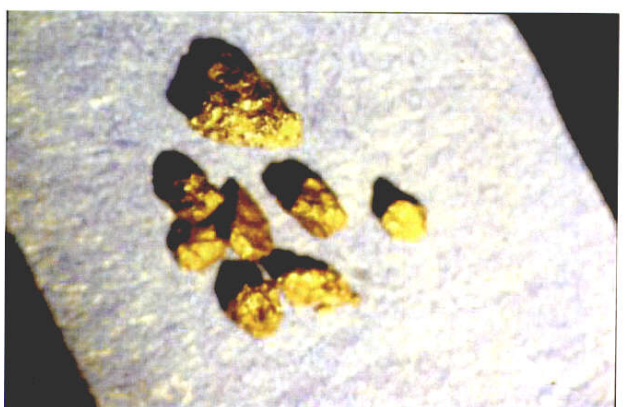


Foto 7-26. Granos de pirita sin oxidar. M-0761. 50 aumentos



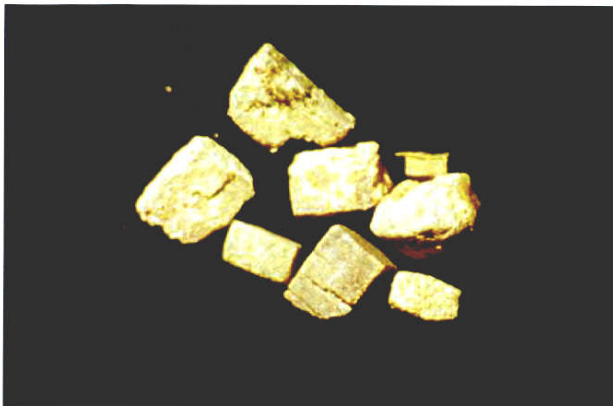


Foto 7-27. Granos de galena oxidada con hábito cúbico. 50 aumentos. M-4546



Foto 7-28. Granos de franklinita. 50 aumentos. M-3695



Foto 7-29. Granos de epidota. 50 aumentos. M-3020



Foto 7-30. Granos de xenotima. M-3184. 50 aumentos



Foto 7-31. Granos de granate rosado. 50 aumentos. M-4546

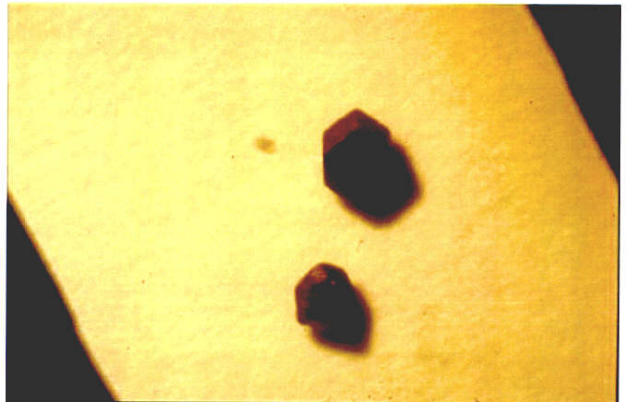


Foto 7-32. Granos de granate negro. 50 aumentos. M-2736



Foto 7-33. Granos de ilmenita. 50 aumentos. M-1029



Foto 7-34. Granos de cromita con hábito octaédrico. M-2562. 50 aumentos



Foto 7-35. Granos de homblenda. 50 aumentos. M-3644

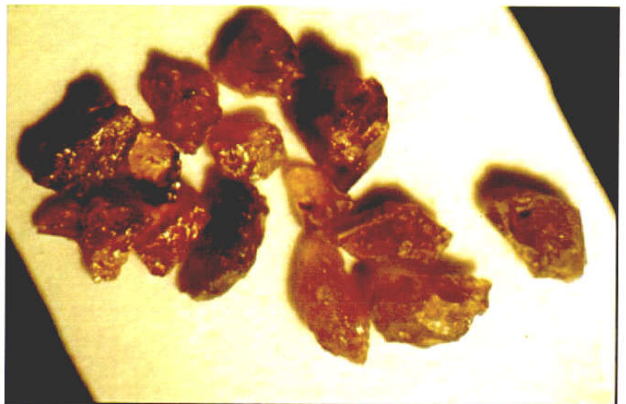


Foto 7-36. Granos de estauroilita acaramelada. 50 aumentos. M-2752



Foto 7-37. Granos de rutilo. 50 aumentos. M-5845

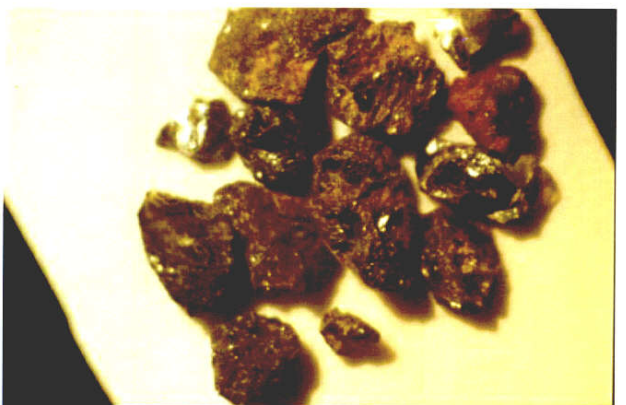


Foto 7-38. Granos de oligisto de variedad especularita. M-1106. 50 aumentos

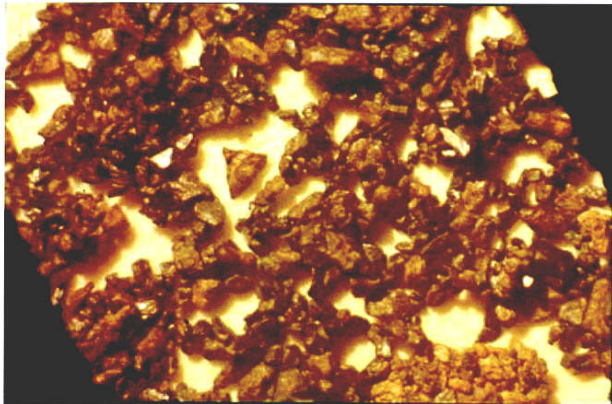


Foto 7-39. Granos de magnetita. 50 aumentos. M-3644



Foto 7-40. Granos de goethita. 50 aumentos. M-2752



Foto 7-41. Granos de anatasa verde. 50 aumentos. M-5845



Foto 7-42. Granos de xenotima. M-3184. 50 aumentos

## 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 7-46) en las 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.

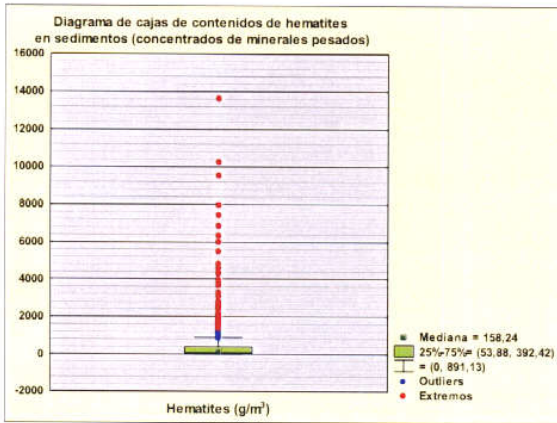


Figura 7-30. Box Plot de los contenidos de Hematites en los sedimentos

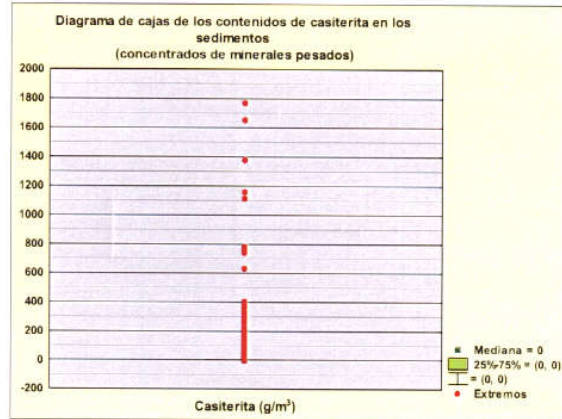


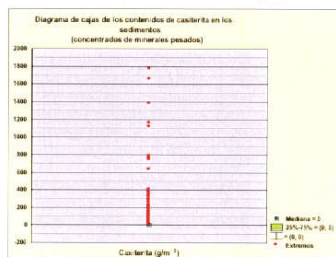
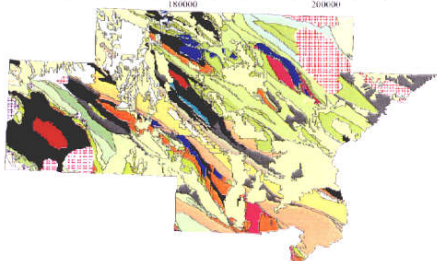
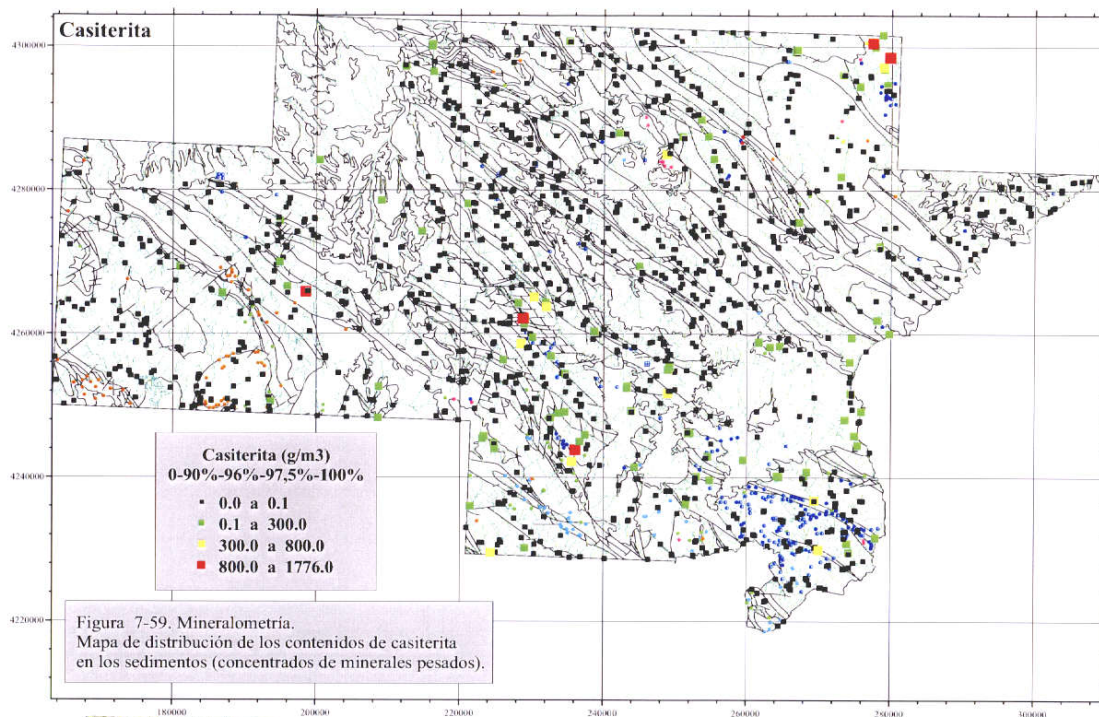
Figura 7-13. Box Plot de los contenidos de Casiterita en los sedimentos

Para reflejar la distribución y abundancia de los minerales se han marcado cuatro clases en el grado de concentración expresado en  $\text{g/m}^3$ , definiéndose tres umbrales. Se ha pretendido diferenciar las muestras en las que el mineral en cuestión no está presente o es casi inexistente ( $0-1 \text{ g/m}^3$ ), 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 (sufuros 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. También se incluye un mapa de distribución de escorias que, a todos los efectos se comporta como los minerales pesados y que puede aportar información sobre la ubicación de antiguos labores.

Los mapas aparecen en las figuras 7-47 a 7-94, en formato DIN A4, habiéndose elaborado asimismo los mapas a escala 1/150.000 (ver volúmenes de Mapas 1/150.000).



**Indicios Mineros**

1. As	●	8. Pb	●
2. Ba	●	9. V Pb	×
3. Cu	●	10. Pb Zn	○
4. Bi Cu	●	11. Sb	●
5. Fe	●	12. Sn	●
6. Hg	●	13. U	●
7. Ni Cu	+	14. W	●
		15. Zn	■

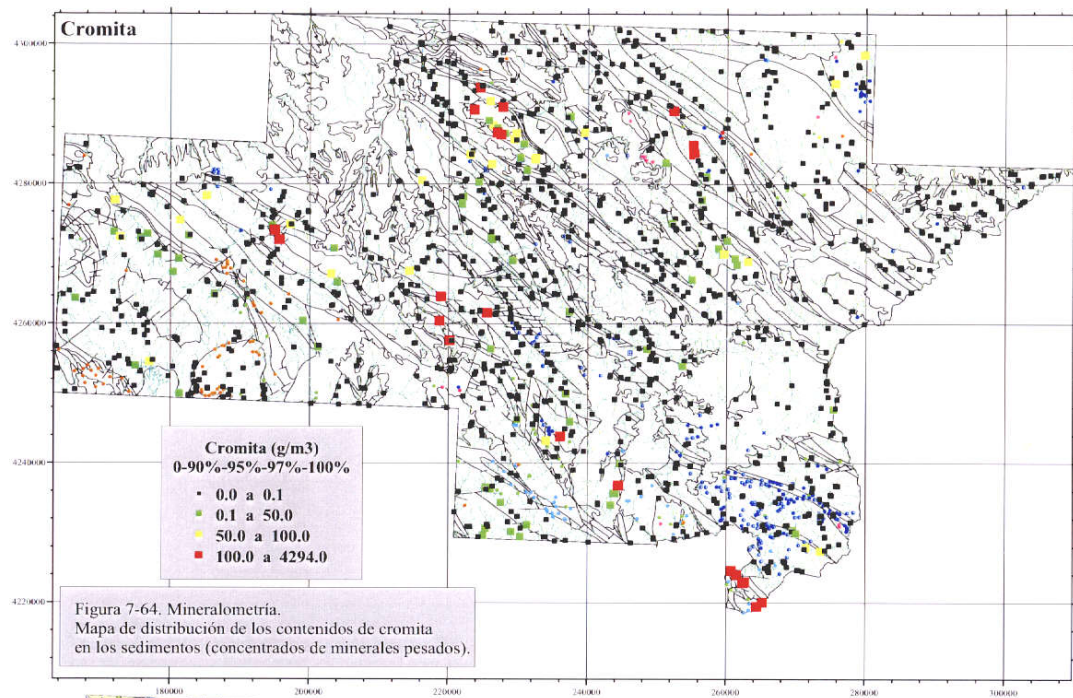
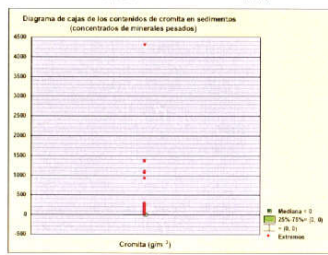
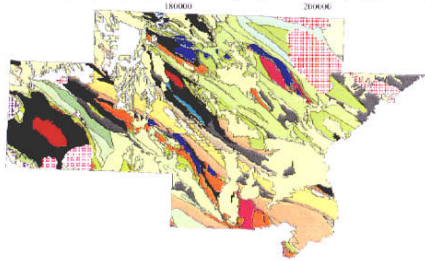
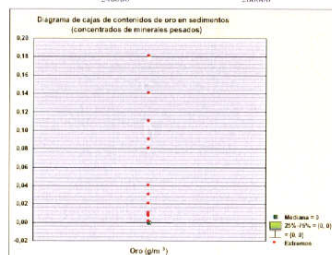
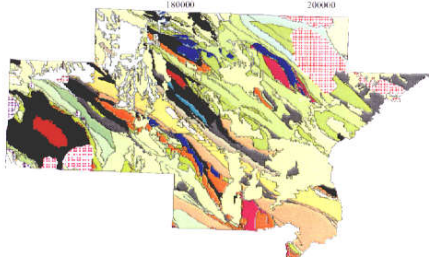
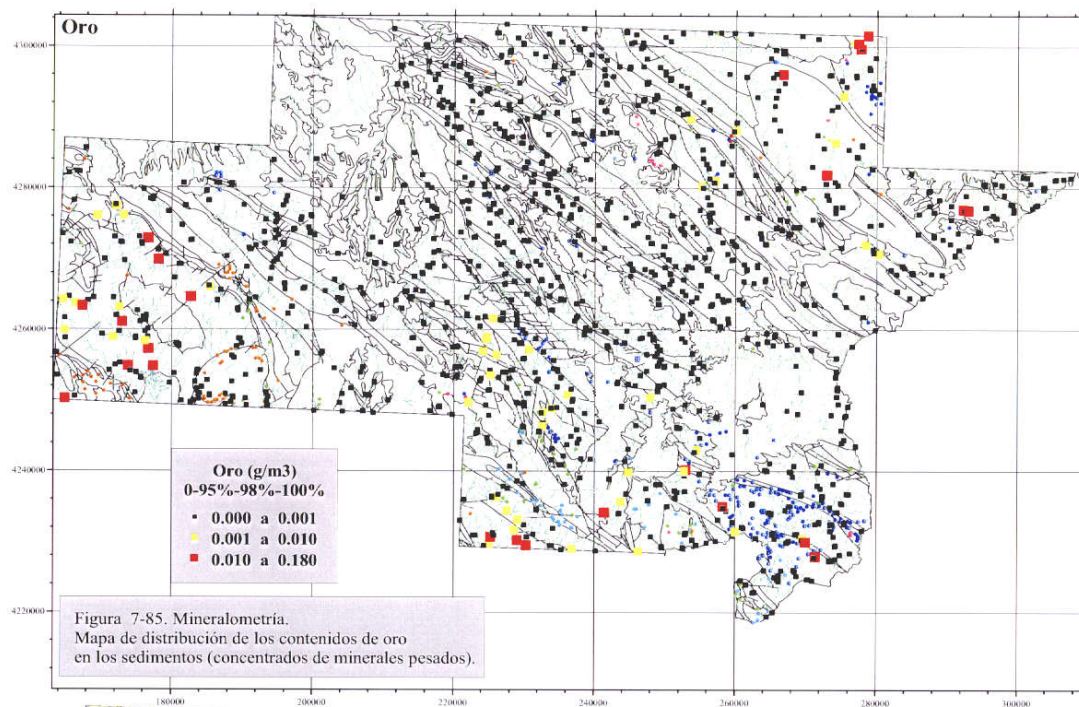


Figura 7-64. Mineralometría.  
 Mapa de distribución de los contenidos de cromita en los sedimentos (concentrados de minerales pesados).



**Indicios Mineros**

1. As	8. Pb	●
2. Ba	9. V Pb	×
3. Cu	10. Pb Zn	◐
4. Bi Cu	11. Sb	●
5. Fe	12. Sn	●
6. Hg	13. U	●
7. Ni Cu	14. W	●
	15. Zn	◐



**Indicios Mineros**

1. As	8. Pb	●
2. Ba	9. V Pb	×
3. Cu	10. Pb Zn	⊕
4. Bi Cu	11. Sb	●
5. Fe	12. Sn	★
6. Hg	13. U	☆
7. Ni Cu	14. W	✦
	15. Zn	⊞



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 en ellas (silicatos y óxidos), varios de ellos tienen una relación clara con los tipos de rocas de los que proceden o con los ambientes geológicos apropiados, mostrando una zonación clara en función de ellos. Otros son de presencia ubicua y pueden corresponder a minerales resistentes que han sufrido varios ciclos sedimentarios.

- La **andalucita** (figura 7-50) tiene sus concentraciones mayores en los granitoides hercínicos y en sus aureolas de metamorfismo de contacto (Quintana-Campanario). Aparece también en la Fm. Azuaga (distrito minero de Azuaga) y asociada a los Neises de Ribera del Fresno y a la Fm. Azuaga y Neises de Azuaga en el sector de Ribera del Fresno-Hinojosa del Valle (metamorfismo de contacto o regional?). También hay andalucita, aunque menos abundante en la Serie Negra, en el entorno de los intrusivos cambro-ordovícicos que hay en ella.
- Los **anfíboles** (figura 7-51) muestran una distribución más ubicua, aunque aparecen en mayores concentraciones asociados a la Neises de Azuaga (anfíbolitas de las Mesas) y a la Fm. Azuaga. De igual forma se observa una mayor concentración en la Serie Negra y, más concretamente en los intrusivos intermedios o básicos y sus zonas periféricas.
- La **augita** (figura 7-54) es muy escasa y solo aparece en relación con el cuerpo granítico de Almendral o en su zona de contacto.
- La **biotita** (figura 7-56) no tiene una distribución amplia, circunscribiéndose a algunos entornos geológicos: granitoides hercínicos de Quintana y Campanario, Fm. Azuaga en el distrito de Azuaga y Fm. Azuaga, Neises de Azuaga y Ortoneises de Ribera del Fresno en el entorno de esta localidad. Asimismo, es muy sugerente la presencia de concentraciones altas de biotita en el accidente SO-NE que corta a la Serie Negra.
- El **circón** (figura 7-61), tiene una presencia muy extendida a caso todos los entornos geológicos. Las concentraciones mayores se localizan en la Serie Negra e intrusos asociados, sectores del cuerpo granítico de Quintana y en las unidades de la Fm. Azuaga y de los Neises de Azuaga en sectores al NO del distrito minero de Azuaga, donde los contenidos son muy bajos.
- El **crisoberilo** (figura 7-63) tiene una finidad evidente por las rocas plutónicas, existiendo las mayores concentraciones en los granitos de Quintana-Campanario y, puntualmente en algunos intrusivos cambro-ordovícicos (Serie Negra).
- La **distena** (figura 7-66) se asocia a los granitos de Quintana-Campanario y rocas encajantes, donde presenta los mayores contenidos.
- La **epidota** (figura 7-67) se encuentra mayoritariamente en la Fm. Malcocinado, en las rocas básicas de El Mosquil y de Valle de La Serena y, sobre todo, en los cuerpos intrusivos intermedios a ácidos dentro de la Serie Negra.
- La **estauroлита** (figura 7-71) tiene una distribución muy ubicua y dispersa.
- El **granate** (figura 7-76) se asocia claramente, como otros minerales anteriores, a la Fm. Azuaga, y a los Neises de Azuaga, tanto en la zona SE como en la prolongación de dichas unidades al NO (Ribera del Fresno). También marca claramente la estructura NE-SO sobre el granitoide de Salvatierra al NE de éste.
- La **hornblenda** (figura 7-78) solo se manifiesta y muy escasa en la zona de El Mosquil (rocas básicas).
- La **moscovita** (figura 7-83) tiene una distribución en cierto modo análoga a la del granate, mostrando sus contenidos anómalos en las mismas zonas.

