

El presente Informe da cumplimiento a la Primera Etapa de esta investigación, de acuerdo con la programación y plan de trabajo que aparece en el “diagrama de flujo” de la Figura 2.3 (página 23), que fue encargada por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía a los Profs. José Aguilar Ruiz, Emilio Galán Huertos y José Luis Gómez Ariza, mediante los siguientes acuerdos específicos firmados en 1999 respectivamente con las Universidades de Granada, Sevilla y Huelva:

- 1. Estudio de Elementos Traza en Suelos de Andalucía (Provincias de Almería, Granada y Jaén)*
- 2. Estudio de Elementos Traza en Suelos de Andalucía (Provincias de Sevilla, Málaga y Córdoba)*
- 3. Estudio de Elementos Traza en Suelos de Andalucía (Provincias de Huelva y Cádiz)*

Los trabajos correspondientes han sido elaborados conjuntamente por los siguientes equipos:

- UNIVERSIDAD DE GRANADA:
Responsable: Prof. Dr. José Aguilar Ruiz.
Miembros del equipo: Carlos F. Dorronsoro Fernández, Juan Fernández García, Emilia Fernández Ondoño, Inés García Fernández, Mariano Simón Torres, Ángel Iriarte Mayo, Rafael Bellver Mancheño, Francisco Martín Peinado.
- UNIVERSIDAD DE SEVILLA:
Responsable: Prof. Dr. Emilio Galán Huertos
Miembros del equipo: Isabel González Díez, Nicolás Bellinfante Crocci, Patricia Aparicio Fernández, Juan Carlos Fernández Caliani, José M^a Mesa López Colmenar, Teresa García Muñoz, Antonio Romero Baena.
- UNIVERSIDAD DE HUELVA:
Responsable: Prof. Dr. José Luis Gómez Ariza
Miembros del equipo: Emilio Morales Carrillo de Albornoz, Inmaculada Giraldez Díaz, Alfredo Velasco Arjona, Daniel Sánchez Rodas, Fernando Lorenzo García, Tamara García Barrera, Rocío Izarra García.

ÍNDICE

1.- Introducción y Objetivos	1
2.- Plan de Trabajo y Metodología	7
3.- Antecedentes	25
4.- Geología y Litología	83
4.1.- Macizo Ibérico	89
4.1.1. Zona Centro Ibérica	89
4.1.2. Zona Ossa-Morena	91
4.1.3. Zona Surportuguesa	94
4.2.- Cordilleras Béticas	97
4.2.1. Zonas Externas	98
4.2.1.1. Cobertera Tabular	98
4.2.1.2. Zona Prebética	98
4.2.1.3. Dominio Intermedio	99
4.2.1.4. Zona Subbética	99
4.2.1.5. Términos Comunes	101
4.2.2. Zonas Internas	101
4.2.2.1. Complejo Maláguide	101
4.2.2.2. Complejo Alpujarride	102
4.2.2.3. Complejo Nevado-Filábrides	103
4.2.2.4. Complejo Dorsaliano	105
4.2.3. Unidad del Campo de Gibraltar	105
4.2.3.1. Unidad del Aljibe	106
4.2.3.2. Unidad de Algeciras	106
4.2.3.3. Otras Unidades	106
4.3.- Cuencas Postorogénicas	106
4.3.1. Cuenca del Guadalquivir	107
4.3.2. Otras Cuencas	109
4.4.- Rocas Volcánicas del Cabo de Gata	112
4.5.- Bibliografía	114
5.- Suelos de Andalucía	121
5.1.- Macizo Ibérico	123
5.1.1. Zona Centro Ibérica	123
5.1.2. Zona Ossa-Morena	127
5.1.3. Zona Surportuguesa	128
5.2.- Cordilleras Béticas	129
5.2.1. Zonas Externas	130

5.2.1.1. Cobertera Tabular	130
5.2.1.2. Zona Prebética	130
5.2.1.3. Dominio Intermedio	131
5.2.1.4. Zona Subbéticas	131
5.2.1.5. Términos Comunes	131
5.2.2. Zonas Internas	131
5.2.2.1. Complejo Maláguide	131
5.2.2.2. Complejo Alpujarride	132
5.2.2.3. Complejo Nevado–Filábrides	133
5.2.2.4. Complejo Dorsaliano	135
5.2.3. Unidad del Campo de Gibraltar	135
5.3.- Cuencas Postorogénicas	138
5.3.1. Cuenca del Guadalquivir	138
5.4.- Rocas Volcánicas del Cabo de Gata	141
5.5.- Bibliografía	141
6.- Resultados y Discusión	143
6.1.- Fondos Geoquímicos de los Suelos de Andalucía	145
6.2.- Fondos Geoquímicos de los Suelos de Andalucía de acuerdo con los dominios geotectónicos.....	150

ANEXOS

- I.- Fichas de muestreo y Resultados Analíticos
- II.- Contenidos en As, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn de las muestras clasificadas por dominios geotectónicos
- III.- Estudio estadístico para cada elemento traza clasificado por dominios geotectónicos

ÍNDICE DE TABLAS

2.1. Límites de detección en ppm para ICP-AES y INAA	13
3.1. Valores representativos para el As	36
3.2. Valores representativos para el Cd	39
3.3. Valores representativos para el Co	42
3.4. Valores representativos para el Cr	45
3.5. Valores representativos para el Cu	49
3.6. Valores representativos para el Hg	53
3.7. Valores representativos para el Mo	56
3.8. Valores representativos para el Ni	59
3.9. Valores representativos para el Pb	63
3.10. Valores representativos para el Se	67
3.11. Valores representativos para el Sn	69
3.12. Valores representativos para el Tl	71
3.13. Valores representativos para el Zn	72
6.1. Valores de Fondo para los Suelos de Andalucía	146
6.2. “Niveles de Fondo” en algunas Comunidades Españolas	148
6.3. Valores de la mediana en Países Europeos	149
6.4. Comparación del valor de fondo para el As en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos	155
6.5. Comparación del valor de fondo para el Co en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos	155
6.6. Comparación del valor de fondo para el Cr en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos	156
6.7. Comparación del valor de fondo para el Cu en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos	156
6.8. Comparación del valor de fondo para el Ni en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos	157
6.9. Comparación del valor de fondo para el Pb en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos	157
6.10. Comparación del valor de fondo para el Zn en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos	158

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1. Ilustración del estudio estadístico efectuado por dominios geológicos	16
2.2. Dominios geológicos de Andalucía	17
2.3. Diagrama de flujo metodológico	23
4.1. Mapa geológico de España	87
4.2. Principales yacimientos de minerales metálicos de Andalucía	91
4.3. Dominios presentes en las Cordilleras Béticas	97

MAPAS

6.1. Elementos Traza en Suelos de Andalucía: As	160
6.2. Elementos Traza en Suelos de Andalucía: Co	161
6.3. Elementos Traza en Suelos de Andalucía: Cr	162
6.4. Elementos Traza en Suelos de Andalucía: Cu	163
6.5. Elementos Traza en Suelos de Andalucía: Ni	164
6.6. Elementos Traza en Suelos de Andalucía: Pb	165
6.7. Elementos Traza en Suelos de Andalucía: Zn	166
6.8. Elementos Traza en Suelos de América: As	167
6.9. Elementos Traza en Suelos de Cádiz: As	168
6.10. Elementos Traza en Suelos de Córdoba: As	169
6.11. Elementos Traza en Suelos de Granada: As	170
6.12. Elementos Traza en Suelos de Huelva: As	171
6.13. Elementos Traza en Suelos de Jaén: As	172
6.14. Elementos Traza en Suelos de Málaga: As	173
6.15. Elementos Traza en Suelos de Sevilla: As	174
6.16. Elementos Traza en Suelos de América: Co	175
6.17. Elementos Traza en Suelos de Cádiz: Co	176
6.18. Elementos Traza en Suelos de Córdoba: Co	177
6.19. Elementos Traza en Suelos de Granada: Co	178
6.20. Elementos Traza en Suelos de Huelva: Co	179
6.21. Elementos Traza en Suelos de Jaén: Co	180
6.22. Elementos Traza en Suelos de Málaga: Co	181
6.23. Elementos Traza en Suelos de Sevilla: Co	182
6.24. Elementos Traza en Suelos de América: Cr	183
6.25. Elementos Traza en Suelos de Cádiz: Cr	184
6.26. Elementos Traza en Suelos de Córdoba: Cr	185
6.27. Elementos Traza en Suelos de Granada: Cr	186
6.28. Elementos Traza en Suelos de Huelva: Cr	187
6.29. Elementos Traza en Suelos de Jaén: Cr	188
6.30. Elementos Traza en Suelos de Málaga: Cr	189
6.31. Elementos Traza en Suelos de Sevilla: Cr	190

6.32. Elementos Traza en Suelos de América: Cu	191
6.33. Elementos Traza en Suelos de Cádiz: Cu	192
6.34. Elementos Traza en Suelos de Córdoba: Cu	193
6.35. Elementos Traza en Suelos de Granada: Cu	194
6.36. Elementos Traza en Suelos de Huelva: Cu	195
6.37. Elementos Traza en Suelos de Jaén: Cu	196
6.38. Elementos Traza en Suelos de Málaga: Cu	197
6.39. Elementos Traza en Suelos de Sevilla: Cu	198
6.40. Elementos Traza en Suelos de América: Ni	191
6.41. Elementos Traza en Suelos de Cádiz: Ni	192
6.42. Elementos Traza en Suelos de Córdoba: Ni	193
6.43. Elementos Traza en Suelos de Granada: Ni	194
6.44. Elementos Traza en Suelos de Huelva: Ni	195
6.45. Elementos Traza en Suelos de Jaén: Ni	196
6.46. Elementos Traza en Suelos de Málaga: Ni	197
6.47. Elementos Traza en Suelos de Sevilla: Ni	198
6.48. Elementos Traza en Suelos de América: Pb	199
6.49. Elementos Traza en Suelos de Cádiz: Pb	200
6.50. Elementos Traza en Suelos de Córdoba: Pb	201
6.51. Elementos Traza en Suelos de Granada: Pb	202
6.52. Elementos Traza en Suelos de Huelva: Pb	203
6.53. Elementos Traza en Suelos de Jaén: Pb	204
6.54. Elementos Traza en Suelos de Málaga: Pb	205
6.55. Elementos Traza en Suelos de Sevilla: Pb	206
6.56. Elementos Traza en Suelos de América: Zn	207
6.57. Elementos Traza en Suelos de Cádiz: Zn	208
6.58. Elementos Traza en Suelos de Córdoba: Zn	209
6.59. Elementos Traza en Suelos de Granada: Zn	210
6.60. Elementos Traza en Suelos de Huelva: Zn	211
6.61. Elementos Traza en Suelos de Jaén: Zn	212
6.62. Elementos Traza en Suelos de Málaga: Zn	213
6.63. Elementos Traza en Suelos de Sevilla: Zn	214

I.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS

Desde mediados del siglo pasado es una práctica habitual la exploración geoquímica de grandes áreas, basada en el análisis de los elementos traza de rocas, suelos, sedimentos de ríos, aguas y plantas, con el objetivo de usar las concentraciones elevadas (anomalías) de ciertos elementos para la prospección de yacimientos minerales. Estas concentraciones elevadas de algunos elementos no son siempre reflejo de la naturaleza y composición del subsuelo, sino que también pueden evidenciar en muchos casos contaminaciones antropogénicas.

Los mapas geoquímicos actualmente se usan más como base para la protección ambiental que para la localización de yacimientos. En particular los mapas edafogeoquímicos sirven para conocer los contenidos de elementos traza de los distintos tipos de suelos de una región o país, en relación con la roca madre y su contexto geológico, y con los diversos usos y actividades que han soportado.

Una investigación geoquímica basada en un muestreo sistemático detectará obviamente las áreas enriquecidas en alguno o varios elementos traza, pero difícilmente así se diferencia cuándo la anomalía es geogénica o antropogénica. Por ello, en una primera aproximación geoquímica, se debe realizar un muestreo de los suelos previsiblemente no

contaminados por ninguna actividad agrícola, industrial o minera, para definir los niveles de fondo de los distintos elementos traza en los suelos.

La estimación de los niveles del fondo geoquímico natural (*geochemical background*) para elementos traza en suelos es casi imposible en Europa, porque no existen ecosistemas “vírgenes”. Los datos que se pueden obtener de áreas no expuestas directamente a fuentes de contaminación indican razonablemente los niveles de fondo naturales más una cierta contaminación antrópica difusa. Estos niveles suelen denominarse simplemente niveles de fondo geoquímico (*geochemical baseline*) (Darnley, 1997; Salminen y Gregorauskienè, 2000).

Estos niveles de fondo se deben obtener además para cada unidad geológica porque el contenido geoquímico de un dominio geotectónico es propio y diferenciador, y los suelos desarrollados sobre ellos reflejarán las anomalías geoquímicas de la unidad sobre la que se han formado. Los niveles de fondo regionales (*regional geochemical baseline*) deben ser determinados separadamente para cada elemento en regiones geológicamente diferentes (Salminen y Tarvainen, 1997; Salminen y Gregorauskienè, 2000).

En relación con ellos se pueden estimar las anomalías existentes, que podrían considerarse como potenciales contaminaciones cuando, comparados con los valores propios del dominio geológico al que pertenecen, excedan a los valores establecidos por la normativa aplicable.

Como los valores de composición química de los materiales terrestres rara vez presentan una distribución normal, sino que se trata de una población fuertemente sesgada, cuando se tiene una población suficientemente grande para una determinada región, la mediana (percentil 50) es un descriptor mucho más robusto que la media para este tipo de distribución.