- El **ópalo** (figura 7-84) tiene una distribución muy peculiar, por lo consistente y concentrada. Las mayores concentraciones aparecen relacionadas con un afloramiento de Carbonífero inferior en el DOVPR (unidad volcano-sedimentaria de carácter básico).
- La **sillimanita** (figura 7-89) aparece únicamente en la Serie Negra en relación con la Fm. Bodonal y la zona de contacto de un intrusivo de carácter intermedio a ácido.
- La **turmalina** (figura 7-91) aparece en varios entornos, de los cuales los que dan lugar a las máximas concentraciones son los granitoides hercínico peralcalinos, la unidad de los Neises de Azuaga y las aureolas de contacto de los intrusivos cambro-ordovícicos en la Serie Negra.

Los minerales pesados de mineralizaciones, o que se presentan a menudo asociados a ellas, muestran las siguientes características en sus distribuciones.

- La **arsenopirita** (figura 7-53) aparece en dos muestras en la zona O, en materiales de la Serie Negra y sin relación próxima con indicios mineros conocidos.
- La **barita** (figura 7-55) presenta varias anomalías muy dispersas en diversos contextos. Las más consistentes se encuentran en la Fm. Malcocinado (indicios de Cu), en la unidad de Neises de Azuaga, en la Fm. Azuaga (zona de Llerena) y en la Fm. Carbonatada cámbrica, en la parte Sur del granito de Quintana, en el borde Sur del granitoide de Salvatierra, al NE de éste sobre la traza de la estructura frágil allí presente. Los demás valores anómalos se presentan dispersos en otras formaciones.
- La **blenda o esfalerita** (figura 7-57) presenta muy escasas anomalías en los concentrados. Las anomalías puntuales se sitúan en la Fm. Azuaga y los Neises de Azuaga, dentro del distrito del mismo nombre.
- La **casiterita** (figura 7-59) presenta anomalías consistentes en varias áreas. Las más significativas se encuentran en la zona de Castuera, en las rocas encajantes del granito de Campanario, en los Neises de Ribera del Fresno, en la Fm. Malcocinado (Llerena) y, al Oeste, en el Carbonífero inferior (una muestra). Anomalías más ligeras, pero más amplias, se encuentran en el distrito minero de Azuaga, en la Fm. Azuaga y en los Neises de Azuaga, así como más al N, ya en materiales terciarios. Existen algunas muestras con anomalías de segundo orden sobre la traza del accidente estructural NE-SO de Salvatierra. Existe también una ligera respuesta positiva en los alrededores de San Nicolás, que se extiende hacia el NE en dirección al granito de Quintana (en las rocas ígneas del Valle de La Serena).
- El **cinabrio** (figura 7-60) marca muy bien, con una anomalía intensa, a algunas de las mineralizaciones de barita de la zona de Llerena y a un indicio de Hg (anomalía en Fm. Azuaga y Formación Carbonatada). Sin embargo, no ofrecen respuesta alguna las mineralizaciones de Hg de Usagre. Hay que destacar, en proximidad a las primeras, una zona anómala (varias muestras en varios arroyos próximos en el borde S de la zona, en la Serie Detrítica superior y en la Fm. Azuaga. Existen diversas anomalías de segundo orden, cubriendo una zona amplia, en el granito de Quintana y sus rocas encajantes. Asimismo de segundo orden existen muestras dispersas en el borde occidental del granitoide de burguillos (mineralizaciones de Fe) y en el accidente NE-SO de Salvatierra y en la Fm. Malcocinado (indicios de Cu y Pb-Zn). Hay que señalar una muestra aislada con fuerte concentración, con otras de segundo orden cercanas (mineralizaciones de Fe en Serie Negra y Ordovícico?, al N de la zona. Hay que decir que, con carácter general el cinabrio aparece relacionado con mineralizaciones de Hg, como mineral primario, pero también a mineralizaciones de sulfuros de metales base en las cuales este mineral es de origen generalmente secundario (supergénico).
- La **cromita** (figura 7-64) presenta una distribución de concentraciones anómalas muy coherente, apareciendo éstas en seis conglomerados de puntos muy consistentes. Estos se localizan en el drenaje de las facies básicas del cuerpo ígneo de Valle de la Serena, en el cuerpo intrusivo

básico de Palomas, en los afloramientos con forma de sigmoide del Carbonífero inferior, cuya respuesta en geoquímica de sedimentos era netamente la de rocas básicas. Asimismo, al S de la zona hay un grupo de anomalías en el drenaje de las rocas ígneas básicas de La Bomba. Otra área anómala está relacionada con el afloramiento de rocas básicas-ultrabásicas de El Mosquil. Concentraciones bajas, pero significativas, aparecen al Sur, en Serie Detrítica superior y Fm. Azuaga. Finalmente, aparecen concentraciones medias, dispersas en la Serie Negra (asociación a intrusivos básicos).

En la banda de debilidad NE-SO de Salvatierra y al NE de ella, se presentan algunas muestras con fuertes valores anómalos.

- Las **escorias** (figura 7-68) pueden ser indicativas de antiguas actividades mineras no conocidas. En la zona, se presentan tres áreas con significativas concentraciones de fragmentos de escorias. La más importante corresponde a una importante zona minera, con dilatada historia minera, la de Azuaga. Otra zona mucho menos extensa desde el punto de vista de la distribución de escorias en las bateas es la de Castuera y el interior del granito de Quintana. (minería de Bi-Cu). A nivel más anecdótica hay que mencionar una muestra anómala al NE de Salvatierra en relación espacial con minería de Fe.
- La **espodumena** (figura 7-70), mineral típicamente ligado a la metalogenia granítica (aplititas, pegmatitas) aparece fundamentalmente en el distrito minero de Azuaga, en la unidad de los neises de Azuaga y en el Terciario que bordea a éstos al N (posible origen en los Neises). Sin embargo, salvo una muestra anómala más al NO, este sector no muestra respuestas positivas. Otros valores medios aislados se encuentran en Palomas (alineación NE-SO con San Nicolás), en afloramientos pequeños de la Fm. Malcocinado en el DOVPR o, en un caso al S de la ZCBC, y en proximidad a intrusivos cambro-ordovícicos. En cualquier caso la espodumena aparece siempre en materiales de filiación granítica.
- La **especularita** (figura 7-69) ofrece también anomalías muy agrupadas. Las más intensas aparecen en la Serie Detrítica superior y la Fm. Azuaga (indicio de Hg, SO de Llerena), en el granitoide de Ahillones y su encajante de la Fm. Malcocinado (indicios de barita y Cu), en la Fm. Malcocinado (sector de Villagarcía de la Torre, con numerosos indicios de Cu y Pb). En este último caso, la anomalía continúa hacia el NO más allá de la zona mineralizada. Otro área anómala significativa, con numerosas muestras fuertemente anómalas, se sitúa sobre el accidente NE-SO de Salvatierra, en materiales de la Serie Detrítica superior, del Complejo Volcanosedimentario cámbrico, del Carbonífero inferior y de la Serie Negra, sin relación neta con mineralizaciones conocidas (sólo algunas de Fe, en el Complejo cámbrico explicarían una parte de la anomalía). Anomalías más reducidas espacialmente, pero intensas, se encuentran en materiales de la Fm. Malcocinado en el DOVPR.
- La **fluorita** (7-72) solo aparece en dos muestras, en el drenaje de la Fm. Malcocinado, una en relación con una mineralización de Pb-Zn, la otra sin relación con mineralización alguna.
- La **franklinita** (figura 7-73), óxido de Zn, Fe y Mn, es un mineral supergénico frecuentemente asociado a mineralizaciones de Zn. Aparece, en la zona de estudio, en la Fm. Malcocinado, asociada a mineralizaciones de Pb-Zn conocidas.
- La **galena** (figura 7-74) ofrece anomalías significativas en la zona densamente mineralizada de Azuaga y, en mucha menor medida, de Castuera.
- La **goethita** (figura 7-75) presenta una distribución muy consistente y agrupada de anomalías. Una de éstas, muy amplia e intensa, se localiza en la Fm. Malcocinado y el Devónico inferior, en el entorno de la mineralización de sulfuros masivos de Puebla de La Reina. Responde a la amplia zona de alteración (gossanización) producida supergénicamente a partir de dicha mineralización. La anomalía de goethita es muy amplia en dirección ONO-ESE.

Otra anomalía igualmente importante aparece al N de la zona, en materiales del Devónico inferior y cerca de rocas básicas, sin que haya indicios de mineralización próximos. Esta concentración de goethita podría estar relacionada con mineralización o con la alteración de los materiales básicos, aunque esta última hipótesis es improbable, pues la anomalía trasciende espacialmente mucho del afloramiento de rocas básicas.

Existe también un contexto con anomalía de goethita siguiendo a la Fm. Carbonatada, a la Serie Detrítica superior y al Complejo Volcanosedimentario cámbrico, en posible relación con mineralizaciones de Fe (algunas, conocidas).

Además de las zonas mencionadas, se encuentran numerosas anomalías puntuales dispersas.

- La **hematites** (figura 7-77), al igual que la goethita tiene una distribución de concentrados anómalos muy consistente, con agrupaciones muy densas de muestras anómalas. Las zonas de aparición de estas anomalías son asimismo bastante similares, aún cuando difieren las tendencias de disposición geométrica de algunas de ellas.

Hay anomalías importantes de hematites (hasta  $13.660 \text{ g/m}^3$ ) en la Fm. Bodonal y el cuerpo intrusivo de Almendral, así como en la Serie Detrítica superior y el Complejo Volcanosedimentario cámbrico. La anomalía sigue el rumbo de las unidades mencionadas aunque decreciendo en intensidad a partir de la intersección con la estructura NE-SO de Salvatierra. Según esta estructura, al anomalía se prolonga hacia el NE con concentraciones elevadas. Destaca también una fuerte anomalía, coincidente con una de goethita en el límite N de la zona, en materiales del Devónico inferior. Anomalías de segundo orden se ponen de manifiesto en relación con el Yacimiento de Pueblo de la Reina, aunque como en el caso de la goethita, la anomalía trasciende ampliamente de la zona mineralizada.

- La **ilmenita** (figura 7-79) y el **rutilo** (figura 7-87), definen zonas anómalas de las cuales algunas son coincidentes y otras no. La distribución y estructura de las de ilmenita es aparentemente algo más consistente que la del rutilo, y la de éste algo más errática. La ilmenita presenta concentraciones anómalas muy elevadas (de hasta  $141.800 \text{ g/m}^3$ ) mientras que las más elevadas de rutilo alcanzan  $1979 \text{ g/m}^3$ . Las anomalías más elevadas de ilmenita se encuentran en la periferia del cuerpo intrusivo de Almendral, proviniendo la ilmenita de éste. Son también significativas las agrupaciones anómalas de la zona SO, Fm. Bodonal y cuerpo intrusivo cambro-ordovícico, así como la existente sobre la estructura de Salvatierra. Todos los cuerpos intrusivos del sector SE dan lugar, en mayor o menor medida a anomalías de ilmenita. Además de éstas hay que mencionar las de la Fm. Malcocinado-cuerpo básico de Mosquil y, ya en forma más dispersa y menos intensa, las anomalías ligadas al cuerpo de Palomas, al de Valle de La Serena, al de La Bomba. El sector meridional del cuerpo intrusivo de Quintana (menos ácido que el de la parte N) da lugar a anomalías medias o débiles.

En la zona occidental, el **rutilo** se presenta en anomalías estructuradas sobre la estructura NE-SO de Salvatierra. También se manifiesta en la unidad neise de Azuaga, en el área de Ribera del Fresno, en la Fm. Malcocinado y cerca del cuerpo de El Mosquil. En la zona N, las anomalías son más dispersas y débiles, Palomas y Valle de La Serena. En el granito de Quintana la respuesta es débil, pero más amplia que la de la ilmenita.

- La **pirita** (figura 7-86) tiene una distribución casi ubicua aunque prácticamente el 60% de los concentrados no contienen a este mineral. Las muestras con concentraciones más elevadas muestran un grado apreciable de agrupamiento definiendo anomalías bastante consistentes. Las más significativas están localizadas en varios contextos. En la zona occidental (NAOM) existen anomalías bien definidas en relación con mineralizaciones de Fe (Fm. Bodonal o Complejo Volcanosedimentario y Serie Detrítica superior en el distrito de Feria). Las anomalías se extienden ampliamente hacia el NE según la traza de la estructura de Salvatierra. Otra de las anomalías importantes, al SO de Llerena, se desarrolla en la Serie Detrítica superior. La zona de Mosquil y parte de la Fm. Malcocinado en ese sector, así como en el entorno del granitoide de Ahillones contienen anomalías coherentes. La Fm. Azuaga y los Neises de Azuaga también

contienen, en el entorno del campo filoniano de Zn-Pb, anomalías de pirita. Finalmente, en el borde N de la zona y en materiales del Devónico inferior, y coincidiendo con anomalías de goethita y hematites hay una anomalía de pirita. La intersección de la Falla de San Pedro de Mérida con el límite oriental de la zona marca una anomalía de pequeñas dimensiones.

Se diferencian negativamente, por la ausencia de pirita en los concentrados, los granitoides hercínicos peralimínicos y algunos de los afloramientos de Terciario.

- La **magnetita** (figura 7-80) tiene, asimismo una presencia ubicua. Los contenidos más elevados se localizan en la Serie Negra y en los cuerpos intrusivos que en ella aparecen y, sobre todo, en asociación con los numerosos indicios de Fe. Las anomalías más fuertes se asocian al granito de Burguillos y a la zona del granitoide de Feria. En todas las demás unidades existen amplias zonas anómalas, muy difusas.
- La **scheelita** (figura 7-88), presenta numerosas concentraciones elevadas que, salvo en el caso de una anomalía en la parte SO del granito de Quintana, se localizan en la ZCBC o en la NAOM, al S de aquella. Las principales zonas anómalas se definen en la Serie Negra (particularmente, en el borde S y en el interior del granito de Salvatierra, así como en la estructura NE-SO que atraviesa a este), en la Fm. Azuaga y en la Fm. Malcocinado. Así como en el Carbonífero inferior.
- La **tantalita** (figura 7-90) se manifiesta en una anomalía principal en diversos tipos de materiales y sobre la traza de la estructura NE-SO de Salvatierra. Además, aparece en dosto muestras aisladas en relación con los Ortoneises de Ribera del Fresno.
- La **wolframita** (figura 7-92) se manifiesta con elevadas concentraciones en numerosas muestras agrupadas en dos anomalías principales. La más importante se localiza en el campo filoniano de Azuaga, tanto en la Fm. Azuaga como, sobre todo, en los Neises de Azuaga. Algunas muestras anómalas están relacionadas con la mineralización de wolframita allí existente, pero otras no. La anomalía se extiende hacia el N, en materiales de un pequeño afloramiento de Serie Negra y Terciario. La otra anomalía se manifiesta en la Fm. Malcocinado y en la unidad ígnea de El Mosquil.
- La **monacita** (figura 7-82), constituye algunas anomalías claras y consistentes aunque, también valores altos dispersos. La zona anómala más amplia está definida por la Serie Negra e intrusivos en ella, así como por algunos afloramientos de unidades volcano-sedimentarias al N de esa unidad. Esta anomalía es más fuerte sobre la traza de la estructura de Salvatierra. Anomalías de menor entidad espacial, así como más inconsistentes, se presentan en las partes N y S del granito de Quintana y en su satélite oriental, en la unidad de Neises de Azuaga y, ya en forma puntual, en los cuerpos ígneos de Palomas y Valle de la Serena.
- La **xenotima** (figura 7-93), aparece en muestras aisladas, en los Neises de Azuaga y en la Serie Detrítica superior. Asimismo, hay algunas muestras anómalas al NE de la estructura de Salvatierra. Las concentraciones de las anomalías son sensiblemente más bajas que las de la monacita.

Los principales rasgos de distribución de los minerales en los concentrados de minerales pesados, y sus anomalías, se expresan en el siguiente esquema de síntesis mineralométrica (figura 7-94).

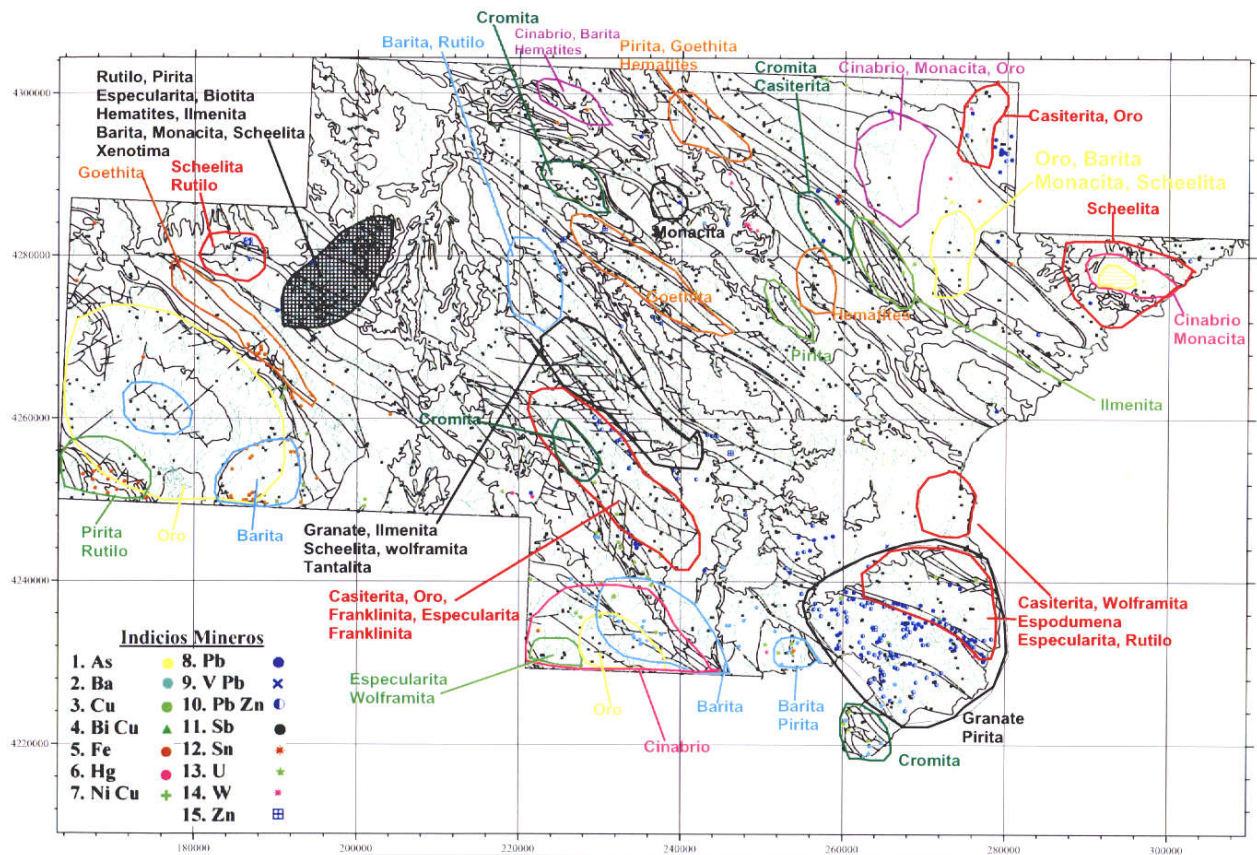


Figura 7-94. Esquema de síntesis de los rasgos de distribución de minerales pesados y de las principales anomalías minerométricas.

A modo de conclusión, puede verse en ella que al margen de anomalías concretas y específicas, existen una serie de áreas en las cuales se concentran gran parte de los minerales pesados con concentraciones elevadas (campo filoniano de Azuaga, Serie Negra y cuerpos intrusivos asociados, estructura de Salvatierra, Fm. Azuaga y Neises de Azuaga, zona SE de Llerena, granitoides hercínicos peraluminicos. Llama la atención la pobre respuesta de la mineralización de San Nicolás en minerales pesados como casiterita, scheelita o wolframita. Estos últimos minerales ofrecen anomalías más intensas o amplias en zonas diferentes, algunas de las cuales no contienen intrusivos graníticos conocidos.

## 7.5.- ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS CONCENTRADOS DE MINERALES PESADOS

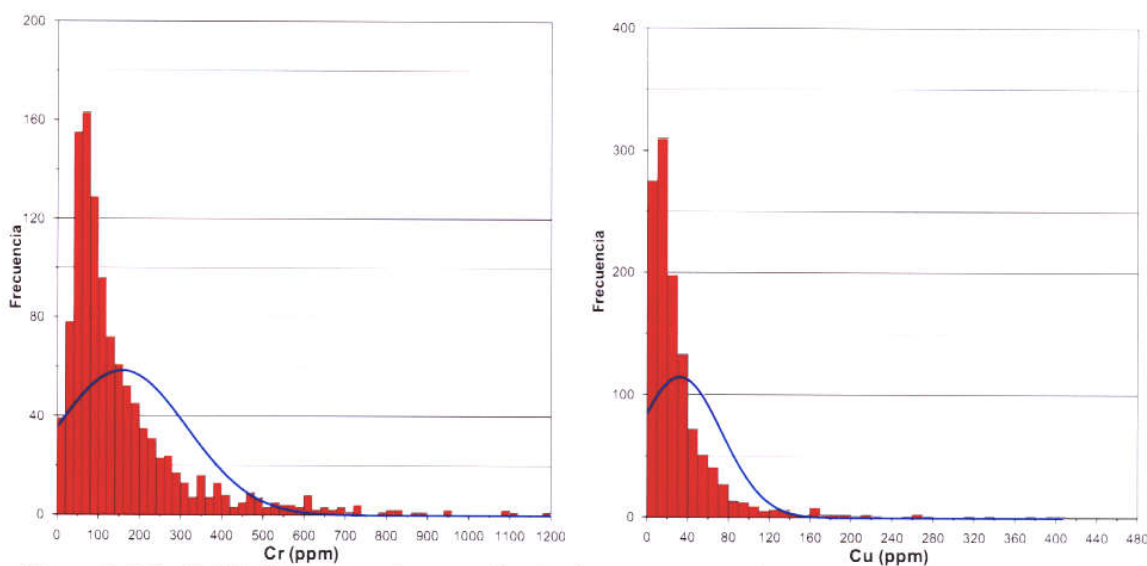
Una vez estudiados los concentrados de minerales pesados con la lupa binocular, se han enviado a los laboratorios analíticos para su análisis químico total. Las muestras no han sido molidas, sino que han sido analizadas en grano por la técnica de **Activación Neutrónica** (INAA). Los resultados del análisis se encuentran en el Anexo. Se han determinado en las muestras los contenidos de 50 elementos químicos.

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 elemento valioso. Por ello es conveniente conjugar estas dos aproximaciones al estudio de los minerales pesados.

De las 1231 muestras de concentrados de minerales pesados sólo se han podido analizar químicamente 1.194. Ello ha sido debido a que en el caso de 37 muestras, el peso de concentrado no alcanzaba el mínimo suficiente para dicho análisis, que en el caso de la técnica de INAA es superior a 10 g.

### 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 7-95 a 7-143. Los diagramas de cajas o boxplots de los diferentes elementos dan lugar a las figuras 7-144 a 7-192.