En general se aconseja el uso sistemático de la mediana como representativo de una población de datos geoquímicos de sistemas naturales (Rock, 1988), porque este parámetro no está influenciado por los valores extremos, y su valor se puede tomar como fondo regional (*baseline*). Las anomalías se considerarán, según se apliquen distintos criterios estadísticos, como la mediana más una o dos veces la desviación estándar, o bien para los valores que superen el percentil 90 ó 95, etc, entre otras posibilidades. No obstante se

pueden utilizar criterios estadísticos más precisos para cuando la población sea geoquímicamente más homogénea, como es el caso de los muestreos realizados con criterios geológicos.

Para comprobar y definir más precisamente las posibles anomalías existentes dentro de cada dominio, considerado ahora como una unidad geoquímicamente homogénea, caracterizada por una signatura de elementos traza con unos valores de fondo estadísticamente definidos, se hace necesaria una investigación más profunda que llevaría asociada un muestreo más detallado, con una mayor densidad de puntos, y la determinación de propiedades específicas de los suelos en cuestión, de su historia, actividades realizadas, etc., y en último extremo de ensayos de movilidad, biodisponibilidad y especiación de los elementos anormalmente altos. Sólo tras disponer de los resultados de esta investigación adicional se podrán extraer conclusiones sobre el carácter e incidencia de dichas anomalías.

En general la mayor parte de la contaminación por metales y otros elementos traza deriva de las explotaciones mineras y de la industria extractiva asociada. Las explotaciones mineras ocupan solo un 0,2% de la superficie terrestre (Keller, 2000). Sin embargo el impacto que producen sobre suelos, aguas y aire afecta a un área mucho más extensa, del orden de 10 veces superior.

En Andalucía el suelo dedicado a la minería es del orden de 0,18%, si bien en la provincia de Huelva llega hasta el 0,50% (CMA, 1996). Una parte importante de estas explotaciones es además de sulfuros (especialmente en Huelva), siendo frecuente en las mismas la liberación de elementos metálicos al medio ambiente desde escombreras, frentes de explotación o galerías, fundamentalmente a causa del drenaje ácido.

Es por tanto alrededor de estas actividades mineras y de las industrias derivadas, donde previsiblemente se pueden concentrar las anomalías positivas mayores, en relación con los valores de fondo regionales. Las zonas mineras, vertederos y construcciones anexas ocupan una extensión en Andalucía del 0.37%, siendo de nuevo Huelva la que encabeza la relación con 0.76% (IEA, 1999). Cabe señalar a este respecto que la Consejería de Medio Ambiente viene realizando desde hace años programas de evaluación y corrección de impactos en instalaciones mineras abandonadas, disponiéndose de datos sobre este particular en la página web de dicho estamento.

La investigación que los tres Grupos de Investigación pertenecientes a la Universidades de Granada, Huelva y Sevilla han desarrollado por iniciativa de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, ha tenido como **Objetivos**:

- a) el conocimiento de los principales elementos traza en los suelos de la Comunidad Autónoma de Andalucía
- b) la definición de los niveles de fondo de los elementos traza más frecuentes en los suelos andaluces para: a) toda la Comunidad Autónoma, y b) de acuerdo con los distintos dominios geológicos existentes en Andalucía
- c) una investigación preliminar de las principales anomalías encontradas

Este Proyecto surge como resultado de las recomendaciones expuestas en el Informe de un Proyecto anterior, encargado a los mismos Grupos de Investigación también por la Consejería de Medio Ambiente, titulado: *“Los criterios y estándares para declarar un suelo contaminado en Andalucía, y la metodología y técnicas de toma de muestra y análisis para su investigación”* (1999).

REFERENCIAS

- CMA (Consejería de Medio Ambiente). 1996. Medio Ambiente en Andalucía. Informe 1995.
- CMA (Consejería de Medio Ambiente). 1999. Informe del Convenio “*Los criterios y estándares para declarar un suelo contaminado en Andalucía, y la metodología y técnicas de toma de muestra y análisis para su investigación*”. Elaborado por los Grupos de Investigación: “Edafología y Ordenación del Territorio”, “Formación y Degradación del Suelo”, “Análisis Medioambiental” y “Mineralogía Aplicada”.
- Darnley A.G. 1997. A global geochemical reference network: the foundation for geochemical baselines. *Journal of Geochemical Exploration* 60: 1-5.
- IEA (Instituto de Estadística de Andalucía). 1999. Andalucía. Datos Básicos. Sevilla
- Keller, E.A. 2000. *Environmental Geology* (8th Edition). Prentice Hall, New Jersey.
- Rock, N.M.S. 1988. *Numerical Geology*. Lecture Notes in Earth Sciences, 18. Springer. Berlin, 427 pp.
- Salminen R., Gregorauskiene V. 2000. Considerations regarding the definition of a geochemical baseline of elements in the surficial materials in areas differing in basic geology. *Applied Geochemistry* 15: 647-653.
- Salminen R., Tarvainen T. 1997. The problem of defining geochemical baselines. A case study of selected elements and geological materials in Finland. *Journal of Geochemical Exploration* 60: 91-98.

II.- PLAN DE TRABAJO Y METODOLOGÍA

Para la consecución de los objetivos previstos se ha establecido un *Plan de Trabajo* que en todo momento ha estado soportado por los conocimientos bibliográficos más actuales sobre la temática desarrollada, que incluye la cartografía edafológica y geológica andaluza disponibles, las metodologías analíticas apropiadas a los fines del proyecto, los criterios geoestadísticos para el tratamiento de datos, tanto los ya admitidos y avalados para estos estudios geoquímicos, como otros innovadores, y los trabajos semejantes llevados a cabo en otros países y comunidades autónomas españolas.

En la planificación se pueden distinguir claramente dos etapas. La primera para cubrir los dos primeros objetivos de este Proyecto, esto es: el conocimiento y distribución de los elementos traza en los suelos de Andalucía y la definición de los valores de fondo para la Comunidad Autónoma y para los distintos dominios representados en Andalucía. En una segunda etapa, se ha realizado una primera aproximación al conocimiento de las principales anomalías encontradas, cubriendo así el tercer objetivo propuesto.

En detalle el **Plan de Trabajo** ha consistido en:

2.1. Muestreo de los suelos de Andalucía (primer muestreo): Diseño, trabajos de gabinete y de campo

En la toma de muestra se ha tenido en cuenta que exista una distribución razonablemente homogénea y que, cubriendo todo el territorio de la Comunidad ($\approx 87200 \text{ Km}^2$), estén representadas las diferentes litologías de la roca madre y la tipología de los suelos existentes. Teniendo en cuenta la heterogénea distribución de litologías y suelos, el método de muestreo ha sido “estratificado” y dentro de cada área homogénea el muestreo fue al azar, es por tanto un muestreo básicamente “estratificado aleatorio” (para detalles ver el Informe de 1999 antes referido).

La localización y distribución de las muestras se ha realizado previamente en gabinete, trabajando sobre distintas bases cartográficas: 1) mapa geográfico de Andalucía a escala 1:400.000, 2) mapas edafológicos provinciales a escala 1:400.000, 3) mapa geológico de Andalucía a 1:400.000, y 4) diversas cartografías disponibles (publicadas o no) edafológicas y geológicas a escala 1:200.000 y 1:50.000. Para el trabajo de campo se utilizaron las hojas topográficas de MNT a escala 1:50.000.

Por provincias la distribución es la siguiente:

Provincia	Nº de puntos muestrales
Almería	95
Cádiz	91
Córdoba	103
Granada	85
Huelva	86
Jaén	101
Málaga	85
Sevilla	104

Obviamente el nº de muestras por provincia viene no sólo determinado por su extensión, sino también por la representación de los diferentes tipos de rocas y suelos.

En este primer muestreo se excluyeron aquellos lugares previsiblemente contaminados por actividades antrópicas. El número de puntos muestrales fue de 750, lo que supone aproximadamente una densidad de un punto muestral por cada 100 Km², excluyendo los núcleos urbanos e industriales y las láminas de agua. En todos los puntos elegidos se tomó una muestra representativa de la capa superficial del suelo, hasta una profundidad de 20 cm (“capa arable”), que es la que generalmente puede estar más afectada por aportes antrópicos.

En todos aquellos puntos muestrales donde el suelo estaba bien desarrollado, se tomó una segunda muestra entre 20 y 40 cm de profundidad. Por el contrario, en muchos leptosoles se tomó sólo una muestra, que a veces fue inferior a los 20 cm de potencia. En estos casos se tomaron muestras de rocas madre representativas de las diversas litologías.

La cantidad de muestra tomada en el campo fue aproximadamente 1500 g, obtenida por reunión de cinco submuestras tomadas en el centro y los extremos de una cruz griega de 1 metro de brazo, mediante una sonda tipo Edelman. De esta manera se mejora significativamente el posible error en la obtención de la muestra. Las muestras se recogieron en bolsas de plástico, debidamente etiquetadas para su transporte al laboratorio.

En la toma de muestra han intervenido equipos de campo integrados por dos personas. Todos los equipos realizaron su trabajo conforme a un protocolo común que previamente fue discutido en detalle y trasladado a un documento de trabajo.

El posicionamiento definitivo de las muestras se realizó con la ayuda del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), para posterior traslado de la información a un Sistema de Información Geográfica.

En cada sitio de muestreo se rellenó una ficha de campo normalizada cuyo modelo se expone a continuación:

Ficha de campo

Fecha:	Provincia:	Coordenadas: X Y
Hoja topográfica 1:50.000		
Litología:		
Suelo:		
Código muestra 1(0-20cm.):	Código muestra 2 (20-40cm):	
Observaciones:		

2.2. Preparación y análisis de las muestras

Una vez en el laboratorio las muestras fueron secadas al aire. A continuación se deshicieron los agregados del suelo con rodillo de madera, se homogenizaron conservándose en botes de PVC. Una parte se tamizó con un tamiz de luz de malla de 2 mm. En la fracción <2mm se determinaron sistemáticamente As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se y Zn, y el pH.

La medida del pH se realizó en agua, mezclando 10 gramos de muestra con 25 ml de agua destilada, siguiendo la metodología propuesta en el Informe de 1999 (ya referido).

Respecto a la determinación de elementos traza, se han utilizado dos metodologías instrumentales complementarias considerando los límites de detección que se alcanzan en cada una de ellas: la espectroscopia de emisión con fuente de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) y el análisis por activación neutrónica

(INAA). Los límites de detección que se obtiene con estas técnicas para los diversos elementos se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1.- Límites de detección en ppm para ICP-AES y INAA

Elemento	ICP-AES	INAA
Arsénico		0,5
Cadmio	0,3	
Cromo		2,0
Cobalto		1,0
Cobre	1,0	
Mercurio		1,0
Niquel	1,0	
Plomo	3,0	
Selenio		3,0
Cinc	1,0	

2.3. Tratamiento estadístico de los resultados

Los datos se trataron para el conjunto de la Comunidad y para los distintos dominios geológicos representados en Andalucía. En ambos casos se obtuvieron los valores de fondo para los elementos representados en el total de población (As, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn), así como las anomalías y su categorización. Para los restantes elementos que aparecen esporádicamente, o que sus contenidos están por debajo de los límites de detención de las técnicas utilizadas, se comentan de forma individual, resaltando sólo cuando su presencia puede resultar una anomalía preocupante.

El nivel de fondo geoquímico de cada elemento debería ser representado como una superficie fluctuante para un área suficientemente amplia, más que por un valor único. De esta forma, otros conjuntos de datos geoquímicos que pudieran generarse servirían para precisar mejor las fluctuaciones locales. A pesar de ello y para ser prácticos, a partir de los datos analíticos correspondientes a la población total se obtuvieron los percentiles 50, 90 y 95, sin eliminar valores extremos. El primero, la

mediana, se tomó como *nivel de fondo*, mientras que los *percentiles 90 y 95* se han considerado como anomalías positivas respecto al fondo. Estos valores podrían representar “*niveles guías*”o de evaluación preliminar para investigaciones en emplazamientos afectados por este tipo de elementos.

Posteriormente, se ha recurrido a la partición del conjunto de la población, siguiendo criterios geológicos y recalculando los valores mediante técnicas de pre-tratamiento estadístico cuando la dispersión de los datos es tan grande que resulta obvio que los valores correspondientes a la media o a la mediana son muy poco representativos de la situación real. Esto no supone más que una reducción de escala del mismo problema, pues excepto en el caso de que la división de una muestra “heterogénea” en grupos más homogéneos dé lugar a submuestras normales desde el punto de vista estadístico, los valores asignados a los *niveles de fondo* seguirán siendo poco representativos. De todos modos, con un número finito de muestras sólo se pueden establecer estimaciones de los parámetros poblacionales de localización o centralización “ Θ ” (valor esperable cuando realizamos la medida) y de los de dispersión (desviaciones y rango de valores obtenidos).

Dentro de los intervalos clásicos, el rango intercuartilico representa el 50% de los datos y además por debajo del valor que alcanza la variable en su límite superior se encuentra el 75% de los valores. Este es un método “seguro” o robusto desde el punto de vista estadístico, pero poco preciso, aún en situaciones más “homogéneas”. Pero si ese 50% de los valores se traslada por la escala hasta reducir al máximo su amplitud, tenemos el 50% más denso, y por tanto el más preciso, porque no existe otro intervalo de las mismas dimensiones que se pueda presentar con un grado de probabilidad mayor. Este intervalo es tan representativo como el rango intercuartilico (50% de la muestra), pero más preciso, pues su amplitud es menor. Además está menos influenciado por los valores extremos. Como valor más representativo se puede tomar la mediana, o la media que representa “el centro de gravedad” del intervalo.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, para la obtención de los niveles de fondo geoquímico de cada dominio geológico se ha seguido el procedimiento descrito por Rousseew & Leroy (1988). En concreto, como localizador de la tendencia central

se ha usado la denominada LMS* (last median square): “mínima mediana de los cuadrados de las desviaciones del parámetro localizador respecto de las medidas muestrales”, que como se ha indicado es un parámetro más robusto que la mediana.

$$LMS \hat{\theta} = \underset{i}{\text{mínimo}} \{ \text{mediana}(x_i - \hat{\theta})^2 \}$$

donde θ es el parámetro localizador (mediana) del conjunto de medidas obtenidas y x_i es la medida i -ésima

No se trata del valor central de las “buenas” medidas cuando hay valores anómalos, sino que es el valor medio donde los valores x_i se encuentran más próximos, densos o compactos, o sea es el punto medio o centro del tramo donde se concentran el 50% de las observaciones más próximas (shortest-half).

$$\hat{\theta} = \frac{x_{p:n} + x_{p-(h+1):n}}{2}$$

donde n es el tamaño de la muestra y h el rango de la ordenación para un determinado elemento.