Figuras 7-110 y 7-111. Histogramas de contenidos de elementos traza en los concentrados de minerales pesados

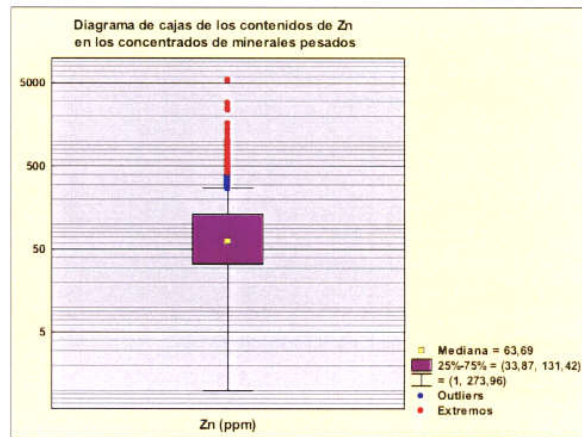
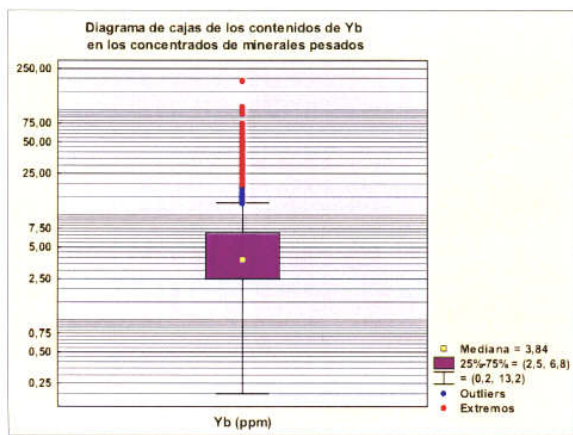
Puede observarse, tanto en la tabla de parámetros estadísticos como en los histogramas y en los boxplots, la extrema variabilidad de los datos analíticos de los concentrados de minerales pesados. Prácticamente la totalidad de los elementos analizados tienen coeficientes de variación superiores a 1 y algunos los tienen sensiblemente mayores (Ag, Au, Bi, Pb, Cu, S, Sb, Th, W, Zn).

Las diferentes distribuciones elementales muestran numerosos valores atípicos y son marcadamente asimétricas.



	Número	Media	Mediana	Media Geom.	Mínimo	Máximo	Varianza	Desv. Estánd.	Error Stand.	Coef. Variación
Ag	1194	0,473	0,200	0,225	0,200	54,903	6,10	2,47	0,07	5,22
Al	1194	0,481	0,423	0,377	0,010	2,368	0,09	0,31	0,01	0,64
As	1194	74,929	34,050	36,289	1,500	2980,000	21243,73	145,75	4,22	1,95
Au	1194	563,840	2,000	6,452	2,000	124000,000	24820856,56	4982,05	144,18	8,84
Ba	1194	120,622	50,166	57,968	4,164	5419,284	83344,78	288,69	8,36	2,39
Be	1194	1,381	1,003	0,991	0,500	10,518	1,78	1,33	0,04	0,97
Bi	1194	8,288	5,000	5,185	5,000	1787,210	3827,63	61,87	1,79	7,46
Br	1194	127,307	58,625	42,484	4,200	1120,000	26335,63	162,28	4,70	1,27
Ca	1194	0,456	0,241	0,243	0,010	7,353	0,39	0,62	0,02	1,36
Cd	1194	0,980	0,760	0,635	0,200	31,127	1,86	1,36	0,04	1,39
Ce	1194	108,788	68,225	71,253	2,000	2700,000	23973,31	154,83	4,48	1,42
Co	1194	23,928	13,958	13,868	1,000	828,837	1530,97	39,13	1,13	1,64
Cr	1194	242,688	108,775	117,352	5,000	11400,000	454604,71	674,24	19,51	2,78
Cs	1194	1,858	1,000	1,411	1,000	16,000	3,47	1,86	0,05	1,00
Cu	1194	35,937	20,525	19,434	1,000	2611,143	8280,21	91,00	2,63	2,53
Eu	1194	1,726	1,368	1,189	0,180	33,100	2,84	1,69	0,05	0,98
Fe	1194	13,318	9,356	9,179	0,320	59,100	129,07	11,36	0,33	0,85
Hf	1194	18,593	10,000	10,982	1,000	501,300	980,24	31,31	0,91	1,68
Hg	1194	5,178	5,000	5,086	5,000	38,400	3,07	1,75	0,05	0,34
Ir	1194	50,118	50,000	50,076	50,000	150,000	8,84	2,97	0,09	0,06
K	1194	0,066	0,043	0,043	0,010	0,996	0,01	0,07	0,00	1,11
La	1194	59,740	35,700	37,987	1,000	1400,000	8988,24	94,81	2,74	1,59
Lu	1194	1,051	0,578	0,610	0,020	29,760	3,07	1,75	0,05	1,67
Mg	1194	0,171	0,133	0,098	0,010	1,134	0,02	0,15	0,00	0,90
Mn	1194	745,110	395,284	405,244	2,000	24199,814	2829712,97	1682,18	48,68	2,26
Mo	1194	4,344	2,000	3,100	2,000	248,724	72,88	8,54	0,25	1,97
Na	1194	0,495	0,298	0,249	0,020	11,220	0,44	0,66	0,02	1,34
Nd	1194	41,393	22,000	24,854	5,000	1300,000	4472,79	66,88	1,94	1,62
Ni	1194	38,267	28,666	27,144	1,000	325,888	1222,26	34,96	1,01	0,91
P	1194	0,039	0,029	0,028	0,001	0,333	0,00	0,03	0,00	0,86
Pb	1194	365,583	32,412	45,855	2,000	17028,007	2518643,77	1587,02	45,93	4,34
Rb	1194	58,392	50,000	55,855	50,000	201,600	484,32	22,01	0,64	0,38
S	1194	0,011	0,005	0,006	0,001	0,518	0,00	0,02	0,00	2,28
Sb	1194	16,314	5,725	6,120	0,150	880,000	2955,14	54,36	1,57	3,33
Sc	1194	15,644	12,000	11,666	0,320	103,000	158,36	12,58	0,36	0,80
Se	1194	10,186	10,000	10,061	10,000	130,000	15,28	3,91	0,11	0,38
Sm	1194	9,056	5,940	6,366	0,330	210,000	136,72	11,69	0,34	1,29
Sn	1194	10,057	10,000	10,036	10,000	38,329	0,93	0,96	0,03	0,10
Sr	1194	22,513	14,706	15,341	1,000	207,600	573,02	23,94	0,69	1,06
Ta	1194	4,558	1,000	1,827	1,000	1420,000	1747,74	41,81	1,21	9,17
Tb	1194	2,221	2,000	2,124	2,000	26,000	1,33	1,15	0,03	0,52
Th	1194	23,993	9,200	9,816	0,500	805,000	4531,25	67,31	1,95	2,81
Ti	1194	0,118	0,054	0,053	0,010	1,555	0,03	0,17	0,00	1,44
U	1194	4,791	2,640	2,235	0,375	102,900	77,00	8,78	0,25	1,83
V	1194	96,479	61,048	59,719	1,000	2392,452	15076,94	122,79	3,55	1,27
W	1194	25,124	4,000	6,158	4,000	2480,000	22242,14	149,14	4,32	5,94
Y	1194	10,017	7,912	7,583	1,000	147,075	70,32	8,39	0,24	0,84
Yb	1194	7,105	3,840	4,226	0,200	192,000	132,78	11,52	0,33	1,62
Zn	1194	121,072	63,699	67,178	1,000	5562,419	62485,42	249,97	7,23	2,06
Zr	1194	10,444	8,968	8,541	1,000	46,831	42,13	6,49	0,19	0,62

Tabla 7-1. Parámetros estadísticos descriptivos de los contenidos elementales en los concentrados de minerales pesados



Figuras 7-190 a 7-191. Box Plots de contenidos de elementos traza en concentrados de minerales pesados

### 7.5.2.- Estudio gráfico univariante

Se han elaborado los mapas con criterios similares a los seguidos para los contenidos en sedimentos. Los mapas de distribución, con representación discreta, por puntos, aparecen en las figuras 7-193 a 7-242. Dado la densidad de muestreo, no suficientemente alta, no se han realizado mapas de contornos.

Puede observarse en ellos que aportan una información muy rica, confirmando, en el caso de elementos con significación litológica, los rasgos ya manifestados en el estudio mineralométrico e, incluso en el caso de muchos elementos coincide y confirma tendencias de distribución ya manifestadas en los sedimentos de corriente. En el caso de los elementos de carácter metalogénico, apoyan y matizan rasgos sobre el sentido de muchas de las anomalías.

El As, por ejemplo, marca muy bien algunas anomalías mineralométricas en las que no se manifiestan minerales de este elemento. Una anomalía fuerte de As coinciden con una de pirita-goethita-hematites situada al N de la zona en materiales devónicos. También marca la zona anómala situada sobre la estructura de Salvatierra, la zona anómala al SO de Llerena, la zona también anómala con óxidos de hierro al SE de Puebla de La Reina, en materiales devónicos. Finalmente presenta fuertes contenidos en los granitos hercínicos y sus encajantes.

El Au muestra en los análisis de batea tendencias de distribución similares a las del oro en concentrados de minerales pesados, delimitando las mismas áreas anómalas. Sin embargo, matiza o confirma, de forma más eficiente, algunas de ellas. Como en el caso de la mineralometría, el Au presenta las anomalías más intensas (hasta 124 ppm) en la parte S del intrusivo de Salvatierra. Se refuerza el significado de las anomalías mineralométricas débiles en la Fm. Malcocinado-El Mosquil.que, además se prolongan hacia el NO. Define nuevas anomalías en la Fm. Malcocinado y la Serie Negra junto al complejo de Palomas. Las anomalías mineralométricas en los granitos hercínicos peraluminicos se confirman como importantes.

El Ba presenta tendencias muy dispersas en las que posiblemente se mezcle el Ba de minerales de mineralización (barita) con el Ba de algunos silicatos que quedan en el concentrado (Ba de feldespatos). Aún a pesar de la dispersión y de las numerosas anomalías puntuales, se definen agrupaciones anómalas que aparecen en la estructura de Salvatierra, en l granitoide de Burguillos, en la Serie Detrítica superior al E de Burguillos (indicios de Cu), en la Fm. Carbonatada y en la Fm. Azuaga (distrito de barita de Llerena), en Puebla de La reina y a lo largo de todo el afloramiento de Devónico inferior al Se del yacimiento anterior, en la anomalía mineralométrica del N de la zona (pirita-hematites-goethita), en un agrupamiento pequeño pero denso entre Palomas y Valle de La Serena (Devónico y ordovícico inferior), en la Fm. Malcocinado (cerca de Ahillones, en algún caso asociadas a mineralizaciones de Cu). Las anomalías de de Ba coinciden, en general, con las de barita, aunque en algún caso, como el de la anomalía en el Devónico al S de Puebla de La Reina, la anomalía mineralométrica es inexistente).

El Bi se manifiesta con una anomalía intensa (hasta 1788 ppm) en el área de San Nicolás. Aparecen algunos valores anómalos dispersos en la Serie Negra y la Fm. Malcocinado.

El Cd, además de tener valores muy anómalos en áreas con mineralizaciones de Zn-Pb (distrito de Azuaga, Fm. Malcocinado, Santa Marta) define y confirma nuevas anomalías en la estructura de Salvatierra, en el Devónico inferior y Fm. Malcocinado en Puebla de La Reina y al SE de este yacimiento, en la anomalía de goethita-pirita-hematites del N de la zona y en el encajante ordovícico de los granitos hercínicos peraluminicos.

El Cu realza el interés de la zona anómala en la estructura de Salvatierra, así como el de las anomalías ya mencionadas en el Devónico inferior-Fm. Malcocinado al SE de Puebla de la Reina, en la zona anómala (pirita-goethita-hematites) al N de la zona. Otras anomalías de interés por su amplitud se sitúan sobre el afloramiento de Serie Negra situado en la ZCBC y en la Serie Detrítica inferior al E de Burguillos (aunque hay presencia conocida de indicios de Cu).

El Fe, con concentraciones de hasta el 60% en las bateas, presnta agrupaciones de muestras anómalas que definen anomalías de interés. Destacan las la estructura de Salvatierra, la situada al Ede Burguillos (Serie Detrítica superior), la de la Fm. Carbonatada al SO de Mosquil y, sobre todo, las del Devónico inferior al

SE de Puebla de La Reina y la coincidente con la anomalía mineralométrica (goethita-hematites- pirita) al N de la zona.

El Ni muestra anomalías muy coincidentes con las de Cu. Este hecho, de gran importancia en principio, por el hecho de que esta asociación está en el origen del descubrimiento del yacimiento de Ni de Aguablanca debe ser visto aquí con otra perspectiva pues las anomalías indicadas no se asocian a cuerpos intrusivos básicos.

El Pb, además de marcar respuestas positivas e importantes en las numerosas mineralizaciones de Zn-Pb de la zona (Santa Marta, distrito de Azuaga, Fm. Malcocinado al O y NO de Llerena) presenta numerosas anomalías puntuales muy dispersas.

El W aporta información de mucho interés si la comparamos con los datos mineralométricos de la scheelita y la wolframita. Las distribuciones de anomalías de estos dos elementos no eran en absoluto coincidentes, ni siquiera parcialmente. La consideración del W rebaja el interés de las anomalías de wolframita del campo filoniano de Azuaga y de la unidad de los Neises de Azuaga, dónde este elemento presenta una anomalía más ligera. En cambio destacan una serie de importantes anomalías en el granito de Quintana y su prolongación hacia el E (sin anomalías de wolframita y sí con anomalías de scheelita). Otra anomalía de W coincide con anomalías de scheelita y wolframita en la zona de Ribera del Fresno (Unidad Neises de Azuaga y Ortoneises de Ribera del Fresno). En la zona O, una importante anomalía de W coincide plenamente con otra de scheelita, en la parte S del granitoide de Salvatierra. Otras anomalías puntuales de scheelita en la Serie Negra se ven refrendadas por anomalías de W. La mineralización de San Nicolás ofrece una importante anomalía de W que no se reflejaba ni en scheelita ni en wolframita.

Las anomalías de Zn coinciden, en gran parte, con las de Cu, aunque hay que señalar alguna diferencia como es el caso de las que están ligadas a mineralizaciones de Pb-Zn o a agrupaciones de éstas, como es el caso de Santa Marta, campo filoniano de Azuaga, o, incluso de otros tipos de mineralizaciones como la de San Nicolás. Otras anomalías de este elemento se sitúan en la anomalía de pirita-goethita-hematites de la zona N y, sobre todo, en el Devónico inferior-Fm Malcocinado al SE de Puebla de La Reina y en la Serie Negra en la ZCBC.

El U define anomalías en la parte NE del granito de Quintana y su prolongación al E, y en el de Campanario, así, aunque menos consistentes o menos amplias, como en el granitoide de Salvatierra y en la estructura del mismo nombre (Neises de Azuaga) y en la falla que separa a la Fm. Azuaga y a los Neises de Azuaga.

El Ta presenta, en general, anomalías puntuales bastante dispersas. Las únicas agrupaciones de interés son las del granitoide de Salvatierra (se podía intuir en mineralometría), la del granitoide de Almendral, la de la estructura de Salvatierra (también en mineralometría), las de Palomas y Valle de La Serena, la de San Nicolás y, también importante la del granito de Campanario y N de Quintana.

Las anomalías de Sn son muy escasas y poco intensas, estando ligada la más importante a la mineralización de San Nicolás. Otras, puntuales aparecen en el Devónico inferior al SE de Puebla de La Reina y en los esquistos del Ordovícico inferior.

El Sb presenta anomalías muy dispersas y poco consistentes, en general puntuales, estando algunas de ellas asociadas a mineralizaciones de Pb-Zn, de W-Sn (San Nicolás). Las agrupaciones de puntos anómalos más significativas se sitúan en la estructura de Salvatierra, al E de Burguillos (Serie Detrítica inferior), Formación carbonatada (asociada a mineralizaciones de Hg), en la anomalía del N de la zona (pirita-hematites-goethita) y, la más importante aunque no la más intensa, en Devónico inferior al SE de Puebla de La Reina.

El S presenta una distribución bastante más consistente que en los sedimentos de corriente, quizás por el hecho de que en este caso se detecta sólo el S ligado a sulfuros o asociado a productos de alteración de éstos. Aparecen las anomalías más importantes en la estructura de Salvatierra, en Puebla de La Reina y el Devónico inferior al SE de ese yacimiento (anomalía muy amplia), en San Nicolás, en la mencionada

anomalía mineralométrica del N de la zona, en el campo filoniano de Azuaga, en la Fm. Carbonatada y la Fm. Azuaga (mineralizaciones de barita y Cu).

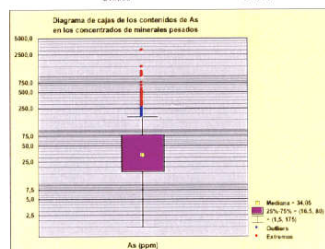
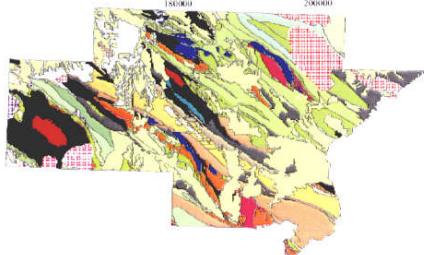
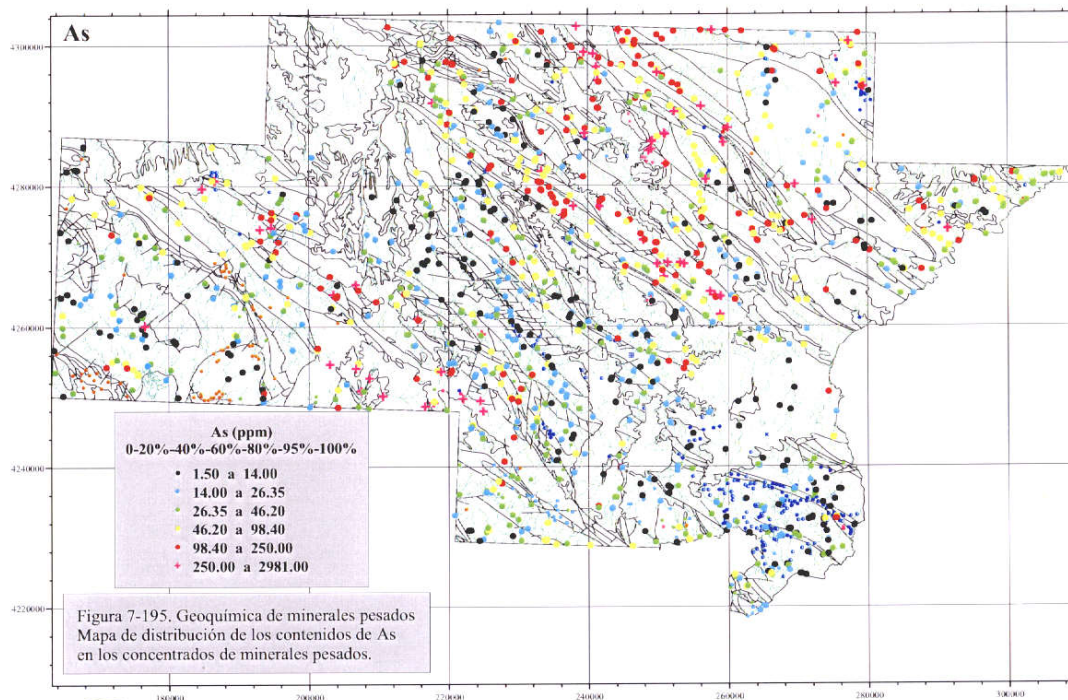
Como el S, el P presenta también pautas originales, definiendo anomalías que coinciden con aquellas de S. Únicamente se distinguen por la anomalía en el distrito de Azuaga que, en este caso, afecta sólo a la unidad de neises de Azuaga, y por la anomalía existente en el afloramiento de Serie Negra en la ZCBC.

El Hg muestra únicamente anomalías débiles y puntuales ligadas a las mineralizaciones de Hg de Usagre, así como dos anomalías puntuales en el DOVPR, en materiales del Ordovícico inferior.

El Mo tiene unas pautas muy dispersas en las que únicamente cabe destacar la presencia de anomalías en la estructura de Salvatierra, en la anomalía mineralométrica del N de la zona, en San Nicolás, en Puebla de La Reina y el Devónico al E del yacimiento (anomalía muy amplia).

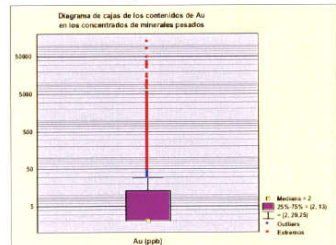
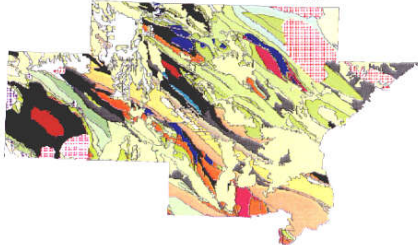
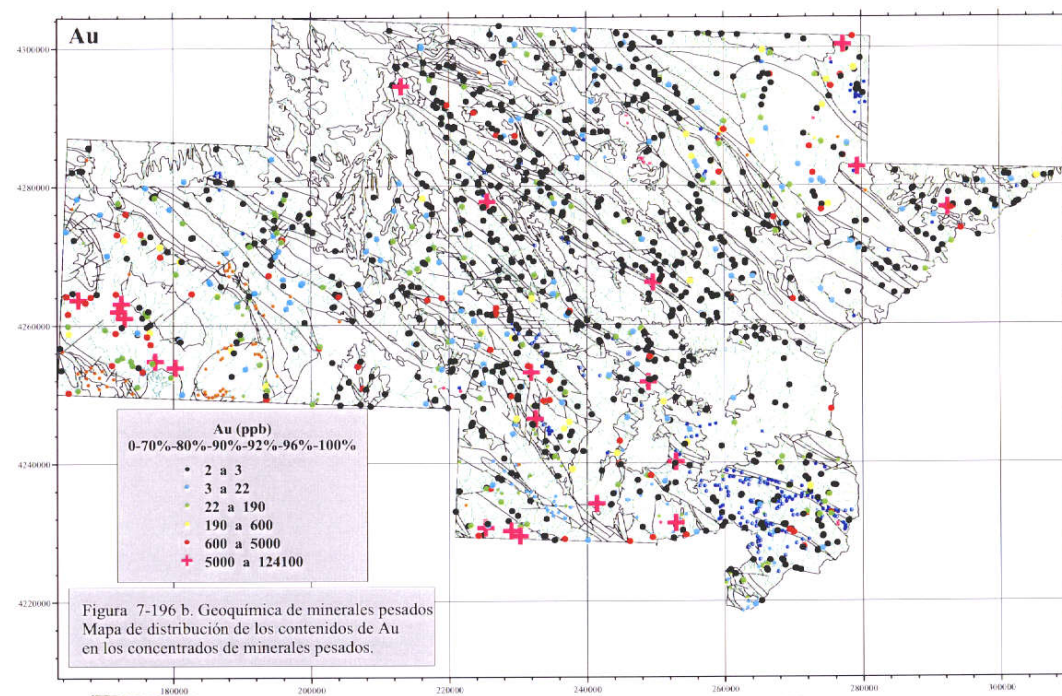
El Ce y el La, aunque con contenidos generalmente más elevados del primero, muestran tendencias de distribución similares. Las principales anomalías aparecen en el granitoide de Salvatierra y en la estructura del mismo nombre, en los granitos de Quintana y Campanario, en el Complejo de Valle de La Serena, en San Nicolás, en Puebla de La Reina y en el Devónico situado al SE, en el campo filoniano de Azuaga, y en forma más dispersa en la zona de Ribera del Fresno (Ortoneises, Fm. Malcocinado, Fm. Azuaga, Neises de Azuaga).