Cuando la distribución de las muestras $\{x_i\}$ es asimétrica, la estimación LMS es bastante próxima a la moda (valor “real” del máximo de la frecuencia que es el valor más probable y esperable), y por tanto mejora la estimación de la mediana.

Los *valores LMS* para cada elemento químico, calculados para las poblaciones muestrales de cada dominio geológico, se toman como *fondos geoquímicos regionales*. Como parámetros de *dispersión*, se han tomado el límite superior de la “mitad más corta” (shortest-half) denominado “*b*” y el *percentil 90*. (Figura 2.1). Estos dos últimos valores pueden indicar “niveles guías”, equivalentes a los ya comentados anteriormente para el cálculo estadístico realizado para toda la población de muestras de la Comunidad.

En este caso hay que destacar que no se establecen porcentajes fijos de la población para cada intervalo. Estos porcentajes son, con este análisis estadístico,

* Este estudio estadístico puede efectuarse utilizando el programa comercial JMP (v 5.0.1.2) (The Statistical Discovery Software), SAS Institute (jmp.com)

variables para cada elemento y dominio, lo que abunda en la idea de representar la variabilidad de las pautas de distribución geoquímica según el marco geológico.

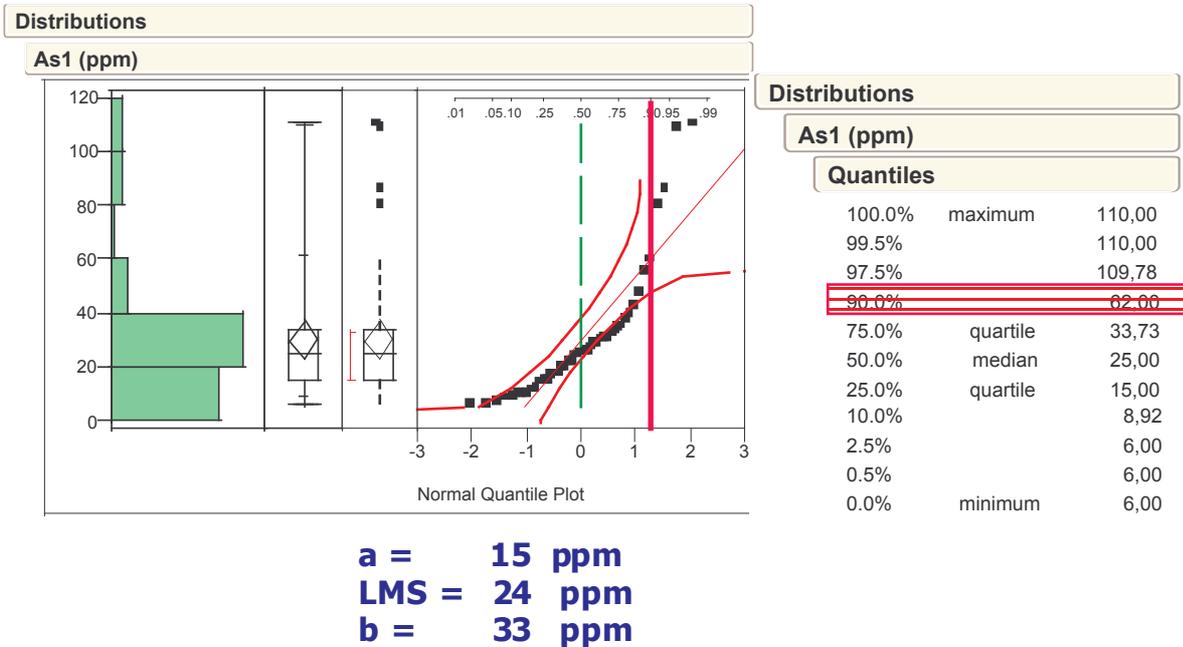


Figura 2.1.- Ilustración del estudio estadístico efectuado por dominios geológicos. El intervalo dibujado en rojo (entre a y b) corresponde al shortest-half y el valor medio entre a y b indica LMS.

En el estudio estadístico global se han utilizado 750 datos correspondientes al nivel superior (0-20 cm) y 600 al profundo (20-40 cm). Obviamente los resultados para cada población son diferentes.

En relación con los dominios geológicos se han distinguido las siguientes unidades y/o contextos geotectónicos (Figura 2.2), con las poblaciones que se indican:

	Nivel superior	Nivel Inferior
1. Zona Centro Ibérica	48	29
2. Zona Ossa Morena	73	33
3. Zona Surportuguesa	43	--
4. Zonas Externas de las Cordilleras Béticas	125	113
5. Zonas Internas de las Cordilleras Béticas	94	89
6. Unidad del Campo de Gibraltar	56	50
7. Cuenca del Guadalquivir	182	154
8. Otras Cuencas Postorogénicas	125	115

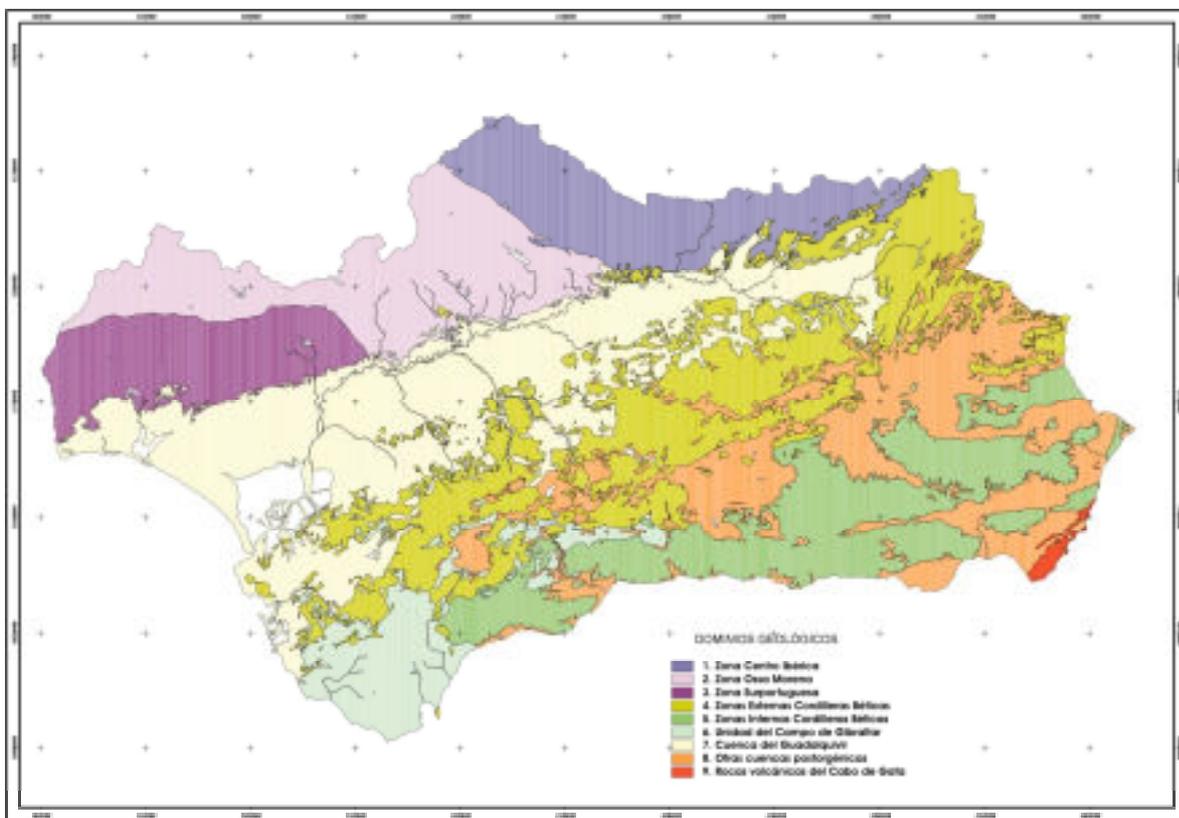


Figura 2.2. Dominios geológicos de Andalucía

No se ha realizado el estudio estadístico de las muestras pertenecientes a la zona volcánica del Cabo de Gata, debido al escaso número de muestras tomadas en este dominio.

2.4. Representación en Mapas de los resultados obtenidos

Los resultados a nivel de la Comunidad se representan en Mapas Geográficos de Andalucía a escala 1:400000, mediante círculos divididos en dos semicírculos, situados en el lugar del muestreo y con las siglas correspondientes (Al: Almería, Ca: Cádiz, Gr: Granada, etc.) seguidas de un número de orden. La parte superior corresponde al nivel 0-20 cm y la inferior al nivel de 20-40 cm. Cada uno está relleno de un color que corresponde al intervalo de concentraciones en las que se sitúa la muestra analizada. Cuando no se han obtenido muestras del nivel profundo el semicírculo inferior aparece en blanco (muestra inexistente). Por otra parte en Mapas Provinciales se representan los dominios geológicos que cubren su superficie, y de nuevo se sitúan los puntos muestrales, ahora con una simbología relativa al contenido propio de cada dominio. En total para cada provincia se obtuvieron siete mapas temáticos generales para Andalucía y siete temáticos con base geológica para cada provincia, uno para cada elemento, a escala 1:400.000.

Hay que señalar que un mismo punto muestral puede aparecer con diferente coloración según se encuentre en el Mapa de Andalucía (con referencia a toda la población), o cuando se encuadra en su dominio geotectónico (referido al conjunto de muestras propias de este contexto).

En todo caso en los mapas de Andalucía la coloración verde significa que el valor analítico de la muestra considerada está por debajo o igual al fondo (mediana). El color amarillo se adjudica a aquellos valores situados entre el fondo y el percentil 90; el color naranja se utiliza para los valores comprendido entre los percentiles 90 y 95 y finalmente el color rojo se adjudica a las muestras cuyos valores para los elementos considerados superan el percentil 95. Por otra parte, en los Mapas Geológicos Provinciales el color verde significa que el valor analítico de la muestra considerada está por debajo o igual al fondo (LMS). La coloración amarilla se adjudica a aquellos valores situados entre el fondo y “b”, mientras que el color naranja se utiliza para los valores comprendido entre “b” y el percentil 90, y finalmente el color rojo se adjudica a las muestras cuyos valores para el elemento considerado está en cantidades superiores al percentil 90. Gráficamente los intervalos y simbologías son los siguientes:

Mapa de Andalucía			
\leq Mediana	Mediana - P 90	P 90 – P 95	$>$ P 95
50%	40%	5%	5%

Mapas geológicos provinciales			
\leq LMS	$>$ LMS y \leq b	$>$ b y \leq P 90	$>$ P 90

En la leyenda de cada mapa aparecen los colores del intervalo que representan, para cada uno de los niveles, y para cada dominio en el caso de los mapas geológicos.

2.5. Valoración de los resultados obtenidos en la Fase 1

Los datos obtenidos se discuten en relación con:

1. Definición de niveles de fondo de los suelos de Andalucía para los elementos traza mayoritariamente presentes, de forma global y en particular de acuerdo con los distintos dominios geotectónicos representados en Andalucía
2. Abundancia y distribución de elementos no sistemáticamente presentes (Cd, Hg, Se).
3. Delimitación de las principales anomalías a nivel provincial.

2.6. Segundo muestreo (áreas anómalas)

Este segundo muestreo consistió en la recogida de un número de muestras variable, en las proximidades de aquellos lugares donde se detectaron anomalías altamente significativas. La estrategia del muestreo varió en relación con las particularidades del emplazamiento.

2.7. Determinaciones analíticas efectuadas a las muestras del segundo muestreo

En las muestras correspondientes al segundo muestreo se determinaron de nuevo los contenidos en elementos traza y pH de la fracción <2 mm, y ciertos parámetros de interés edafogeoquímico: materia orgánica, carbonatos, textura, hierro extraíble con ditionito y capacidad de cambio catiónico. En muestras seleccionadas se estudió además la mineralogía de la fracción fina y el pH de oxidación.

Los análisis de pH, textura, carbonatos, materia orgánica y óxidos de hierro libre se realizaron siguiendo la metodología propuesta en el Informe de la Consejería de Medio Ambiente (1999).

Para definir la textura, la distribución granulométrica se realizó en dos fases, en primer lugar por tamizado en húmedo se determinó el porcentaje de partículas >100µm y posteriormente la fracción <100µm se analizó por absorción de rayos—X (Sedigraph 5100).

La capacidad de cambio catiónico se obtuvo por el método Metson con acetato amónico a pH = 7.

El pH de oxidación se determinó en aquellas muestras con altos contenidos en arsénico, para prever que pudiera existir azufre pirítico, y por tanto, una solubilización de las formas de arsénico correspondiente. Para determinarlo a 5 g de suelo se le añaden 10 ml de peróxido de hidrógeno al 15%, ajustando el pH a 5,5 con NaOH. Se realizan medidas de pH a 2 min, 30 min, 120 min y 6 hrs. Hay que tener precaución al añadir el peróxido de hidrógeno en caso de que el suelo sea rico en materia orgánica ya que la efervescencia que se produce puede provocar derrames en caso de que el recipiente no sea suficientemente alto.