Los restantes elementos químicos, de carácter más litológico, presentan pautas de distribución que concuerdan con las definidas por los sedimentos, aunque con menos resolución. Cada elemento aparece asociado, en sus valores más elevados, con las litologías con las cuales tiene más afinidad. Así, el Ti muestra sus contenidos más altos en relación con los Complejos de Valle de La Serena, Palomas, Mosquil, con la Fm. Malcocinado, con los cuerpos intrusivos, intermedios a básicos, en la Serie Negra. Su distribución es coherente con la mostrada en sedimentos de corriente.



**Indicios Mineros**

1. As	8. Pb	●
2. Ba	9. V Pb	×
3. Cu	10. Pb Zn	○
4. Bi Cu	11. Sb	●
5. Fe	12. Sn	•
6. Hg	13. U	•
7. Ni Cu	14. W	+
	15. Zn	⊠



**Indicios Mineros**

1. As	8. Pb	●
2. Ba	9. V Pb	×
3. Cu	10. Pb Zn	◐
4. Bi Cu	11. Sb	●
5. Fe	12. Sn	●
6. Hg	13. U	+
7. Ni Cu	14. W	+
	15. Zn	⊠

### 7.5.3- Estudio bivariante

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 correlación entre ellos que se plasma en la matriz de correlación binaria (ver tabla 7-2).

En esta tabla pueden observarse los siguientes rasgos:

- Elementos como Au, Ag, Hg, Cu (salvo una pequeña correlación con Ni y con S), Na (correlación débil con Mg) no están correlacionados con los restantes elementos, por lo que su comportamiento es el de variables independientes.
- Los elementos del grupo de la R.E.E. están muy correlacionados entre ellos, aunque el grado de correlación varía al pasar de las tierras raras ligeras (Ce-La : 0,98) a las pesadas (Ce-Lu: 0,28; Ce-Lu: 0,27). La correlación entre las pesadas es asimismo muy alta (Lu-Yb: 0,99)
- Destacan las fuertes correlaciones de Sn con Cd (0,57) y Zn (0,58), señalando una afinidad que no se daba en los sedimentos de corriente.
- El Bi presenta una apreciable afinidad por Bi y Mo, definiendo una asociación claramente metalogénica
- La correlación Ir-Se (0,86) es ficticia, siendo debida a la prácticamente nula variabilidad de dichos elementos.
- Los elementos ferromagnesianos (Fe-Cr-Ni-Co-V-Sc) , aunque siguen mostrando afinidad, tienen entre ellos coeficientes de correlación comprendidos entre 0,25 y 0,5.
- El Be está correlacionado con elementos como Ni, Co, Fe, Mn, P, Mo. Esta asociación, que en principio, parece un poco contra natura, no es tan extraña, pues incluye a elementos fácilmente adsorbibles en óxidos e hidróxidos de Fe-Mn, componentes cuyos agregados se comportan pátinas en minerales pesados, además de aparecer como goethita.
- Otro elemento que se comporta de un modo similar es el Ba, que muestra una correlación bastante fuerte (0,58) con el Mn.
- El Cs muestra una afinidad, aunque no muy fuerte con Rb, K y Al. Esta asociación, aunque no tan fuerte como en el caso de los sedimentos, conserva el carácter litológico (rocas graníticas)

Las afinidades mostradas en este cuadro señalan diferencias y similitudes con las que presentaban los análisis de sedimentos de corriente. Las diferencias pueden radicar, por una parte, en las dimensiones de las cuencas muestradas, que inducen una mayor mezcla de materiales y dan lugar a una menor resolución (ejemplo: correlación Sn-Zn-Cd), y al diferente significado del soporte sobre el que se han realizado los análisis.





#### 7.5.4.- Análisis o estudio multivariante

Con el fin de obtener una mayor conocimiento del significado de la información geoquímica obtenida se ha realizado un análisis de componentes principales sobre las variables analizadas A.C.P.) Se han extraído 6 factores a partir de variables por rotación Varimax normalizada. Los resultados del análisis se expresan en la Tabla 7-3.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6
Ag	0,020	0,216	0,034	0,260	0,015	-0,004
Al	-0,089	0,069	0,866	0,076	0,121	0,399
As	0,069	-0,017	-0,052	0,128	0,568	-0,095
Ba	-0,034	-0,035	0,010	0,008	0,240	0,021
Be	0,056	0,005	0,145	0,111	0,766	-0,142
Cd	-0,051	0,047	0,022	0,038	-0,053	0,602
Ce	-0,014	-0,023	-0,047	0,860	0,210	0,043
Ce	0,988	0,088	0,028	0,033	-0,009	-0,036
Co	-0,001	0,039	-0,021	0,060	0,470	0,126
Cr	0,009	0,036	-0,068	-0,023	0,234	0,065
Cs	0,078	-0,067	0,495	0,020	0,046	-0,181
Cu	-0,007	0,009	0,083	0,137	0,236	0,058
Eu	0,697	0,078	0,081	0,029	0,250	0,218
Fe	0,061	0,096	-0,220	-0,009	0,717	0,202
Hf	0,413	0,086	-0,160	-0,032	-0,077	-0,021
K	-0,018	0,112	0,731	0,057	-0,108	0,029
La	0,983	0,051	0,010	0,027	-0,030	-0,027
Lu	0,192	0,972	-0,001	0,048	-0,061	0,009
Mg	-0,123	0,038	0,706	0,039	-0,191	0,475
Mn	-0,014	0,033	0,059	0,022	0,368	0,023
Mo	0,012	0,006	-0,023	0,091	0,465	-0,084
Na	0,008	-0,039	0,173	-0,057	-0,271	0,201
Nd	0,919	-0,020	0,042	-0,008	0,036	-0,031
Ni	0,033	0,019	0,126	0,108	0,697	0,000
Pb	0,000	0,143	0,073	0,374	0,062	0,004
Rb	-0,027	-0,030	0,519	0,050	0,003	-0,173
S	0,003	-0,014	0,037	0,440	0,166	0,031
Sb	-0,003	-0,035	-0,095	0,082	0,213	-0,068
Sc	0,060	0,472	-0,020	-0,031	0,237	0,457
Sm	0,945	0,105	0,035	0,005	0,076	0,017
Sn	0,014	-0,051	-0,035	0,608	0,002	0,004
Sr	-0,029	-0,029	0,122	0,083	0,332	0,526
Tb	0,468	0,570	-0,017	0,015	-0,045	0,006
Th	0,563	0,069	-0,028	-0,016	-0,124	-0,047
Ti	-0,039	0,058	-0,095	-0,042	-0,023	0,750
U	0,512	0,160	-0,059	-0,015	-0,036	0,010
V	-0,028	0,028	-0,135	0,075	0,404	0,445
W	0,194	0,008	0,015	0,025	0,068	-0,073
Y	0,163	0,444	0,094	0,084	0,244	0,312
Yb	0,188	0,972	-0,005	0,045	-0,041	0,005
Zn	0,015	-0,028	0,106	0,905	0,203	-0,007
Zr	0,014	-0,047	0,050	0,083	0,796	0,263
Expl. Var.	5,326	2,821	2,557	2,466	4,084	2,432
Prop. Total (%)	12,700	6,700	6,100	5,900	9,700	5,800

Tabla 7-3. Pesos factoriales del A.C.P. sobre análisis de concentrados de batea

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. Los mapas de representación de distribución de los factores score pueden verse en las figuras 7-243 a 7-248.

Del análisis de la estructura elemental de los factores y de los mapas de distribución pueden extraerse las siguientes conclusiones.

#### Factor 1: Ce-La-Sm-Nd-Eu-Th-U-(Hf-Tb-W-Lu-Yb)

Explica el 12,7% de la variabilidad total

Tiene una distribución bastante consistente en cuanto que diferencia claramente a algunas unidades de otras. Pero también presenta muchos valores elevados de los factores score dispersos y de difícil interpretación. Los fondos altos en este factor identifican a los granitos hercínicos peraluminicos y a los granitos precámbricos postcolisionales (Salvatierra y la intrusión dentro de la Serie Negra, ZCBC). Aparecen también agrupaciones de valores elevados en el Devónico inferior (Zona al SE de Puebla de La Reina), en la falla que pone en contacto a los Neises de Azuaga y a la Fm. Azuaga,

#### **Factor litológico**

#### **Factor 2: Yb-Lu-Tb-(Sc-Y)**

Explica el 6,7% de la variabilidad total

Este factor, formado por las tierras raras pesadas se asocia en sus valores más altos con las distintas unidades afectadas por la ZCBC, esto es la Unidad de los Neises de Azuaga, Ortoneises de Ribera del Fresno, Fm. Albariza, la Fm. Azuaga, así como a la Serie Negra, aunque esta última en forma menos definida.

#### **Factor litológico**

#### **Factor 3: Al-K-Mg-Rb-Cs**

Explica el 6,1 % de la variabilidad total.

Factor poco definido por su dispersión en general errática. La única asociación neta la tiene con la Fm. Azuaga. También parece mostrar afinidad, aunque menos definida y en valores más bajos con la Serie Negra, con las rocas volcano-sedimentaria básicas del Carbonífero inferior y con materiales del Ordovícico inferior y del ADL, en la aureola de contacto de los granitos peraluminicos. Dentro de éstos e incluso en el granito postcolisional de Salvatierra se encuentran valores medios a altos. Se manifiesta también en la estructura de SO-NE de Salvatierra.

#### **Factor 4: Cd-Zn-Sn-(S-Pb-Ag)**

Explica el 5,9% de la variabilidad.

Por su estructura y distribución es una asociación indudablemente de mineralización. Agrupa a elementos y rasgos de distribución de mineralizaciones de Pb-Zn y de Sn. Se identifica con el campo filoniano de Azuaga (en el que coincidían anomalías en sedimentos de Pb y de Sn), con áreas mineralizadas dentro de la Fm. Carbonatada, con un área situada al Sur del sigmoide de Carbonífero inferior (mineralización de Ba), con mineralizaciones de Pb-Zn en la ZCBC (Serie Negra), con la mineralización de Puebla de La Reina, cuya respuesta se prolonga en el Devónico inferior hacia el SE, en San Nicolás, y en áreas con indicios de Cu y Pb dentro del granito de Quintana, así como en su encajante oriental (Castuera). La estructura de Salvatierra da también una pequeña respuesta positiva de este factor.

Factor de mineralización.

#### **Factor 5: Zr-Be-Fe-Ni-As-(Co-Mo-V-Mn-Sr-Eu)**

Explica el 9,7% de la variabilidad total.

Este factor es, por su estructura y por su distribución, complejo. La distribución es bastante coherente, mostrando un ajuste bastante definido con algunas unidades geológicas o, mejor dicho, con zonas concretas dentro de estas unidades. Así, puede establecerse una afinidad de sus valores más elevados con la unidad esquistosa del Devónico inferior al SE de Puebla de la Reina y con la Fm. Malcocinado en el propio entorno de dicho yacimiento. Asimismo aparece asociado a la Fm. Carbonatada en el sector mineralizado de Usagre, a un área mineralizada (Cu) dentro de la Serie Detrítica superior al E de Burguillos, a otra área en Carbonífero inferior y Serie Negra, entre los Santos de Maimona y Fuente del Maestre, al sigmoide de Carbonífero inferior en el DOVPR, a la zona de San Nicolás, a la anomalía mineralométrica del N de la zona de estudio, a los encajantes ordovícicos de los granitos de Quintana y Campanario, a una zona al NE de Palomas, en materiales ordovícicos e ígneos básicos. Todos estos ámbitos tienen en común el contener mineralizaciones de sulfuros o contener rocas básicas alteradas. En ambos casos son frecuentes las oxidaciones y frecuentes las acumulaciones de hidróxidos de Fe.

Por otra parte la propia estructura elemental reúne a elementos como el Fe (Mn) con elementos cuya predisposición a la adsorción y coprecipitación con los hidróxidos es bien conocida. Creemos que este **factor es un factor con significado supergénico**, ligado a fenómenos de coprecipitación con hidróxidos de Fe, que lógicamente son particularmente notorios en zonas mineralizadas (o en rocas básicas) parcialmente oxidadas o gossanizadas. Tiene por lo tanto utilidad prospectiva.

**Factor 5: Ti-Ca-Sr-(Mg-Sc-V-Al-Y)**

Explica el 5,8% de la variabilidad

Este factor, que incluye elementos propios de rocas de carácter intermedio o básico se asocia espacialmente, y de forma notablemente coherente, con unidades ígneas de rocas intermedias a básicas (plutones de edad cambro-ordovícica), cuerpos ígneos de tipo arco (Palomas, Valle de la Serena), serie volcanosedimentarias básicas (Carbonífero inferior). También muestra neta asociación con la Fm. Malcocinado y los cuerpos ígneos de Mosquil y La Bomba. Asimismo se asocia con la unidad de los Neises de Azuaga (anfíbolitas) y con el granitoide de Salvatierra. A destacar la respuesta positiva sobre la estructura de Salvatierra.

Aunque los factores creados a partir de los análisis de concentrados de batea no concuerdan totalmente con los definidos en los sedimentos de corriente, son, en términos generales válidos e interpretables. Representan asociaciones que se pueden asimilar a las principales unidades geológicas y a las mineralizaciones de la zona de trabajo. Existen factores comunes a los dos tipos de muestras, cuales son los que integran a las tierras raras. Los restantes factores, aunque diferentes, explican igualmente la variabilidad geológica. El grado de asignación de los factores a las unidades es más preciso en el caso de los sedimentos. Ello está relacionado sin duda con la mayor resolución que aporta la mayor densidad de muestreo y a la consiguiente representatividad espacial de las muestras.

## 8.- SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN GEOQUÍMICA. INTERPRETACIÓN 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

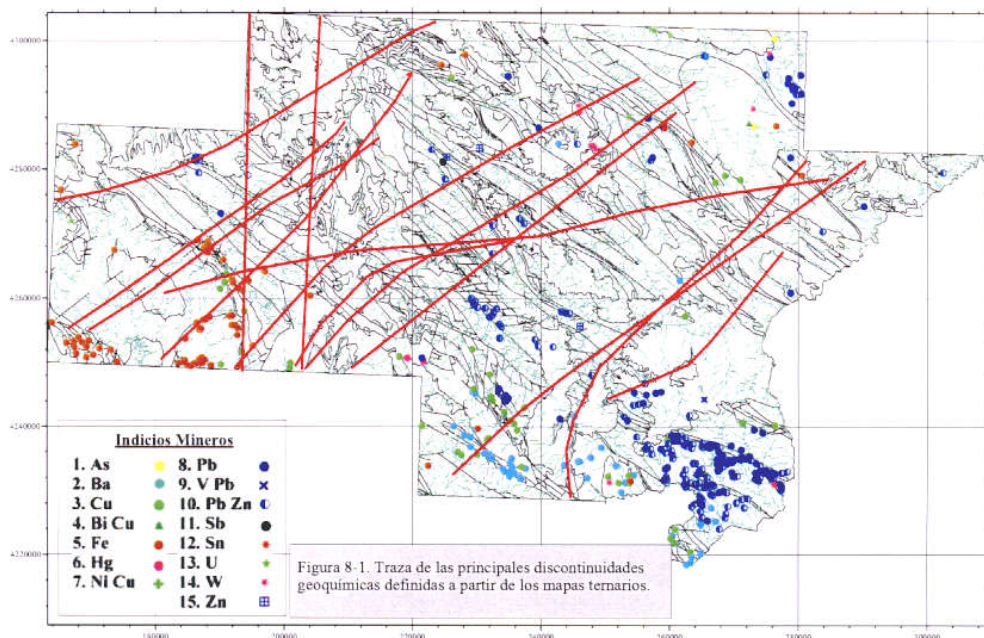
Las principales resultados y conclusiones de este trabajo son de varios tipos:

- 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 precisa caracterización geoquímica 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. 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 Se, lineamientos en relación con la mineralización de San Nicolás, 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 el campo filoniano de Azuaga (Fm. Azuaga y Neises de Azuaga ) sugieren la existencia de una roca granítica en profundidad (Be, Li, Cs). Este hecho explica observaciones previas de otro tipo (blastesis de biotita de metamorfismo de contacto). No hay que confundir estos rasgos geoquímicos con otros extrapolables a toda la Fm. Azuaga o a los Neises de Azuaga (a menudo diferenciando a estas dos unidades) y que, a pesar de su afinidad granítica, pueden estar relacionados con la naturaleza grauváquica o neísica de esos materiales, posiblemente procedentes de rocas ígneas anteriores. La posible presencia de rocas ígneas en profundidad explicaría en gran medida la existencia de una mineralización de wolframio en esa zona y de anomalías amplias de Sn-W.

Situaciones similares pueden presentarse al NE de San Nicolás, sobre el Complejo de Valle de la Serena, donde se presentan firmas ígneas que enlazan el granito subaflorante de dicha mineralización con el granito de Quintana, o en zonas dentro de la ZBC.

### 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 Feria y Burguillos, aparentemente simples desde el punto de vista geoquímico pueden incluir en su firma elementos como el Mo o el Se. La mineralización de San Nicolás traduce 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). La de Puebla de la Reina incorpora, además de los metales base clásicos (Cu, Pb, Zn), a Ag, Ba, Bi, Sb, Ni, Co, S. Incluso las mineralizaciones de Hg, aparentemente también muy simples, se acompañan de respuestas con Sb. 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, menos definidas, pero con una afluencia de rasgos 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 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 **57 zonas anómalas**

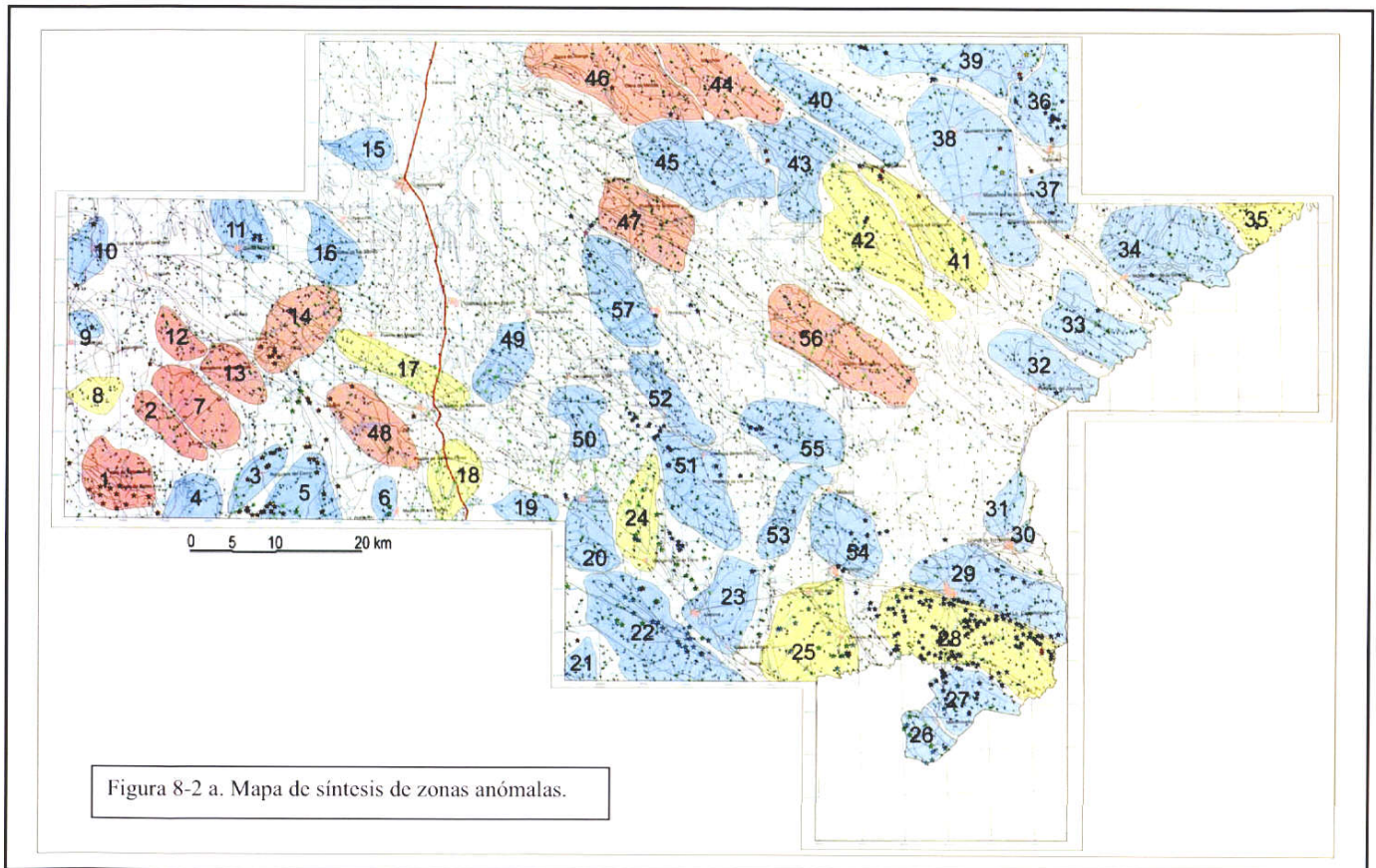


Figura 8-2 a. Mapa de síntesis de zonas anómalas.