Para el estudio de la mineralogía de arcillas se separó por sedimentación en medio acuoso la fracción <2µm. Posteriormente esta fracción se saturó con 20 ml MgCl 1M, en dos ocasiones, eliminado el exceso por lavados y centrifugación sucesivas. Con la fracción <2µm saturada con Mg se prepararon agregados orientados que se sometieron a tratamientos de solvatación con etilenglicol y calentamientos a 300° y 550°C. Se obtuvieron diagramas de rayos-X de cada uno de estos tratamientos.

Los minerales de la arcilla presentes se identificaron siguiendo la metodología propuesta por Aparicio y Ferrell (2001).

2.8. Correlaciones estadísticas entre los parámetros edáficos y anomalías geoquímicas

El estudio de las principales correlaciones entre las anomalías y los parámetros edafológicos permiten dar un marco de referencia sobre la movilidad (disponibilidad actual o a corto plazo) de los elementos detectados y por tanto potencialidad de dispersión en el medio ambiente.

Las correlaciones establecidas cubren las siguientes variables para cada emplazamiento:

- a) correlaciones entre los elementos químicos
- b) correlaciones entre los elementos químicos y parámetros edáficos (pH, materia orgánica, carbonatos, textura, capacidad de cambio catiónico, hierro libre)

En el tratamiento estadístico se incluye el análisis factorial y de componentes principales. Por otra parte, las deducciones lógicas inherentes a estas correlaciones son además discutidas con los datos de mineralogía de arcillas y del pH de oxidación, para deducir la movilidad de los elementos tóxicos.

2.9. Conclusiones y recomendaciones

Al final de la segunda etapa se establecen consideraciones sobre el carácter de las anomalías detectadas en la primera fase. Para algunas de ellas se proponen nuevas investigaciones que lleven a la valoración de la potencialidad de dispersión en el medio ambiente.

Como *Anexos*, se tabulan los datos obtenidos por provincias/elementos. Además, cada punto de muestreo se acompaña de una ficha que incluye los datos de campo y resultados analíticos (Anexo I).

Todo el **Informe**, incluido mapas, tablas y fichas, se suministra además en soporte informático, de manera que los nuevos datos puedan ser incorporados fácilmente, y todos los parámetros estadísticos y correlaciones se puedan recalcular, reprocesándose y completándose si fuera necesario las representaciones gráficas.

El esquema representado en la Figura 2.3 es un diagrama de flujo donde se simboliza de forma resumida el Plan de Trabajo seguido.

REFERENCIAS

Aparicio P., Ferrell R.E. (2001) An application of profile fitting and Clay++ for the quantitative representation (QR) of mixed-layer clay minerals. *Clay Minerals* 36: 501-514.

CMA (Consejería de Medio Ambiente). 1999. Informe del Convenio “*Los criterios y estándares para declarar un suelo contaminado en Andalucía, y la metodología y técnicas de toma de muestra y análisis para su investigación*”. Elaborado por los Grupos de Investigación:

Rousseuw P.J., Leroy A.M. (1988) A robust scale estimator based on the shortest half. *Statistica Neerlandica* 42: 103-116.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1994). *Métodos Oficiales de Análisis de Suelos*.

PLAN DE TRABAJO

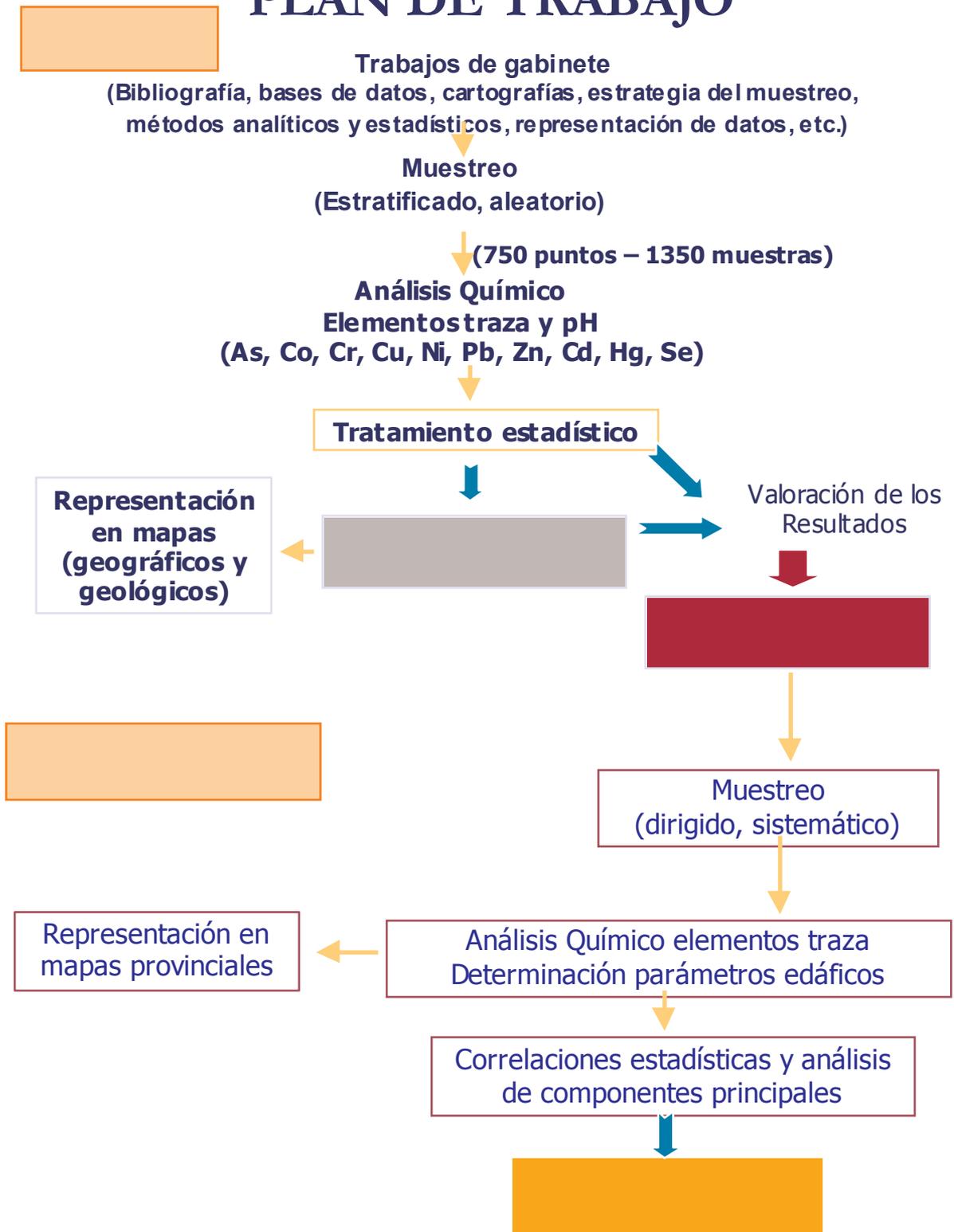


Figura 2.3.- Diagrama de flujo metodológico

III.- ANTECEDENTES

Como se ha indicado en la Introducción, el establecimiento de niveles de fondo para un territorio representa una medida de las variaciones geoquímicas de sus formaciones superficiales y es de gran interés no sólo desde un punto de vista científico y minero sino que constituye una poderosa arma para la planificación ambiental y para las políticas de salud ambiental y del desarrollo sostenible. Es por ello que en los últimos años son numerosos los gobiernos de países y comunidades autónomas que han desarrollado investigaciones para definir los niveles de fondo sobre los que basar su legislaciones para diagnosticar, prevenir y reducir la contaminación de sus suelos.