- 1.- Au-S-Hg-Cu-Pb-As-Ag-Bi- *Oro-Magnetita-Ilmenita-Hematites-Goethita-Wolframita-Pirita-Au-Cu-Cd-Tierras Raras*
- 2.- Au-Hg-S-Mo-Ni-*Oro-Magnetita-Scheelita-Arsenopirita-Au-Cr-Ta-W-Sn-Th-U-Nd-Sm-Ti*
- 3.- Au-Bi-S-Te- *Cinabrio-Monacita-Magnetita*
- 4.- *Oro-Monacita-Ilmenita-Hematites-Scheelita-Th*
- 5.- Au-Hg-Ba-W-Te-Ir-Cr-Th-Nd-Sm-*Barita-Scheelita-Allanita-Magnetita-Monacita-Ilmenita- Au-W-Cd-Sb-Th-U.*
- 6.- As-Cu-Cd-Ni-Hg- *Malaquita-Pb*
- 7.- Au-Hg-Mo-Sn-Li-U-Th-Nd-Sm-Ce-La-*Scheelita- Arsenopirita-Tantalita-Ta-Th-U-Ti-W*
- 8.- Au-Cu-Mo-*Espodumena-Anatasa- Au-Bi-Eu*
- 9.- Hg-Cu-Co-Ta-Sn-Ir-Fe-*Especularita-Ta*
- 10.- Ir-Ba-Au-Hg-Fe-Eu-*Allanita-Especularita-Ilmenita-Pirita-Ta*
- 11.- Au-S-Pb-Zn-Cu-As-Cd-Bi-*Scheelita-Cd-Pb-Cu-Sb*
- 12.- Au-Bi-Sb-*Especularita-Oro-Scheelita-Monacita-Au-Cd-Tierras raras.*
- 13.- Au-Hg-Sb-Cu-*Magnetita-Oro-Cinabrio-Scheelita-Especularita-Au-Cd-Pb-U.*
- 14.- Au-Sb-S-As-Bi-Ag-Cu-Zn-Hg-Mo-Ta-*Rutilo-Especularita-Cromita-Hematites-Scheelita-Arsenopirita-Pirita-Goethita-Au-Cd-Ba-Mo-Sn-W-As-Co-Cu-Ni-Zn-Th*
- 15.- Au-Hg-Mo.
- 16.- Au-Cu-As-Pb-Ag-Li-*Tantalita-Tierras raras.*
- 17.- Au-Sb-Cd-Ag-Hg-Pb-As-*Casiterita-Mo-Bi-Ag-Cu-Ni-U-Tierras raras*
- 18.- Au-Pb-Hg-*Au-Zn-Cd-Ag-Pb-As-Sb-Ni-Co-Tierras raras (Eu-Lu...)*
- 19.- Pb-Ba-Au-Ir-Hg-Ba-As-Co-*Tierras raras*
- 20.- Au-Sb-Pb-Cu-As-Zn-U-Ba-Hg-*Au-Zn-Ba-Pb-As-Sb-Ir*
- 21.- Cd-*Xenotima-Wolframita-Casiterita-Especularita-Magnetita-Pirita-Ilmenita-Au-W-Mo-Cr-Tierras raras*
- 22.- Au-Ba-Pb-Hg-Mo-Li-S-As-*Cinabrio-Xenotima-Barita-Pirita-Au-Ba-Sb*
- 23.- Au-Ba-Ag-Hg-Pb-Sb-Bi-As-*Oro-Rutilo-Casiterita-Malaquita-Barita-Au-Ba-Pb-Cu-Cr*
- 24.- Pb-As-Sb-Mo-Cu-*Oro-Rutilo-Scheelita-Cinabrio-Pirita-Au-Cu-Hg-Bi-Pb-Tierras raras (Tb...)*
- 25.- Au-Ag-Ba-Cu-Bi-*Scheelita-Barita-Oro-Esfalerita-Monacita-Pirita-Especularita-Espodumena-Ba-S-Ir*
- 26.- Hg-Cu-Bi-Ba-Au-*Ilmenita-Hematites-Barita-Wolframita-Cromita*
- 27.- Pb-Cd-Hg-Ag-Au-*Barita-Zn-Pb-Th-Tierras raras.*
- 28.- Au-Ag-Bi-Sb-Pb-Hg-Cd-Ba-Cu-Li-*Galena-Ilmenita-Oro-Barita-Monacita-Escorias-Au-Pb-Zn-Cd-As-W-Tierras raras (Eu-Nd-Ce-Lu-La...)*
- 29.- Pb-Ag-Sb-Mo-Cd-Bi-*Rutilo-Wolframita-Monacita-Xenotima-Barita-Malaquita- Espodumena-Pirita- W-Ta-Co-Ni-Th-Cr-Tierras raras (Ce-La-Lu-Nd-Eu.)*
- 30.- Pb-Bi-Zn- *Rutilo-Zn-Pb-Ni-Co*
- 31.- Sb-Pb-Ag-Au-*Espodumena-Zn-Au*
- 32.- Pb-S-Hg-Sn-Zn-Cu
- 33.- Cu-Pb-S-Zn-Hg-Cd-*Oro-Scheelita-Cinabrio-Magnetita-Ilmenita-Pirita-Zn-Cd-Cu-Th-U-Tierras Raras..*
- 34.- Pb-Hg-*Magnetita-Barita-Especularita-Zn-Cd-Pb-Cu-S-U-Th.*
- 35.- Pb-Ag-Cu-As-Au-Li-*Oro-Scheelita-Cinabrio-Au-Cu-As-W-U-Th-Tierras raras (Ce-Nd-Lu...)*
- 36.- Au-Pb-Zn-Ag-Bi-Hg-Sb-Cu-As-S-Li-*Oro-Wolframita-Especularita-Galena-Pirita-Casiterita-Au-Zn-Cu-Sb-Pb-W-U-Th-Tierras raras (Ce-La...)*
- 37.- Cu-Bi-As-Hg-*Cinabrio*
- 38.- Au-Mo-Ba-Bi-As-Hg-Ir-U-Th-Li-*Oro-Cinabrio-Barita-Scheelita-Especularita-Monacita- Au-W-Ta-Bi-Zn-Cd-Cu-Sb-U-Tierras raras (Sm-Eu...)*
- 39.- Au-Cu-Bi-Pb-As-Se-Mo-Ta-Li-W-Ta-U-*Tierras raras (La-Nd...)-Oro-Cu-As-Ta-W-U-Th-La-Eu..*
- 40.- Cu-Sb-As-Au-Li-*Tierras raras (La-Nd...)-Goethita-Hematites-Especularita-Cd-Cu-As-S-Mo-Th-La-Eu..*
- 41.- Au-Ag-Cu-Hg-Ba-Bi-As-Sb-Mo-*Cromita-Barita-Oro-Au-Mo-Cd-Cd-Eu..*
- 42.- Au-Ag-Cu-Bi-Pb-Ba-Hg-As-Se-W-Li-Sn- *-W-Ta-As-Mo-S-Te-Th- Ce-La*
- 43.- Au-Zn-Ag-Cu-Bi-Co-Hg-Se-As-W-Sn-Mo-*Barita-Casiterita-Sn-Mo-Bi-W-Cd-Cu-S-Sb-Th-U*
- 44.- S-Mo-Cu-Ba-As-Au-Hg-Co-*Goethita-Hematites-Pirita-W-Ta-As-Cd-S-Cd-Cu-Mo*
- 45.- Sb-S-Ag-Hg-Ba-*Pirita-Pb-As-Th-U*
- 46.- Au-S-Sb-Hg-Cu-Sb-S-As-*Cinabrio-Hg-Sn-Cd-S*
- 47.- Au-Bi-Zn-Hg-Co-Se-Mo-Cd-Ag-*Goethita-As-Cu-Zn-Mo-Cd-Au-Co-Mn-S-Tierras Raras, Th.*
- 48.- Au-Pb-Ag-As-Hg-Cu-*Casiterita-Ni-Zn-Sb-S-Pb-Ba*
- 49.- Au-Bi-Hg-Sn-Ta-*Ilmenita-Especularita-Au-Cu-Ta-Cr-U-Th*
- 50.- Mo-Hg-Pb-Au-Bi-U- *Monacita-Wolframita-Casiterita-Especularita-Ilmenita-Franklinita-Pirita-Au-W-Ta-Cr-Tierras raras(Lu...)*
- 51.-Au-Pb-Mo-Sb-As-*Scheelita-Oro-Magnetita-Rutilo-Franklinita-Ilmenita-Hematites-Fluorita-Wolframita-Casiterita-Au-Pb-Ta-Sn-Th-Tierras raras*
- 52.- Au-Sb-As-Ba-Bi-Hg-Ag-Pb-Zn-U-*Tantalita-Oro-Goethita-Monacita-Zn-Cr*
- 53.- Pb-Ba-Cd-W-Bi-*Wolframita-Xenotima-Cd-Zn-Ti*
- 54.- Pb-Cd-Bi-Au-*Oro-Anatasa-Cd-Zn-Hg-Pb-S-Ag-Tierras raras.*
- 55.- Hg-Ba-Bi-Te-Mo-Au-*Wolframita-Xenotima-Galena-Au-Cd-Pb-Sb-Ba-S-Cu-Tierras raras.*
- 56.- Au-Ag-Bi-Cu-Mn-Co-Ni-Se-Zn-Li-Pb-As-Cu-Zn-Ba-Mo-S-Ag-Au-Cd-Co-Mn-S-Th-Ir
- 57.- Au-Zn-Cd-Hg-Cu-Cd-As-Pb-As-Ba-Mo-Ni-Co

En negro: Elementos anómalos en sedimentos (Ej.: Zn)

En cursiva y negro: Contenidos anómalos de de minerales pesados en mineralometría (Ej.: *Scheelita*)

En azul: Elementos anómalos en análisis de concentrados de minerales pesados (Ej.: Au)

Figura 8-2 b. Leyenda del Mapa de Síntesis de Zonas Anómalas

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.

### **Zonas anómalas que corresponden a zonas mineralizadas ya conocidas**

Estas son las más abundantes en la zona. Las zonas anómalas con gran densidad de mineralizaciones, que ocupan la mayor parte de la zona son las siguientes:

- **Zona 1.- Au-S-Hg-Cu-Pb-As-Ag-Bi- Oro-Magnetita-Ilmenita-hematites-Goethita-Wolframita-Pirita-Au-Cu-Cd-Eu-Lu-La**  
Serie Negra. Fm. Bodonal.  
Contiene varias mineralizaciones de Fe. La presencia de Au anómalo en los tres tipos de análisis, acompañado por elementos como Cu, Cd, S, Ag y Bi, confiere a esta zona un gran interés. Las mineralizaciones de Fe-Cu-Au se han convertido en un objetivo general de exploración. En este caso, una amplia parte de la zona no contiene mineralizaciones de Fe. Esa parte, e incluso la parte mineralizada, tienen interés para conocer la posible existencia de mineralizaciones de Au de otro tipo o ligadas al Fe.  
Interés alto.
- **Zona 3.- Au-Bi-S-Te- Cinabrio-Monacita-Magnetita.**  
Serie Negra. Borde occidental del plutón de Burguillos.  
Mismas consideraciones que para la anterior. La asociación geoquímica en sedimentos es coherente con mineralizaciones auríferas. Pero le falta la consistencia de la anterior por no tener el refrendo de anomalías en minerales pesados.  
Interés medio
- **Zona 5.- Au-Hg-Ba-W-Te-Cr-Th-Nd-Sm-Barita-Scheelita-Allanita-Magnetita-Monacita-Ilmenita- Au-W-Cd-Sb-Th-U.**  
Plutón de Burguillos  
Anomalía consistente, con oro en sedimentos y bateas, acompañado por Ba, W, Hg, elementos de mineralización aurífera. Contexto geológico favorable. Es conocida la existencia de venas de Qz con Au en el plutón de Burguillos (Mapa Metalogenético de Badajoz a escala 1/200.000, 2005). También tiene interés valorar la potencialidad en Au de las concentraciones de Fe.  
Interés alto.
- **Zona 6.- As-Cu-Cd-Ni- Malaquita-Pb**  
Fm. Carbonatada Cámbrica.  
Contiene, en la parte baja de la cuenca, un indicio de Cu  
La asociación anómala es coherente con las mineralizaciones presentes.  
Situación geológica favorable para estas mineralizaciones, de pequeña importancia.  
Interés bajo.
- **Zona 9.- Hg-Cu-Co-Ta-Sn-Fe-Especularita-Ta**  
Plutón cambro-ordovícico de Bancarrota  
Indicio de U en cabecera de cuenca.  
Asociación geoquímica heterogénea, mezcla de elementos de diferentes fuentes, poco coherente. Los contenidos de Ta son bajos. Anomalía débil y poco consistente.  
Interés bajo.
- **Zona 10.- Ba-Au-Hg-Fe-Eu-Allanita-Especularita-Ilmenita-Pirita-Ta**  
Granitoide de Almendral. Terciario.  
Dos mineralizaciones de Fe muy distantes.  
Asociación anómala coherente con posible mineralización aurífera, quizás epitermal  
Anomalía de Au no muy fuerte. Misma consideración que para la zona 2.  
Interés medio.



- **Zona 11.- Au-S-Pb-Cu-As-Cd-Bi-Scheelita-Cd-Pb-Cu-Sb**  
Cuaternario, Terciario y granito hercínico..  
En cabecera de cuenca asociación de antiguas minas de Pb-Zn de Santa Marta.  
La asociación geoquímica es coherente con mineralizaciones existentes, de las cuales constituye la respuesta. Llamativa aunque no extraña la anomalía bastante intensa de Au.  
Interés bajo.
- **Zona 14.- Au-Sb-S-As-Hg-Mo-Rutilo-Especlarita-Cromita-Hematites-Scheelita-Arsenopirita-Pirita-Goethita-Au-Cd-Ba-Mo-Sn-W**  
Serie Detrítica superior, Complejo volcanosedimentario cámbrico, Carbonífero inferior, Serie Negra, Fm. Malcocinado, Fm. Azuaga, Neises de Azuga. Situada sobre estructura NE-SO de Salvatierra.  
Indicios de Fe en la cabecera, indicio de Pb-Zn.  
Esta zona enlaza con la nº 16.  
Anomalía intensa y consistente, con Au, arsenopirita, scheelita y otros elementos coherentes con mineralización aurífera epitermal. Geoquímicamente se sitúa en ambiente plutónico (posibles intrusiones subaflorescentes).  
Interés alto.
- **Zona 16.- Au-Cu-As-Pb-Ag-Li-Tantalita-Tierras raras.**  
Neises de Azuaga, Serie Negra. Zona de debilidad NE-SO de Salvatierra.  
Un indicio de Zn-Pb  
Signatura mixta de mineralización de Pb-Zn y granítica o de mineralización granítica.  
Anomalía no muy intensa.  
Interés medio.
- **Zona 19.- Pb-Ba-Au-Hg-Ba-Tierras raras**  
Terciario. Formación Carbonatada.  
Indicios (3) de Cu, Pb-Zn y Hg en la cabecera de la cuenca.  
Anomalía coherente aunque no intensa y falta de mayor consistencia (minerales pesados)  
Interés bajo.
- **Zona 24.- Sb-Mo-Cu-Oro-Rutilo-Scheelita-Cinabrio-Pirita-Au-Hg-Bi-Pb-Tierras raras (Tb,...)**  
Fm. Malcocinado, Serie Negra, rocas básicas de Mosquil.  
Contiene varios indicios de Cu en la cabecera.  
Anomalía compleja con elementos de signatura epitermal. Anomalía de Au consistente, asociadas a las mineralizaciones de Au o complementarias. Posible signatura ígnea.  
Interés medio a alto.
- **Zona 25.- Au-Ag-Ba-Cu-Bi-Scheelita-Barita-Oro-Esfalerita-Monacita-Pirita**  
Granitoide de Ahillones y encajante de Fm. Malcocinado.  
Contiene numerosos indicios de Cu y Ba.  
Anomalía bastante intensa y coherente cuyo interés se refuerza por contener oro en dos tipos de soporte diferente, complementado por paragénesis epitermal. Contexto geológico favorable. Puede ser interesante revisar su interés.  
Interés medio a alto
- **Zona 26.- Hg-Cu-Bi-Ba-Au-Ilmenita-Hematites-Barita-Wolframita-Cromita**  
Fm Carbonatada, Serie Detrítica inferior, Fm. Malcocinado, Rocas ígneas de La Bomba. En una extensión reducida, varios indicios de Cu y Ba.  
Signatura de mineralización mezclada con signatura de rocas básicas. Anomalía poco intensa en Au. Contexto favorable para mineralizaciones epitermales pero las numerosas pequeñas mineralizaciones existentes le quitan interés.  
Interés bajo.

- Zona 27.- Pb-Cd-Hg-Ag-Au-Barita-Zn-Pb-Th-Tierras raras.**  
 Banda Sur del Fm. Azuaga en el campo filoniano de Azuaga  
 Muy numerosas mineralizaciones de Zn-Pb y accesorias de Ba.  
 Signatura clásica de mineralizaciones de Pb-Zn, con incorporación de Au accesorio. Hay sobreimpuesta una signatura plutónica poco desarrollada.  
 Interés bajo.
- Zona 28.- Au-Ag-Sb-Pb-Hg-Cd-Ba-Cu-Li-Galena-Ilmenita-Oro-Monacita-Escorias-Au-Pb-Zn-Cd-As-W-Tierras raras (Eu-Nd-Ce-Lu-La..)**  
 Fm. Azuaga, banda Norte, separada de la Sur por cizalla.  
 Muy numerosas antiguas minas de Pb-Zn. 2 indicios de W.  
 Anomalía coherente y compleja. Signatura de mineralizaciones de Pb-Zn y, sobreimpuesta, signatura plutónica y de mineralizaciones de filiación granítica (W). Anomalía de Au consistente, bastante intensa y completa (en todos los medios de muestreo y análisis). Su interés puede estar en el Au, y la posibilidad de mineralizaciones independientes.  
 Interés medio a alto.
- Zona 29. - Pb-Sb-Mo-Cd-Bi-Rutilo-Wolframita-Monacita-Xenotima-Malaquita-Espodumena-Pirita- W-Ta-Co-Ni-Th-Cr-Tierras raras (Ce-La-Lu-Nd-Eu.)**  
 Unidad de Neises de Azuaga (y anfibolitas de Las Mesas)  
 Numerosas mineralizaciones de Zn-Pb.  
 Anomalía compleja resultante de la superposición de signatura rocas básicas (anfibolitas), graníticas y mineralizaciones asociadas (R.E.E., espodumena, xenotima, wolframita, rutilo) y de mineralización de tipo BPGC.  
 Interés bajo
- Zona 32.- Pb-S-Hg-Sn-Zn-Cu**  
 Ordovícico inferior, Carbonífero inferior y Terciario  
 Una mineralización de Pb-Zn en la base de la cuenca, con difícil aporte a la red hidrográfica.  
 Signatura coherente de mineralización BPGC. Anomalía de Sn débil. Dado el tipo de mineralización esperable no es un objetivo prioritario.  
 Interés bajo
- Zona 33.- Cu-Pb-S-Hg-Cd-Oro-Scheelita-Cinabrio-Magnetita-Ilmenita-Pirita-Zn-Cd-Cu-Th-U-Tierras Raras..**  
 Carbonífero inferior, Devónico inferior. Proximidad al cuerpo granítico de Quintana.  
 Un indicio de Pb-Zn en una parte marginal de la cuenca de drenaje.  
 Superposición de dos signaturas de mineralización hidrotermal, una de tipo BPGC, coherente con la mineralización existente, la otra (oro, scheelita) de posible filiación granítica. Hay también signatura de rocas graníticas (Th, U, R.EE.)  
 Interés medio.
- Zona 34.- Pb-Magnetita-Barita-Especularita-Zn-Cd-Pb-Cu-S**  
 Granito peralcalino, prolongación del de Quintana hacia el E. Carbonífero inferior.  
 Contiene una mineralización de Pb, bastante marginal en una cuenca grande.  
 Anomalía bastante completa e intensa y muy coherente con mineralizaciones de tipo BPGC.  
 Interés medio
- Zona 35.- Pb-Ag-Cu-As-Au-Li-Oro-Scheelita-Cinabrio-Au-Cu-As-W-U-Th-Tierras raras (Ce-Nd-Lu..)**  
 Carbonífero inferior y Terciario. Aureola de metamorfismo de contacto del granito peralcalino de Quintana.  
 Contiene una mineralización de Pb-Zn.  
 Anomalía compleja, fruto de la superposición de dos signaturas de mineralización, una de tipo BPGC, y otra de filiación hidrotermal posiblemente granítica (W, As, Li, Scheelita, Au). Fondo rocas ígneas graníticas (Ce, La, Nd..). La presencia de Au no es casual y su anomalía fuerte.

Dada la amplitud de la cuenca puede ser de interés localizar las posibles mineralizaciones con Au.

Interés medio a alto.

- **Zona 36.- Au-Pb-Sb-Cu-As-S-Li-Oro-Wolframita-Especularita-Galena-Pirita-Casiterita-Au-Zn-Cu-Sb-Pb-W-U-Th-Tierras raras (Ce-La..)**  
Rocas pelíticas del DLA, en la zona de contacto de los granitos de Campanario y Quintana. Numerosos indicios mineros de Pb-Zn del distrito de Castuela.  
Anomalía compleja, mezcla de dos firmas de mineralización y una firma granítica. Es similar a la anomalía anterior.  
Interés medio.
- **Zona 37.- Cu-Bi-As-Hg-Cinabrio**  
Granito de Quintana, esquistos del DLA, Terciario.  
Un indicio de Pb-Zn.  
Anomalía con firma coherente de tipo BPGC.  
Interés bajo.
- **Zona 38.- Au-Mo-Ba-Bi-Hg-Oro-Cinabrio-Barita-Scheelita-Especularita-Monacita- Au-W-Ta-Bi-Zn-Cd-Cu-Sb-Tierras raras (Sm-Eu..)**  
Granito peralcalino de Quintana, con varias facies de intermedias a ácidas.  
3 indicios de mineralización (As, Cu, W-Sn)  
Anomalía compleja y bastante coherente, con firma de mineralización hidrotermal de filiación granítica sobre impuesta a firma de rocas graníticas peralcalinas.  
Interés bajo a medio
- **Zona 39.- Au-Cu-Bi-Pb-As-Se-Mo-Ta-Li-W-Ta-U-Tierras raras (La-Nd..)-Oro-Cu-As-Ta-W-U-Th-La-Eu.**  
Granito peralcalino de Campanario y rocas encajantes del Ordovícico medio.  
4 indicios, de W-Sn (1) y de Pb-Zn (2).  
Anomalía intensa y compleja, con firma hidrotermal polimetálica, posiblemente similar a la de San Nicolás, sobre firma granítica.  
Interés medio
- **Zona 41.- Hg-Ba-Bi-As-Cromita-Barita-Oro-Au-Mo-Eu.**  
Rocas intrusivas ácidas a básicas del complejo ígneo de tipo arco de Valle de La Serena, Devónico medio, Ordovícico inferior. Situada sobre lineamiento SO-NE que pasa por San Nicolás.  
Varios indicios de W-Sn, Pb-Zn y Cu.  
Anomalía compleja por superposición de firmas, muy cortas pero diferentes (firmas de rocas básicas, de rocas graníticas y de mineralización epitermal posiblemente de filiación granítica y similar a la de San Nicolás). Fuerte participación del Au.  
Interés medio a alto.
- **Zona 42.- Pb-Ba-Hg-As-Se-W-Li-Sn-Ce-La-W-Ta-As-Th**  
Devónico inferior.  
2 indicios de Pb-Zn  
Anomalía que consta de dos firmas de mineralización, una de tipo BPGC, muy corta, y otra hidrotermal de filiación granítica, más importante. Firma litológica granítica. Podría tener interés por reflejar una componente granítica que puede estar relacionada con granitos subaflorescentes. (tipo San Nicolás).  
Interés medio a alto.
- **Zona 43.- Au-Zn-Ag-Cu-Bi-Hg-Se-As-W-Sn-Mo-Barita-Casiterita-Sn-Mo-Bi-W-Cd-Cu-Sb-Th-U**  
Ordovícico inferior, Devónico inferior, Terciario.  
Dos indicios de W-Sn.

Anomalía con signatura muy completa y coherente de tipo hidrotermal granítico. Posible relación con cuerpo intrusivo subaflorante.  
Interés medio.

- **Zona 45.- Sb-S-Ag-Hg-Ba-Pirita-Pb-As-Th-U**  
Devónico inferior, rocas básicas próximas al Complejo de La Paloma.  
Un indicio de Zn- Pb En el área definida por esta zona anómala aparece también una muestra de roca (ver capítulo 4) con contenido de 0,8% de Sb (muestra 779, coordenadas X: 240575, Y: 4287480)  
Signatura de mineralización, probablemente, de tipo BPGC.  
Interés bajo a medio.
- **Zona 46.- Au-Sb-Hg-Cu-S-As-Cinabrio-Hg-Sn**  
Rocas básicas de La Paloma, Fm. Malcocinado, Serie Negra.  
Un indicio de Fe y otro de Pb.Zn.  
Anomalía coherente de tipo epitermal, con Au.  
Contexto geológico favorable.  
Interés medio a alto.
- **Zona 47.- Au-Bi-Hg-Sc-Mo-Cd-Ag-Goethita-As-Cu-Zn-Cd-Au-Tierras Raras (Eu,..)**  
Fm. Malcocinado, Devónico inferior  
Mineralización volcano-sedimentaria de Zn-Cu-Pb de Puebla de La Reina.  
Anomalía amplia espacialmente y coherente desde el punto de vista geoquímica. Presencia de zonas gossanizadas (goethita). Hay una signatura esbozada de rocas ígneas. La anomalía trasciende de la Fm. Malcocinado aguas arriba y se extiende por el Devónico inferior.  
Interés alto.
- **Zona 51.- Au-Mo-Sb-As-Scheelita-Oro-Magnetita-Rutilo-Franklinita-Ilmenita-Hematites-Fluorita-Au-Pb-Ta-Sn-Th-Tierras raras**  
Unidad de Neises de Azuaga, Fm. Azuaga, Ortoneises de Ribera del Fresno. ZCBC.  
Muy numerosos indicios de Pb-Zn.  
Anomalía con superposición de signaturas de mineralización de Pb-Zn y, sobre todo de mineralización epitermal de oro. Signatura litológica granítica (Ortoneises de Ribera del Fresno?)  
Interés por la posibilidad de mineralizaciones diferentes de las de PB.  
Interés medio-alto.
- **Zona 53.- Pb-Ba-Cd-W-Wolframita-Xenotima-Cd-Zn**  
Carbonífero inferior, Fm. Albariza, Neises de Azuaga. ZCBC  
Un indicio de Pb-Zn.  
Superposición de dos signaturas en la anomalía, una de tipo BPGC y otra granítica o de mineralización de filiación granítica  
Interés bajo.
- **Zona 54.- Pb-Cd-Bi-Au-Oro-Anatasa-Cd-Zn-Hg-Pb-S-Ag-Tierras raras**  
Fm. Albariza, Neises de Azuaga  
Indicios de Pb-Zn de la zona de Berlanga.  
Asociación anómala con signatura BPGC, pero con el añadido de una muy fuerte y coherente anomalía de Au, superimpuesta o no.  
Interés bajo a medio.
- **Zona 55.- Hg-Ba-Te-Mo-Au-Wolframita-Xenotima-Galena-Au-Cd-Pb-Sb-Ba-S-Cu-Tierras raras.**  
Carbonífero inferior, Fm. Albariza, Fm. Azuaga, ZCBC.  
2 indicios de Pb-Zn

La signatura epitermal se pone de manifiesto en los sedimentos de corriente mientras que en minerales pesados parece haber una componente de tipo BPGC. La anomalía de Au es coherente e importante. El contexto geológico es interesante.

Interés medio.

- **Zona 56.- Au-Ag-Bi-Cu-Pb-As-Cu-Zn-Ba-Mo-S-Ag-Au**

Devónico inferior.

Un indicio de Cu en un extremo de una amplia zona anómala.

La anomalía es amplia desde el punto de vista espacial. Geoquímicamente es muy coherente.

Tiene una signatura de mineralización volcano-sedimentaria de sulfuros masivos. Coincide con fondos elevados de Ni en sedimentos. Está casi en continuidad con la anomalía de Puebla de la Reina, que también trasciende al Devónico superior.

Interés alto.

### Zonas anómalas sin mineralizaciones conocidas

Los rasgos y valoración de estas anomalías son los siguientes:

- **Zonas 2 y 7- Au-Hg-S-Mo-Ni-Oro-Magnetita-Scheelita-Arsenopirita-Au-Cr-Ta-W-Sn-Th-U-Nd-Sm y Mo-Sn-Li-U-Th-Nd-Sm-Ce-La-Scheelita**

Serie Negra y granitoide de Salvatierra. La nº2 corresponde al encajante inmediato al S del intrusivo y la nº7 se sitúa dentro de él. Esta zona está afectada por una discontinuidad geoquímica que puede corresponder a una estructura importante. La anomalía de la zona externa es más rica y propia de una mineralización epitermal. Destaca en ella la fuerte anomalía de Au, que se repite en los tres tipos de análisis. En los dos casos se superpone una signatura de filiación plutónica ácida a intermedia.

Interés alto.

- **Zona 4.- Oro-Monacita-Ilmenita-Hematites-Scheelita-Th**

Granitoide hercínico de Brovales.

Anomalía casi exclusivamente mineralométrica. Signatura hidrotermal (epitermal) de filiación granítica).

Interés medio a alto.

- **Zona 8.- Au-Cu-Mo-Espodumena-Anatasa- Au-Bi-Eu**

Serie Negra.

Anomalía con signatura clara de mineralización epitermal, intensa y coherente, apareciendo el Au en dos tipos de análisis. Contexto geológico interesante por el tipo de granitoide.

Interés medio a alto.

- **Zonas 12 y 13.- Au-Bi-Sb-Especularita-Oro-Scheelita-Monacita-Au-Cd-Tierras raras.(12) Au-Hg-Sb-Magnetita-Oro-Cinabrio-Scheelita-Au-Cd-Pb-U.**

Las dos están situadas en el mismo contexto, la Serie Negra, en la zona de influencia (aureola de contacto) del intrusivo de Salvatierra.

Anomalías muy similares y fuertes, muy coherentes. Signaturas epitermales con Au y signaturas litológicas apenas esbozadas, con una cierta asociación ígnea.

Interés alto.

- **Zona 15.- Au-Hg.**

Granitoide cambro-ordovícico, Fm. Albariza, Terciario.

Anomalía clara aunque con signatura reducida.

Interés medio.

- **Zona 17.- Au-Sb-Cd-Hg-Pb-As-Casiterita-Mo-Bi-Ag-Cu-Ni-U-Tierras raras**

Fm. Malcocinado. Serie Negra.

Anomalía con signatura epitermal y otra signatura superpuesta de carácter ígneo. La anomalía no es tan consistente como las anteriores, aunque el contexto geológico es positivo.

Interés medio-alto

- Zona 18.- Au-Pb-Hg-Au-Zn-Cd-Ag-Pb-As-Sb-Ni-Co-Tierras raras (Eu-Lu,...)**  
 Serie Detrítica inferior y Terciario.  
 Anomalía con signatura coherente y fuerte. Signatura de mineralización epitermal. Contexto favorable.  
 Interés medio a alto
- Zona 20.- Au-Sb-Pb-Cu-Ba-Hg-Au-Zn-Ba-Pb-As-Sb**  
 Formación Carbonatada, Carbonífero inferior, Serie Detrítica superior.  
 Anomalía con signatura muy coherente, sin asociación estrecha con rocas graníticas y signaturas derivadas.  
 Interés medio a alto.
- Zonas 30 y 31.- Pb-Bi-Zn-Casiterita-Wolframita-Espodumena-Rutilo-Zn-Pb-Ni-Co (30) y Sb-Pb-Ag-Au-Casiterita-Wolframita-Especcularita- Zn-Au.**  
 Mioceno, muy próximo a la unidad de Neises de Azuaga y ortoneises de Las Minillas.  
 Anomalías muy reducidas desde el punto de vista espacial y que provienen en gran parte de la Unidad de los Neises de Azuaga. Superposición de dos signaturas como ocurre dentro del distrito de Azuaga.  
 Interés bajo a medio.
- Zona 44.- S-Mo-Cu-Ba-As-Au-Goethita-Hematites-Pirita-W-Ta-As-Cd-S**  
 Devónico inferior, Serie Negra, Terciario  
 Anomalía con signatura que podría ser de tipo epitermal o Sedex. Los minerales pesados ponen de manifiesto una gran abundancia de óxidos de hierro que podrían provenir de la alteración de sulfuros. Destaca la anomalía de S junto a los otros elementos. Anomalía amplia.  
 Interés medio a alto.
- Zona 46.- Au-Sb-Hg-Cu-Sb-S-As-Cinabrio-Barita-Hematites-Hg-Sn**  
 Terciario, Serie Negra, Devónico inferior  
 Contexto y anomalía, similares a los de la anterior, aunque difieran en algunos elementos.  
 Anomalía amplia espacialmente.  
 Interés medio a alto
- Zona 48.- Au-Sb-Pb-Ag-As-Casiterita- As-S-Pb-Sb**  
 Fm. Carbonatada, Complejo volcanosedimentario cámbrico.  
 Contexto geológico favorable. Anomalía coherente.  
 Interés medio a alto
- Zona 49.- Au-Hg-Sn-Ta-Ilmenita-Especcularita-Au-Cu-Ta-Cr-U-Th**  
 Serie Negra, Fm. Malcocinado, Carbonífero inferior, Fm. Azuaga, Rocas básicas de Mosquil.  
 Anomalía de significado ambigua por corresponder sin duda a superposición de signaturas, hecho lógico habida cuenta de la complejidad litológica de la zona (signaturas graníticas, básicas y de mineralización, epitermal y/o hidrotermal granítica de más temperatura).  
 Interés medio.
- Zona 50.- Mo-Hg-Pb-Au- Monacita-Wolframita-Ilmenita-Franklinita-Pirita-Au-W-Ta-Cr-Tierras raras (Lu...)**  
 Cuerpo intrusivo básico de Mosquil, Fm. Malcocinado  
 Anomalía con signatura compleja, en parte de carácter epitermal, en parte de tipo BPGC, con una signatura de fondo ígnea (básica, en relación con Mosquil, y ácida). La anomalía es intensa y reúne a varios elementos bien complementarios.  
 Interés medio
- Zona 52.- Au-Sb-As-Ba-Hg-Ag-Pb-Zn-U-Tantalita-Oro-Goethita-Monacita-Zn-Cr**  
 Neises de Azuaga, Fm. Albariza. Hay un indicio de Cu relativamente cercano, en la misma cuenca.

Asociación geoquímica muy completa y con gran peso del Au. Contexto interesante.. Signatura geoquímica de fondo con filiación ígnea  
Interés medio

- **Zona 57.- Zn-Cd-Cu-Cd-As-Pb-Ba-Mo-Ni-Co**  
ZCBC. Carbonífero inferior, Fm. Albariza, Unidad de Neises de Azuaya, en la ZCBC  
Contiene un pequeño indicio de Cu en el borde de la cuenca, que es amplia.  
Anomalía con signatura de metales base, posiblemente ligados a mineralización volcanosedimentaria, por la inclusión en ella de Ni-Co  
Interés medio-alto

En función de los comentarios de cada anomalía y de su valoración se han seleccionado un grupo de anomalías consideradas como las de más interés prospectivo, ordenadas de mayor a menor valoración.

### Zonas anómalas seleccionadas por su interés prospectivo

Las principales zonas con interés prospectivo son las siguientes:

- **Zona 1, Zona 14, Zona 2, Zona 7, Zona 12, Zona 13**  
Todas estas zonas están situadas en la **Serie Negra y plutones de granitoides** en torno al granitoide de Salvatierra, así como en la periferia de este afloramiento. Toda esta zona debería ser prospectada para Au, aunque las zonas mencionadas parecen las más interesantes. Las anomalías de oro en los diversos medios de muestreo son fuertes. Aparecen frecuentemente asociadas a anomalías, aunque débiles, de Cu y Fe. Ello pone de manifiesto una posibilidad de mineralizaciones de Au en relación con Fe y Cu que constituyen actualmente un foco de gran interés. Las propias mineralizaciones de Fe deberían ser controladas desde el punto de vista de sus contenidos en Au.  
  
La posibilidad de enriquecimientos de Au en estructuras tectónicas que afectan a la Serie Negra debe ser contemplada. Todo ese entorno parece tener una preconcentración de este metal y la búsqueda y localización de estructuras que hayan podido canalizarlo y concentrarlo (estructuras de cizalla, por ejemplo) puede llevar a la definición de objetivos concretos de exploración. Un ejemplo significativo puede ser la estructura NE-SO de Salvatierra, sobre la que se ubican fuertes anomalías polimetálicas sobre diversas unidades estratigráficas, pero siempre en relación espacial con materiales de la Serie Negra.
- **Zona 47, Zona 56, Zona 44, Zona 46, Zona 47.**  
Estas anomalías tienen interés por el hecho de existir una mineralización conocida (Puebla de La Reina) que tiene signaturas geoquímicas similares a las que aparecen en las anomalías definidas. La mayor parte de estas áreas anómalas se sitúan sobre materiales metasedimentarios del Devónico inferior-medio (eventualmente, Ordovícico). El hecho de que existan pequeños indicios de mineralizaciones estratoides de metales base en el Devónico (ver capítulo 2.6.- Marco Metalogenético) no hace sino potenciar el interés de estas áreas en las que hay posibilidades de mineralizaciones estratoides de metales base.
- **Zona 24, Zona 25, Zona 28, Zona 35, Zona 41, Zona 42, Zona 8, Zona 17, Zona 18, Zona 48**  
Estas otras áreas anómalas están definidas a partir de anomalías intensas y complejas cuyo interés es innegable, aunque no presentan una coherencia tan clara como las anteriores. Podrían estar en relación con mineralizaciones hidrotermales (epitermales o exhalativas, como en el caso de la 48).

Las restantes anomalías, y más concretamente todas aquellas relacionadas con unidades como la Fm. Malcocinado, en el entorno de la ZCBC pueden estar en relación con estructuras mineralizadas ya conocidas o, en cualquier caso de pequeñas dimensiones.

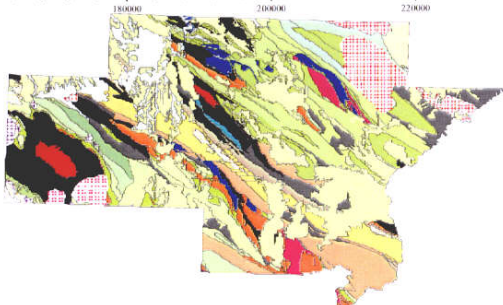
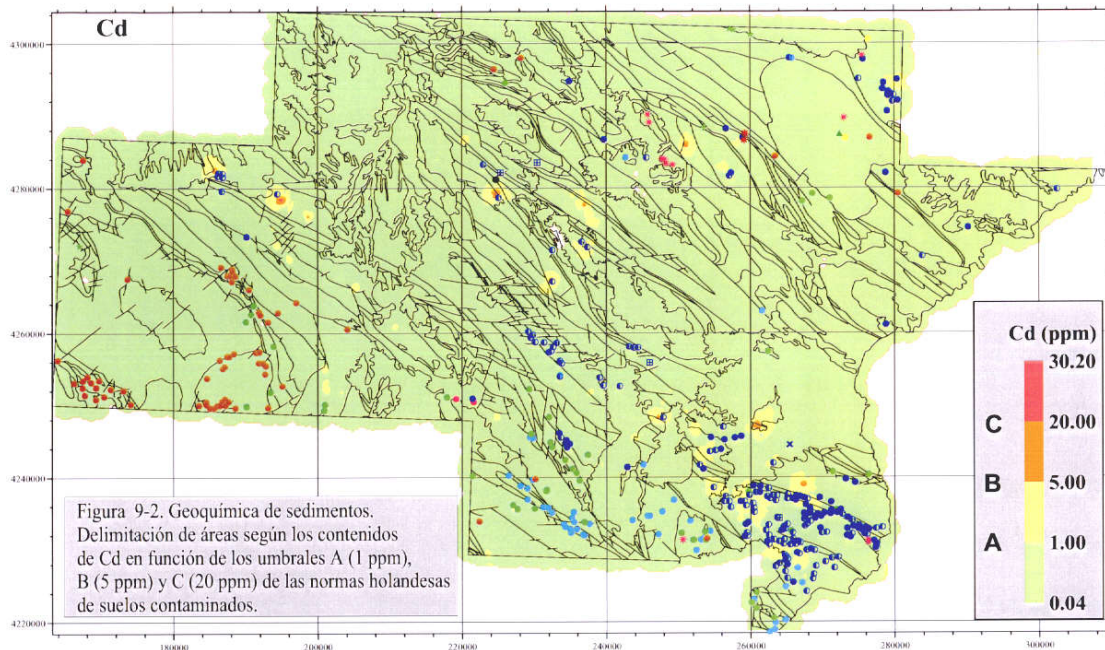
## 9.- CONSIDERACIONES MEDIO AMBIENTALES

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 un mundo con cada vez un mayor vocación de preservación del medio natural, y en una región bastante poblada, con una importante actividad ganadera y con un medio natural diverso y valorado.

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, 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. Debe insistirse en el carácter de **aproximación** al problema que representa este análisis, 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.

Dadas las características del área de trabajo, en la que no se desarrollan actividades industriales importantes y con escasa densidad de población en gran parte de ella, 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 estudio o intervención, salvo ocasionalmente y a escala local, en zonas metalogénicamente especializadas (caso del **As**) o de antigua minería intensiva (caso del Pb en Castuera y el distrito de Azuaga). Sólo algunos elementos como **Se** y **Sb** exceden en amplias zonas de algunos de estos límites normativos. 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 con rasgos geoquímicos naturales. De hecho las zonas definidas en las figuras mencionadas muestran un 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.





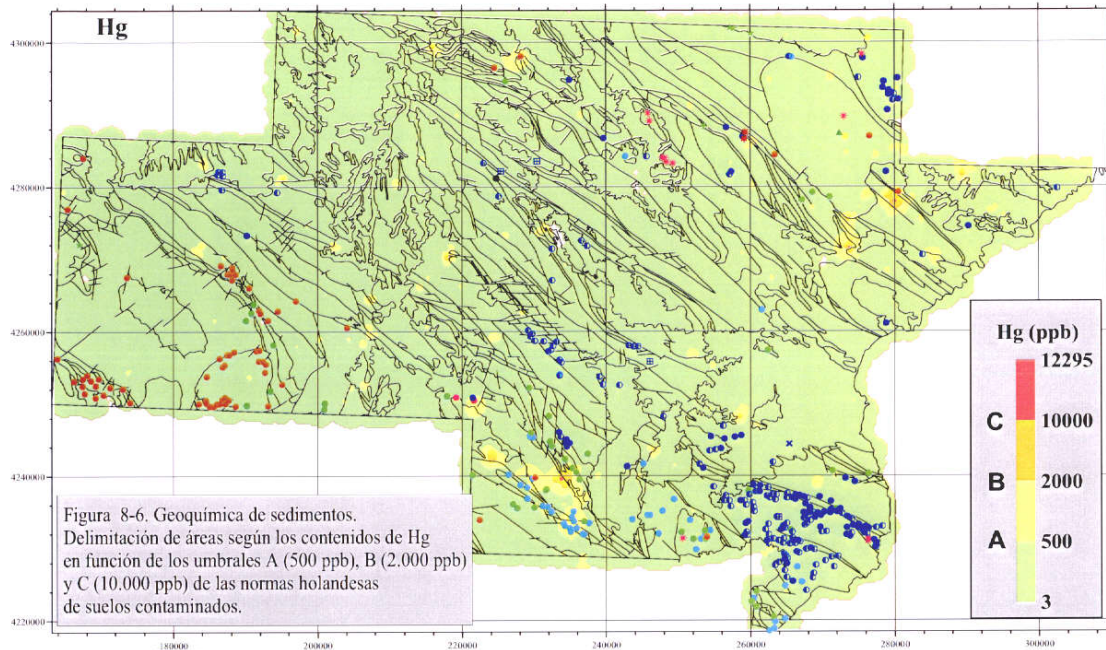
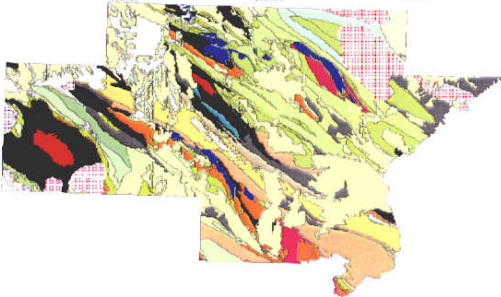


Figura 8-6. Geoquímica de sedimentos. Delimitación de áreas según los contenidos de Hg en función de los umbrales A (500 ppb), B (2.000 ppb) y C (10.000 ppb) de las normas holandesas de suelos contaminados.



**Indicios Mineros**

1. As	●	8. Pb	●
2. Ba	●	9. V Pb	×
3. Cu	●	10. Pb Zn	○
4. Bi Cu	▲	11. Sb	●
5. Fe	●	12. Sn	●
6. Hg	●	13. U	●
7. Ni Cu	●	14. W	●
		15. Zn	■

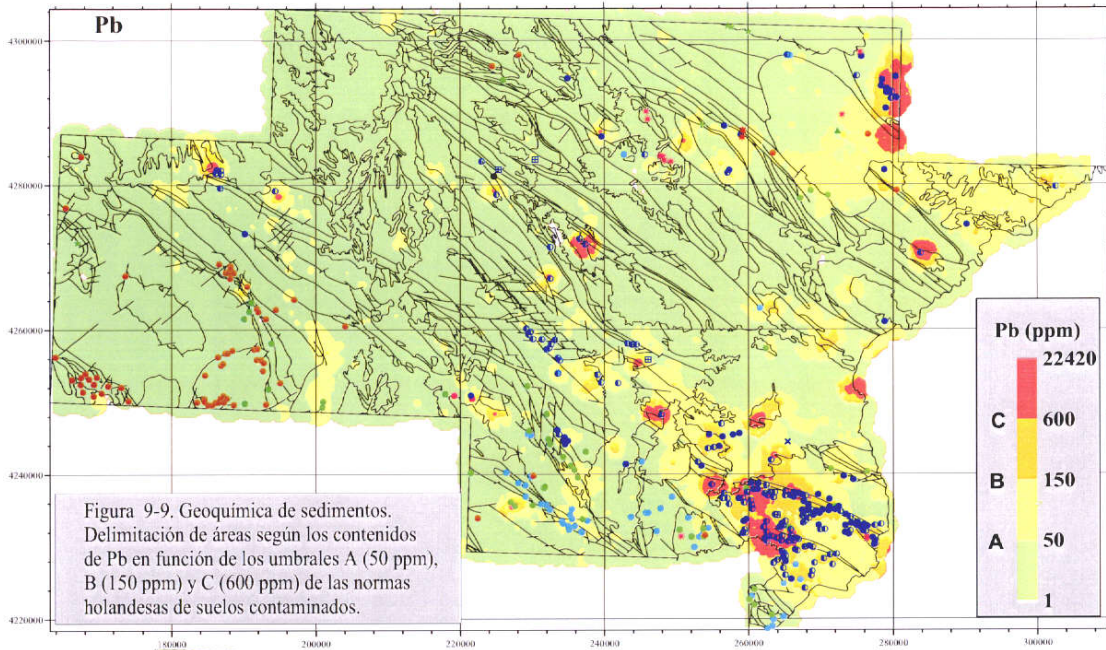
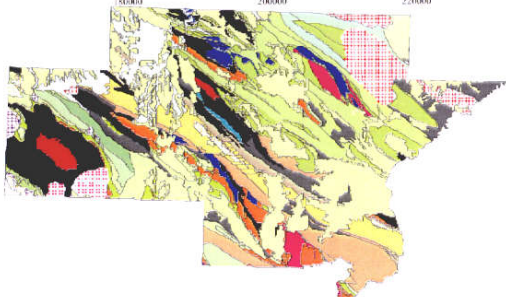


Figura 9-9. Geoquímica de sedimentos. Delimitación de áreas según los contenidos de Pb en función de los umbrales A (50 ppm), B (150 ppm) y C (600 ppm) de las normas holandesas de suelos contaminados.



Indicios Mineros			
1. As	●	8. Pb	●
2. Ba	●	9. V Pb	×
3. Cu	●	10. Pb Zn	●
4. Bi Cu	▲	11. Sb	●
5. Fe	●	12. Sn	●
6. Hg	●	13. U	●
7. Ni Cu	+	14. W	●
		15. Zn	■

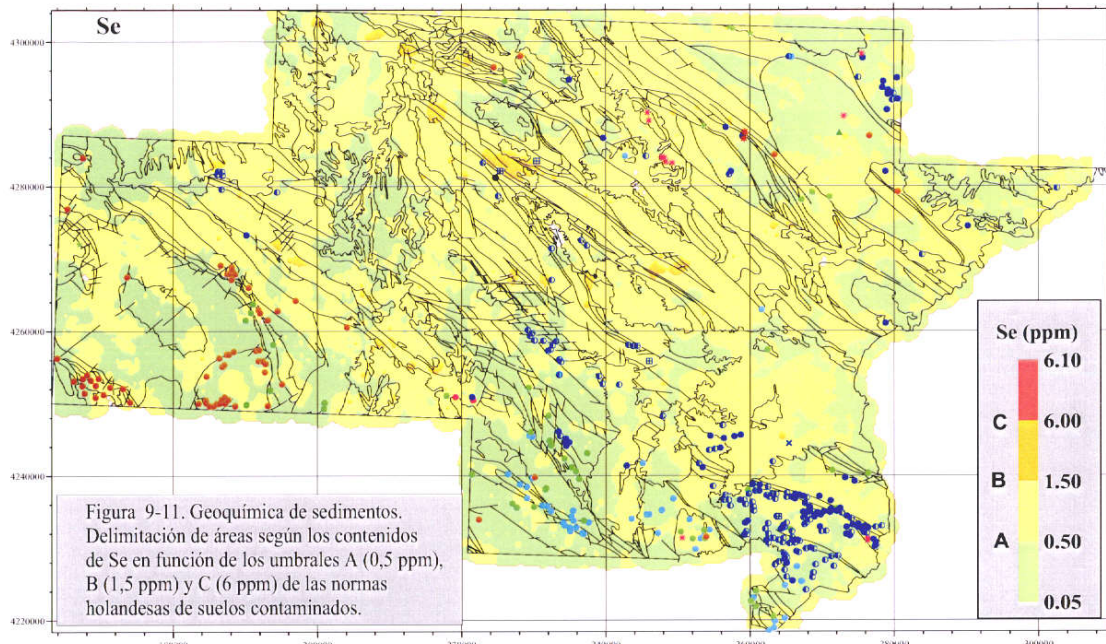
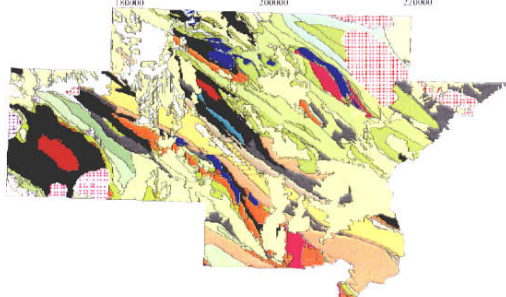
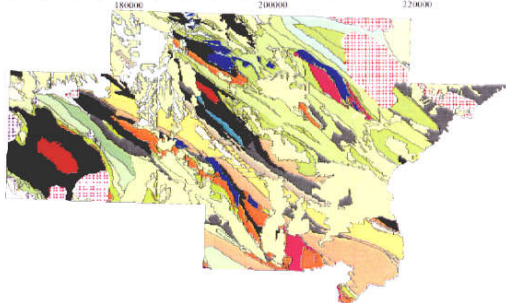
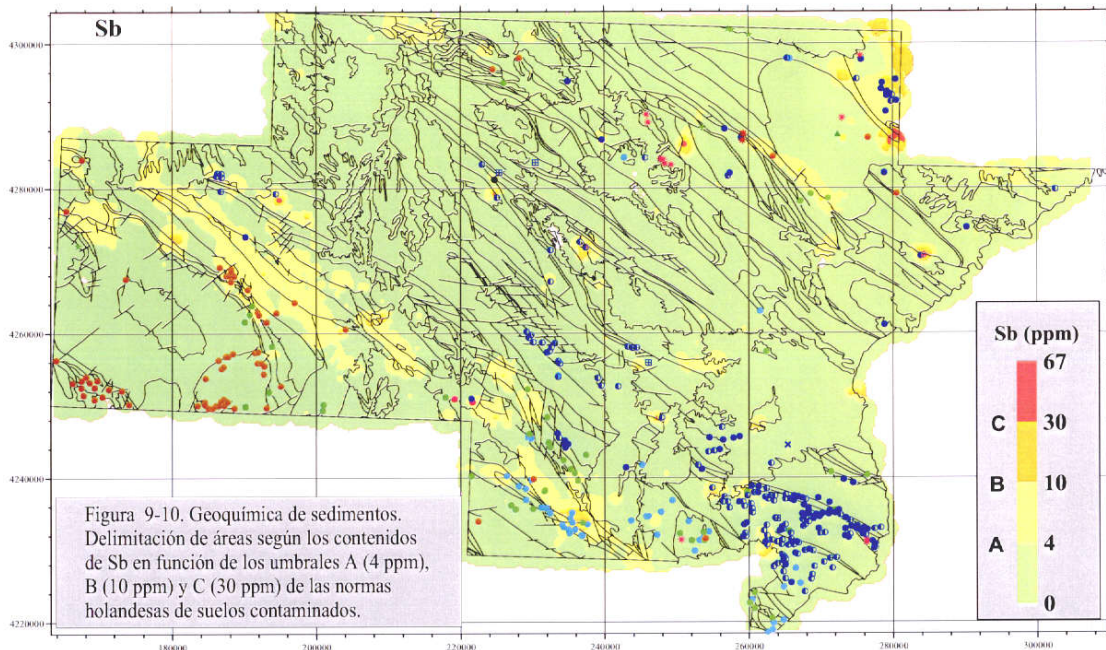


Figura 9-11. Geoquímica de sedimentos. Delimitación de áreas según los contenidos de Se en función de los umbrales A (0,5 ppm), B (1,5 ppm) y C (6 ppm) de las normas holandesas de suelos contaminados.



**Indicios Mineros**

1. As	●	8. Pb	●
2. Ba	●	9. V Pb	×
3. Cu	●	10. Pb Zn	○
4. Bi Cu	▲	11. Sb	●
5. Fe	●	12. Sn	●
6. Hg	●	13. U	●
7. Ni Cu	+	14. W	●
		15. Zn	⊞



## 10.- 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 preparación de infraestructuras geoquímicas de aplicaciones diversas, desde las de conocimiento del territorio a efectos 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 km<sup>2</sup>. 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 quimismo actual o reciente. Ello permite por comparación entre los niveles de contenidos actuales y los más antiguos (se supone que sin contaminación) conocer el grado de contaminación de una cuenca, es decir, de una zona amplia.

Se han considerado en la zona de estudio **74 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 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 muy 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 considerar únicamente a las muestras superiores para dar 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.



Fotos 10-1 y 10-2. Vista de diversos puntos de muestreo en llanuras de inundación.

En general, la granulometría de los sedimentos de llanura de inundación es más fina que la de los sedimentos de corriente. 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 analizado, como en otros medios de muestreo considerados en este estudio, la fracción inferior a 150 micras.

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 10-3 y 10-4. Otros aspectos de llanuras de inundación.



Fotos 10-5. Sección de una llanura de inundación



Foto 10-6. 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 10-1. En ella puede apreciarse que los valores medios (mediana) para cada elemento químico, difieren, en general, difieren 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 10-9. Toma de muestra en llanura de inundación

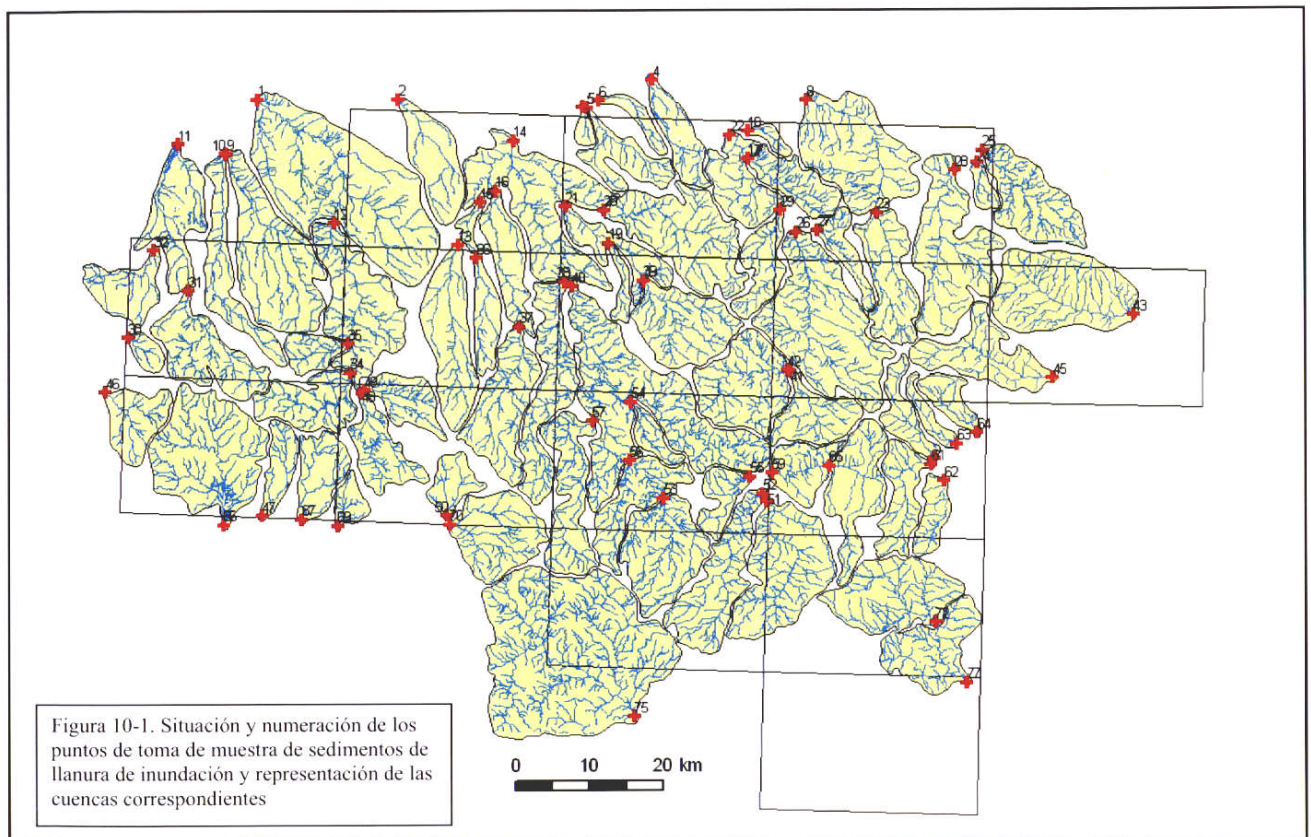


En las figuras 10-2 a 10-24 se incluyen las distribuciones de cada elemento en la muestra de sedimento de corriente y en las muestras inferior y superior de sedimento de llanura de inundación. En los gráficos incluidos en cada figura, relativos a los distintos tipos de muestra, se han utilizado los mismos cortes de valores asignados a cada color para poder comparar rápidamente dichos gráficos.

	Sedimento de Corriente		Llanura inundación Muestra Superior		Llanura inundación Muestra Inferior	
	Mediana	$\sigma$	Mediana	$\sigma$	Mediana	$\sigma$
Ag	0,34	0,24	0,30	0,17	0,37	0,20
Al	4,12	1,90	2,79	2,11	5,03	1,71
As	15,68	21,18	16,65	17,19	16,00	21,28
Au	3,80	30,58	1,90	3,38	2,38	18,10
Ba	660,00	244,34	555,00	138,04	665,00	160,77
Be	3,01	1,21	2,32	0,78	3,08	0,83
Bi	0,32	1,90	0,36	7,99	0,38	0,44
Br	7,35	6,18	7,30	5,29	11,30	5,52
Ca	1,69	1,72	1,09	1,00	1,27	1,48
Cd	0,17	0,54	0,16	0,35	0,17	0,44
Ce	80,50	33,09	76,50	20,23	90,50	24,29
Co	15,00	4,67	13,00	3,08	14,50	3,66
Cr	76,50	54,50	65,25	33,91	77,00	49,87
Cs	3,50	2,68	3,50	2,08	4,00	3,05
Cu	25,48	10,16	19,66	29,53	26,55	8,05
Eu	1,60	0,39	1,60	0,37	1,70	0,40
Fe	3,77	1,40	3,31	0,90	3,86	1,11
Hf	9,50	6,54	10,50	3,46	10,50	4,58
Hg	39,97	36,55	71,45	147,02	68,64	93,25
Ir	5,00	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00
K	1,94	0,67	1,45	0,47	1,87	0,53
La	34,50	15,93	36,80	9,50	39,90	11,52
Li	26,84	23,37	24,22	15,16	33,93	26,43
Lu	0,63	0,22	0,57	0,10	0,67	0,14
Mg	0,77	0,38	0,61	0,42	0,87	0,43
Mn	813,36	424,97	767,76	236,26	758,02	310,90
Mo	1,00	1,61	1,00	0,68	1,00	0,63
Na	1,17	0,51	1,23	0,50	1,26	0,50
Nd	30,00	12,40	27,50	8,00	37,00	10,53
Ni	32,17	14,56	28,36	13,10	33,77	13,01
P	0,07	0,03	0,05	0,02	0,05	0,03
Pb	30,50	123,52	28,33	114,93	33,72	189,54
Rb	65,27	39,23	67,87	28,99	48,24	20,42
S	0,04	0,09	0,02	0,01	0,01	0,01
Sb	1,90	1,82	1,70	1,49	2,20	1,86
Sc	11,39	3,76	11,65	2,92	13,23	3,43
Se	0,69	0,32	0,82	0,27	0,41	0,19
Sm	5,67	1,86	6,21	1,30	6,39	1,57
Sn	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00
Sr	130,40	60,49	123,15	62,80	128,80	51,47
Ta	1,10	1,36	1,00	0,84	1,15	0,94
Tb	0,50	0,27	0,90	0,27	0,70	0,35
Te	0,09	0,07	0,09	0,07	0,06	0,04
Th	10,95	10,98	10,50	4,65	12,30	6,60
Ti	0,55	0,45	0,33	0,22	0,64	0,19
U	3,10	1,77	3,25	1,28	3,40	1,69
V	97,76	39,45	63,59	28,77	105,71	37,19
W	1,00	6,05	1,00	11,37	1,00	3,11
Y	19,24	8,61	17,26	9,21	25,66	10,27
Yb	4,40	1,46	3,80	0,70	4,45	0,99
Zn	78,71	72,98	74,11	60,58	85,46	69,34
Zr	161,05	91,95	141,44	47,75	179,55	51,29

Tabla 10-1. Parámetros estadísticos de muestras de llanura de inundación

Los mapas realizados con las concentraciones determinadas en este tipo de muestras sirven para obtener una estimación de los fondos geoquímicas por cuencas hidrográficas. Los fondos geoquímicas tal y como determinados en el capítulo 6, muestran una mucho mayor variabilidad y una mayor resolución. A menudo, la estimaciones de fondos geoquímicos demandadas por determinados sectores afectan son de marco 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.



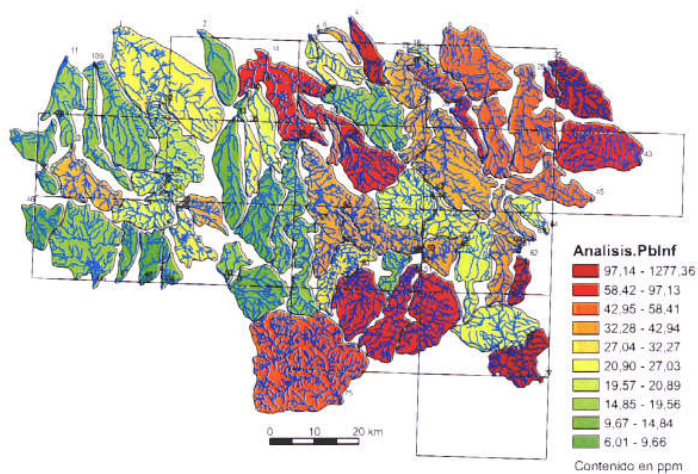
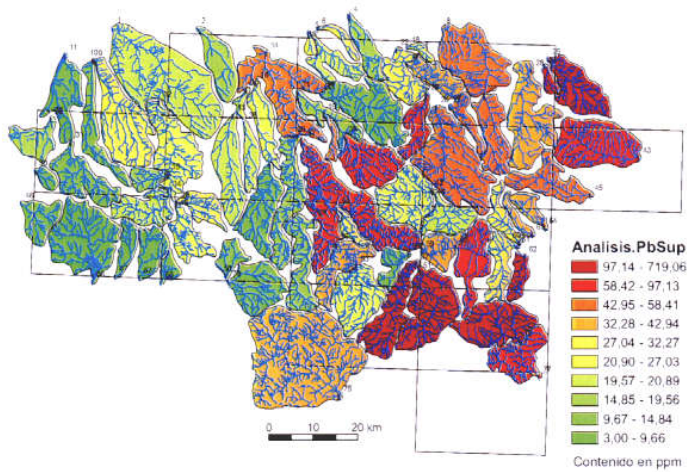
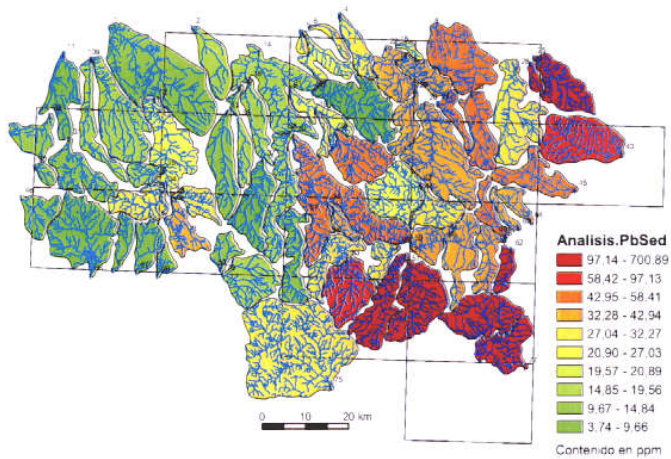


Figura 10-17. Mapas de distribución de contenidos de Pb en las muestras de techo y base de llanuras de inundación y del sedimento de corriente en el punto de desmuestre.

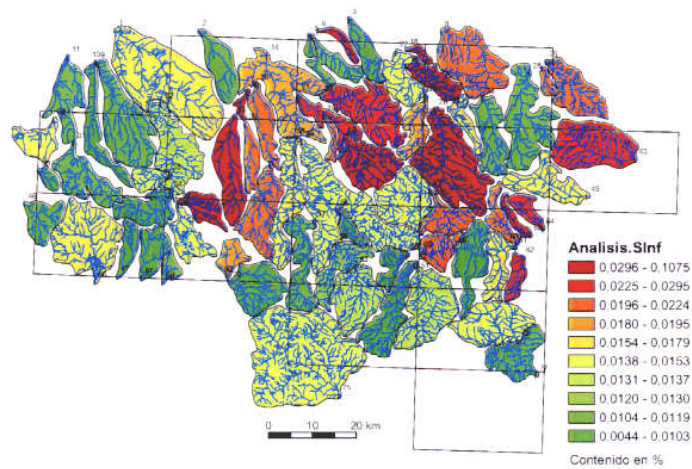
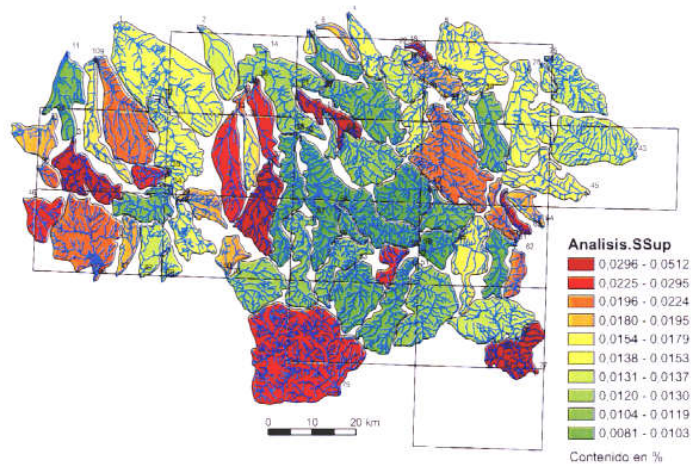
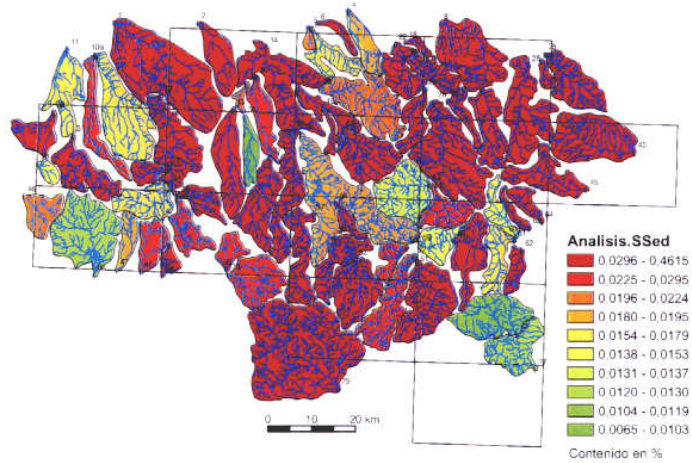


Figura 10-20. Mapas de distribución de contenidos de S en las muestras de techo y base de llanuras de inundación y del sedimento de corriente en el punto de desmuestra.

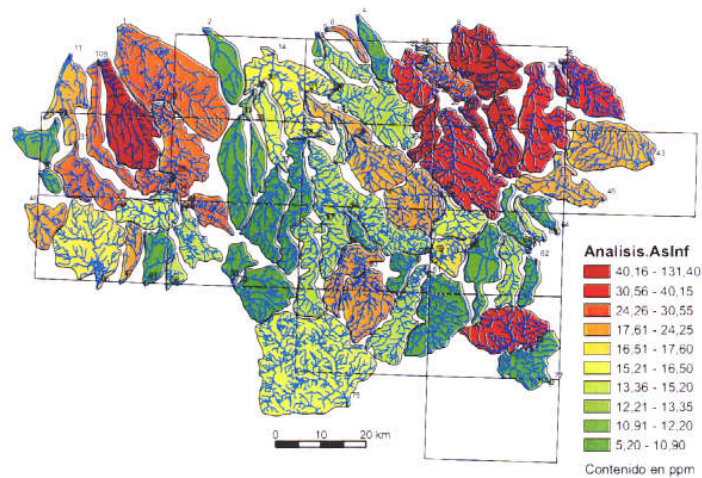
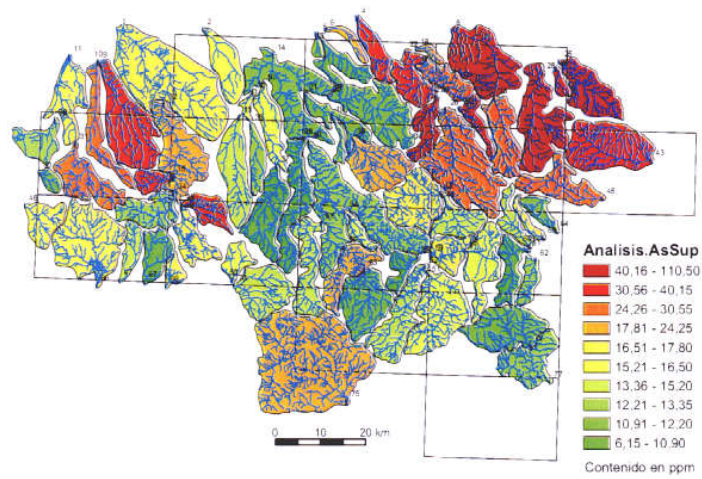
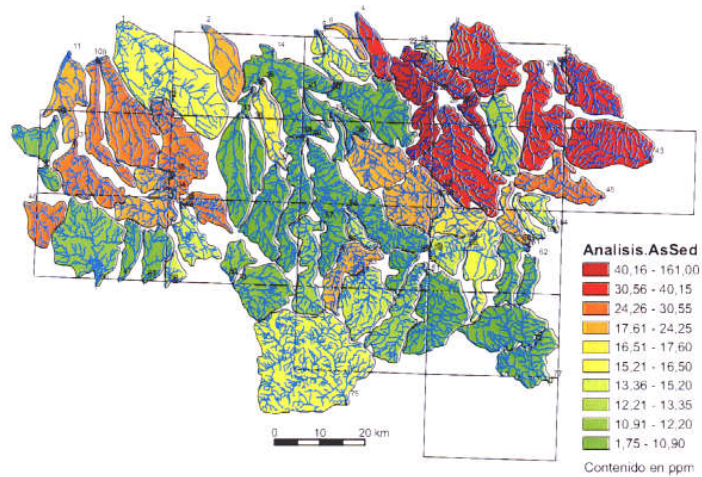


Figura 10-3. Mapas de distribución de contenidos de As en las muestras de techo y base de llanuras de inundación y del sedimento de corriente en el punto de desmuestre.

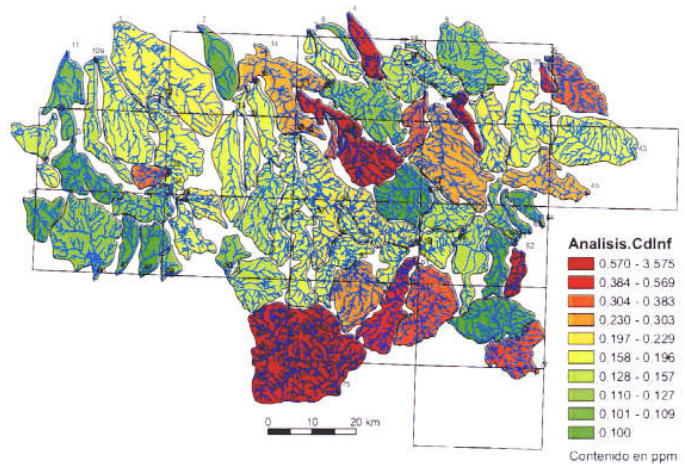
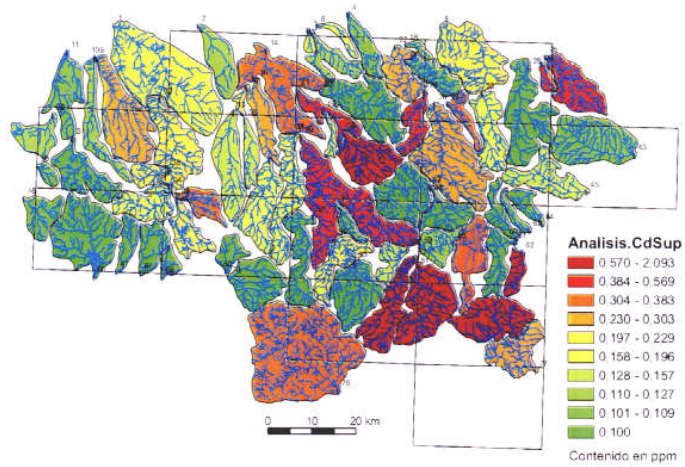
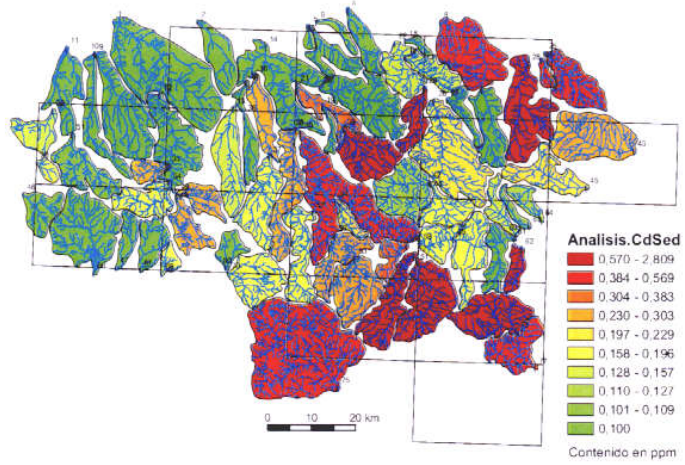


Figura 10-7. Mapas de distribución de contenidos de Cd en las muestras de techo y base de llanuras de inundación y del sedimento de corriente en el punto de desmuestra.

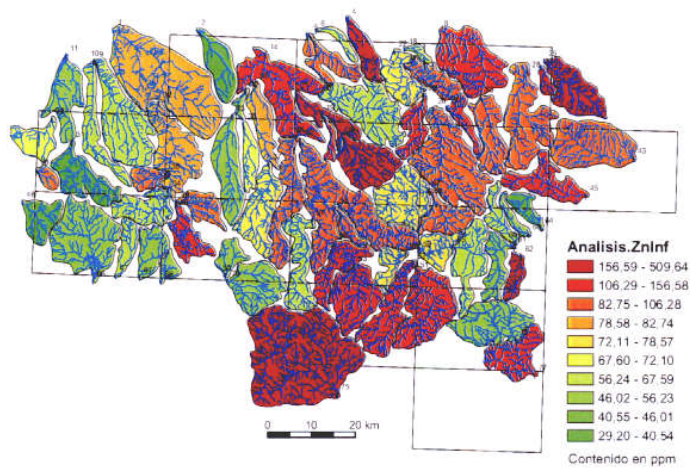
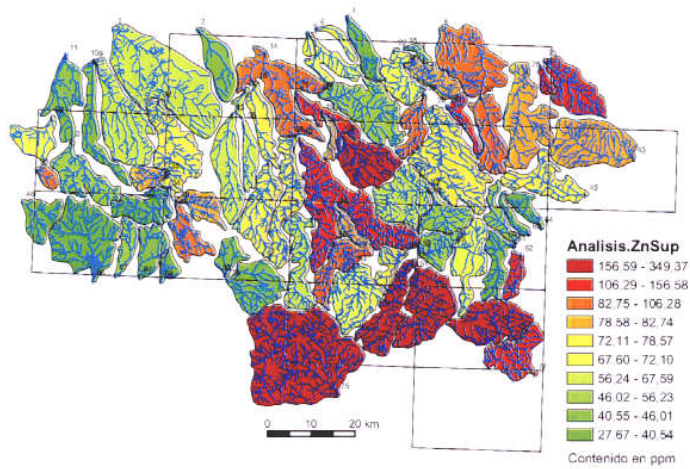
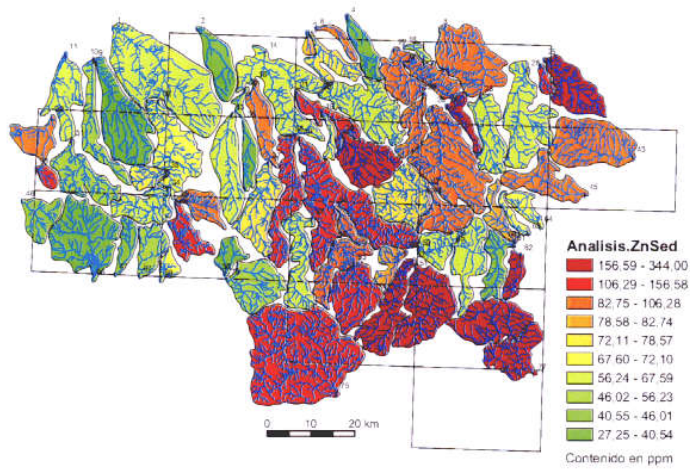


Figura 10-24. Mapas de distribución de contenidos de Zn en las muestras de techo y base de llanuras de inundación y del sedimento de corriente en el punto de desmuestre.



## 11.- BIBLIOGRAFÍA

Apalategui, O., Eguiluz, L. y Quesada, C. 1990. The structure of the Ossa Morena Zone. En: Dallmeyer, R.D. y Martínez García, E. (eds). *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer-Verlag, Berlín-Heidelberg, 280-291.

Appleton, J.D. 1995. Potentially harmful elements from natural sources and mining areas: characteristics, extent and relevance to planning and development in Great Britain. *British Geological Survey Technical Report WP/95/3*. 63 pgs

Arthaud, F. y Matte, P. 1975. Les décrochements tardihercyniens du Sud-Ouest de l'Europe. Géométrie et essai de reconstitution des conditions de la déformation. *Tectonophysics*, 25, 139-171.

Azor, A. 1994: Evolución tectonometamórfica del límite entre las Zonas Centro-Ibérica y de Ossa-Morena (Cordillera Varisca, SO de España). Tesis Doctoral, Univ. Granada, 312 pp.

Ballèvre, M., Paris, F. y Robardet, M. 1992. Correlations ibéro-armoricaines au Paléozoïque : une confrontation des données paléobiogéographiques et tectonométamorphiques. *Compte Rendu Academie Sciences Paris*, 315-II, 1783-1789.

Bandrés, A. Eguiluz, L., Gil-Ibarguchi, J.I. y Palacios, T. 2002. Geodynamic evolution of a Cadomian arc region: the northern Ossa-Morena zone, Iberian massif. *Tectonophysics*, 352, 105-120.

Bandrés, A. y Eguiluz, L. 1999a. Volcanoclastic series of Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina Domain (Zona de Ossa-Morena Zone, Iberian Massif). *Journal of Conference Abstracts*, 4-3, 1005-1006.

Bandrés, A. 2001. Evolución geodinámica poliorogénica de los dominios septentrionales de la Zona de Ossa-Morena. Tesis Doctoral Univ. País Vasco, 377 pp.

Bellon, H., Blachère, H., Crousilles, M., Deloche, Ch., Dixsaut, C., Hertrich, B., Prost-Dame, V., Rossi, P. Simon, D. y Tamain, G. 1979. Radiochronologie, évolution tectono-magmatique et implications métallogéniques dans les Cadomo-variscides du Sud-Est Hespérique. *Bulletin Société Géologique France*, 21, 113-120.

Blatrix, P. y Burg, J.P. 1981. 40Ar-40Ar Dates from Sierra Morena (Southern Spain). Variscan metamorphism and Cadomian orogeny. *N. Jb. Miner. Mh.*, 10, 470-478.

Boixereu, E. y Asensio, P. (2004): Apuntes históricos sobre la minería en el área de Castuera (Badajoz). II Simposio sobre Minería y Metalurgia históricas del Suroeste europeo Conservación del Patrimonio Minero- metalúrgico.

Dallmeyer, R.D. y Quesada, C., 1992. Cadomian vs Variscan evolution of the Ossa Morena Zone, SW Iberia. Field and 40Ar/39Ar mineral age constraints. *Tectonophysics*, 216, 339-364.

Darnley, A.G., Björklund, A., Bolviken, B., Gustavsson, N., Koval, P., Plant, J., Steenfelt, A., Tauchid, M., Xuejing, X. 1995. A global geochemical database for environmental and resource management. Recommendations for Geochemical International Mapping. Final Report of IGCP Project 259. UNESCO Publishing. 122 pgs.

Díez Balda, M. A., Vegas, R. y González Lodeiro, F. 1990. Structure of the Autochthon of the Central Iberian Zone. En: Dallmeyer, R.D., y Martínez, E. (eds.), *Pre-Mesozoic geology of Iberia.. Springer Verlag (Heidelberg)*, 172-188.

Eguiluz, L. 1988. Petrogénesis de rocas ígneas y metamórficas en el Anticlinorio Burguillos-Monesterio, Macizo Ibérico Meridional. Tesis Doctoral, Univ. País Vasco, 694 pp.

Eguíluz, L., Gil Ibarra, J.I., Ábalos, B. y Apraiz, A. 2000. Superposed Hercynian and Cadomian orogenic cycles in the Ossa-Morena zone and related areas of the Iberian Massif. *Geological Society America Bulletin*, 112, 1398-1413.

Eguíluz, L. y Ramón-Lluch, R. 1983. La estructura del sector central del dominio de Arroyomolinos. Anticlinorio Olivenza-Monesterio, Ossa-Morena. *Studia Geologica Salmanticensis*, 18, 171-192.

Földvary-Vogl, M. 1978. Theory and practice of regional geochemical exploration. *AKADEMIAI KIADÓ*. Budapest. 272 pgs.

Fricke, W. 1941. Die geologie der Grenzgebietes zwischen nordostlicher Sierra Morena und Extremadura. Tesis doctoral, U. Berlín, 88 pp.

Gabaldón, V., Garrote, A. y Quesada, C., 1983: Geología del Carbonífero Inferior del Norte de la zona de Ossa-Morena. *Temas Geológico Mineros: 5ª reunión del grupo Ossa Morena*, IGME, 101-134.

García Casquero, J.L., Boelrijk, N.A., Chacón, J. y Priem, H.N.A. 1985. Rb-Sr evidence for the presence of Ordovician granites in the deformed basement of the Badajoz-Córdoba Belt, SW Spain. *Geologische Rundschau*, 74-2, 379-384.

Galindo, C., Portugal Ferreira, M.R., Casquet, C. y Priem, H.N.A., 1990. Dataciones Rb/Sr en el completo plutónico Táliga Barcarrota, Badajoz. *Geogaceta*, 8, 7-10.

Garrote, A. y Broutin, J. 1979. Le bassin Tournaisien de Benjarafe (Province de Cordoue, Espagne). Géologie et premières données paléobotaniques et palynologiques. 104 Congrès National des Sociétés Savantes, Bordeaux, I, 175-184.

Garrote, A. y Sánchez-Carretero, R. 1983. Materiales volcanoclásticos en el Carbonífero Inferior, al S-SW de Villaviciosa de Córdoba (Zona de Ossa-Morena). *Comunicações Serviços Geológicos Portugal*, 69-2, 249-257.

Gonzalo, J.C. 1987. Petrología y estructura del Basamento en el área de Mérida (Extremadura Central). Tesis Doctoral, Univ. Salamanca. 327 pp.

Gutierrez-Marco, J.C. 1982. Nota Sobre la fauna de graptolitos ordovícicos de la región de Barrancos (Baixo Alentejo, Portugal). *Comunicações Serviços Geológicos Portugal*

IGME 1984. Prospección geofísica de depósitos de cromita en Calzadilla de los Barros (Badajoz). Informe Interno IGME 40249.

IGME 1985. Investigación de cromitas en la reserva de Calzadilla de los Barros (Badajoz). Informe Interno IGME 11142.

IGME 2002. Definición y evaluación de guías geológicas y geofísicas para la exploración de materias primas minerales en el sector central de la zona Ossa Morena de Extremadura. Documento inédito, IGME.

IGME-JUNTA DE EXTREMADURA. 2005. Mapa Metalogenético de Badajoz a escala 1/200.000.

Martínez-Poyatos, D. J. 1997. Estructura del Borde Meridional de la Zona Centroibérica y su relación con el contacto entre las zonas Centroibérica y de Ossa-Morena. Tesis Doctoral Univ. Granada, 222 p.

Ordoñez, B. 1998. Geochronological studies of the Pre-Mesozoic basement of the Iberian Massif: The Ossa Morena Zone and the allochthonous complexes within the Central Iberian Zone. Ph. D. Thesis, Swiss Federal Institute Technology Zurich, v. 12940, 235 pp.

- Ochsner, A. 1993. U-Pb Geochronology of the Upper Proterozoic - Lower Paleozoic geodynamic evolution in the Ossa-Morena Zone (SW Iberia): Constraints on the timing of the Cadomian orogeny. Ph. D. Thesis, Swiss Federal Institute Technology Zurich, v. 10392, 249 pp.
- Palacios, T. 1989. Microfósiles de pared orgánica del Proterozoico superior ( Región Central de la Península Ibérica ). *Memorias Museo Paleontológico Universidad de Zaragoza*, 3 ( 2), Zaragoza, 121 pp.
- Palacios, T. y Vidal, G. 1992. Lower Cambrian acritarchs from northern Spain : the Precambrian-Cambrian boundary and biostratigraphic implications. *Geological Magazine*, 129-4, 421-436.
- Palero F.J., Gumiel, P., y Fernández Carrasco, J. 1985. Ensayo de tipología de las mineralizaciones BPGC de la Alta Extremadura. *Boletín Geológico Minero* 96-4, 381-412.
- Pin, C., Liñán, E., Pascual, E., Donaire, T. y Valenzuela, A. 2002. Late Neoproterozoic crustal growth in the European Variscides: Nd isotope and geochemical evidence from the Sierra de Córdoba Andesites (Ossa Morena Zone, Southern Spain). *Tectonophysics*, 352, 133-151.
- Priem, H. N.A., Boelrijk, N.A.I.M., Verschure, E.H., y Verdurmen E.A.T. 1970. Dating events of Acid Plutonism through the Paleozoic of the Western Iberian Peninsula. *Eclog. Geologica Helvetica*, 63, 255-274.
- Prost-Damme, V. 1980. Geologie et Gîtologie de la region de Castuera Badajoz/Espagne. Tesis doctoral. Université de Paris-Sud. Centre d'Orsay.
- Quesada, C. 1983. El Carbonífero de Sierra Morena. En: Martínez (ed.), Carbonífero y Pérmico de España IGME, 243-278.
- Ramírez, E. 1952. Notas para el estudio de la metalogenia extremeña. Los yacimientos wolframostanníferos de la Extremadura Central. *Notas Comunicaciones IGME*, 28, 19-48.
- Reimann Cl., de Caritat, P.1998. Chemical elements in the environment. Factsheets for the geochemist and environmental scientist. *Springer Verlag*. 398 pgs
- Robles, R. y Alvarez-Nava, H. 1988. Los materiales Precámbrico-Cámbricos del Domo de las Hurdes. Existencia de tres series sedimentarias separadas por discordancia. SO de Salamanca. II Congreso Geológico España, 1, 185-188.
- Santamaría, J. 1995. Los yacimientos de fosfato sedimentario en el límite Precámbrico-Cámbrico del anticlinal de Valdelacasa (Zona Centro-Ibérica). Tesis Doctoral, Univ. Autónoma de Barcelona, 233 pp.
- Schäfer, H.J. 1990. Geochronological investigations oin the Ossa Morena Zone, SW Spain: Ph.D. Thesis Zürich, Eidgen. Techs. Hosch., 9.246, 153 pp.
- Turekian, K.K., Wedephol, K.H. 1961. Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. *Bull. Soc. Geol. Amer.* 72, 175-191.
- Robardet, M. 1976. L'originalité du segment hercynien sud-ibérique au Paléozoïque inférieur. Ordovicien, Silurien et Dévonien dans le nord de la province de Séville (Espagne). *Compte Rendu Academie Sciences Paris*, D283, 999-1002.
- Rollinson, H. 1993. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. *Prentice Hall*. 352 pgs.
- Sánchez-Carretero, R., Carracedo, M., Eguíluz, L., Garrote, A. y Apalategui, O. 1989. El magmatismo calcoalcalino del Precámbrico terminal en la Zona de Ossa Morena (Macizo Ibérico). *Revista Sociedad Geológica España*, 2, 7-21.

Sánchez-Carretero, R, Eguíluz, L., Pascual, E. y Carracedo, M. 1990. Ossa-Morena Zone: Igneous rocks. En: Dallmeyer, R.D. y Martínez-García, E. (eds.), *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg, 292-313.

Tamain, G. 1972. Recherches géologiques et minières en Sierra Morena Oriental (Espagne). *Compte Rendu Academie Sciences Paris*, 258, 977-979.

Tornos, F. y Locutura, J. 1989. Mineralizaciones epitermales de Hg en Ossa Morena (Usagre, Badajoz). *Boletín Sociedad Española Mineralogía*, 12, 363-374.

Vidal, G., Jensen, S. y Palacios, T. 1994. Neoproterozoic (Vendian) ichnofossils from Lower Alcludian strata in central Spain. *Geological Magazine*, 131-2, 169-179.