En esta línea, la International Union of Geological Sciences, la International Association of Geochemistry and Cosmochemistry y la UNESCO establecieron, en 1996, el grupo de trabajo “Global Geochemical Baselines” del Forum of European Geological Surveys (FOREGS) para continuar la labor iniciada en 1988 en el proyecto “International Geological Mapping” del “International Geological Correlation Program” y coordinar a nivel global los proyectos de niveles de fondo desarrollados por los distintos países (Darnley, 1995). Para la estandarización de métodos y

resultados se define la “Geochemical Reference Network” estableciéndose una red mundial de muestreo (Global Terrestrial Grid) con unas 5.000 celdas de 160x160 km (IGCP 360), de las que la Península Ibérica ocupa 25 celdas. La metodología a emplear se normaliza en la publicación del FOREGS “Geochemical Mapping Field Manual” (Salminen et al., 1998). En este informe se recomienda muestrear en cinco puntos de cada celda. Las muestras pueden tomarse de todo tipo de formaciones superficiales, como suelos (horizonte de 0-25 cm y horizonte C), materiales de llanuras de inundación y depósitos de los cauces de los cursos fluviales, y también las aguas superficiales.

En España, en la Comunidad de Madrid, Miguel et al. (2002) realizan un estudio para determinar las concentraciones de elementos traza en esta Comunidad. Toman 349 muestras de suelos (de 0-20 cm) evitando los sitios potencialmente contaminados, según una malla de 9 km². Los valores medios, mínimos y máximos, expresados en mg kg⁻¹, para algunos de los elementos traza fueron: As 9,9 (0,4-86,2); Cd 0,1 (0,01-1,09); Co 5,6 (0,3-28,3); Cr 14,9 (1,0-88,4); Cu 9,5 (1,01-89,6); Hg 0,03 (0,005-0,355); Mo 0,3 (0,02-3,27); Ni 9,0 (0,1-41,3); Pb 15,6 (3,1-290,6); Tl 0,2 (0,01-0,56); Zn 38,5 (3,3-165,1). Los niveles de fondo los subdividen en seis grupos de acuerdo con seis unidades de distintas litologías: rocas metamórficas, granitos, arcosas, calizas del páramo, yesos y margas yesíferas, y depósitos aluviales.

En la Comunidad Aragonesa, Navas y Machín (2002) analizan la distribución de 15 elementos traza en 133 puntos elegidos en sitios potencialmente no contaminados y representativos de la tipología de suelos existente en la Comunidad (calcisoles, cambisoles, kastanozems, leptosoles y regosoles, fundamentalmente, junto a menores ocupaciones de fluvisoles, gypsisoles, phaeozems y solonchaks). Las muestras se toman a una profundidad de 40-50 cm y con una densidad de muestreo de una muestra cada 338 km². Los valores medios, mínimos y máximos obtenidos, en mg kg⁻¹, fueron: As 11,8 (no detectado-58,9); Cd 0,75 (no detectado-4,55); Co 7,0 (no detectado-45,0); Cr 21,0 (2,3-95,3); Cu 10,3 (0,7-58,2); Ni 19,3 (2,3-210); Pb 8,3 (no detectado-146); Sn 8,5 (no detectado-160,2); Zn 55,6 (6,5-619,5).

En el País Vasco, el IHOBE (Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente) publica un

estudio (IHOBE, 1993) sobre los niveles de fondo de determinados metales pesados, tras un muestreo de 58 perfiles de suelos representativos. Los valores medios, mínimos y máximos, son (en mg kg⁻¹): Cd 0,35 (0,12-0,91); Co 9,6 (0,27-57,7); Cr 28,5 (6,1-157); Cu 13,3 (2,76-38,9); Hg 0,23 (0,1-0,32); Mo 1,25 (0,27-4,11); Ni 17 (1,99-101,5); Pb 25,4 (2,2-159,2); Zn 64 (3,56-218).

En Andalucía, Menjivar (2001), analiza la concentración en metales pesados de los suelos de olivar de la hoja 948 (Provincia de Jaén) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000. Toma 50 perfiles a dos profundidades (0-20 y 20-50 cm), con una densidad de muestreo de un punto muestral cada 10 Km². Los valores medios, mínimos y máximos obtenidos para algunos elementos traza son: As 5,43 (1-12); Cr 44,2 (9-99); Cu 19,5 (2-53); Ni 20,0 (4-46); Pb 22,6 (7-73); Zn 35,1 (2-65).

En Portugal, Ferreira et al. (2001) realizan un mapa de niveles de fondo tomando 653 puntos muestrales de suelos (0-25 cm) con una densidad de 1 muestra por cada 135 km². Los valores medios, mínimos y máximos encontrados, en mg kg⁻¹, fueron: As 17 (1-82); Co 10 (1-84); Cr 26 (1-336); Cu 21 (1-245); Ni 22 (1-880); Pb 26 (3-585); Zn 59 (5-738). En líneas generales encuentran buenas correlaciones entre los elementos traza y los factores geológicos y, en ocasiones, con los antropogénicos (concretamente el Pb).

En Francia, el programa ASPITET analiza la distribución de elementos traza (Baize, 1997). Se muestrean 580 horizontes de suelos correspondientes a 237 puntos. Las concentraciones (en mg kg⁻¹) resultantes para la mediana, mínimo y máximo de algunos de los elementos traza analizados son: Cd 0,13 (0,01-8,1); Co 13,9 (no detectado-148); Cr 64,8 (no detectado-534); Cu 12,4 (no detectado-61,5); Ni 29,7 (no detectado-478); Pb 31,2 (2,2-1560); Tl 0,29 (0,04-55); Zn 72 (no detectado-3820). De estos resultados se ha excluido a los suelos claramente contaminados. Las concentraciones de los distintos elementos se agrupan por tipos de rocas, granulometrías y familias edáficas.

En Cerdeña (De Vivo et al., 1997) se han construido mapas de niveles de fondo de Ag, Co, Cu, F, Hg, Mn, Mo, Pb, Sb y Zn, partiendo de 18.890 muestras de sedimentos de los cauces de cursos fluviales, con una densidad de muestreo de 2

muestras por cada km². Los valores medios, mínimo y máximo obtenidos para algunos de estos metales pesados han sido, (en mg kg⁻¹), de 19 (1-245) para el Co; 77 (1-1046) para el Cr; 38 (1-4325) para el Cu; 33 (1-575) para el Ni; 87 (2-10362) para el Pb; 196 (1-9120) para el Zn. Valores bastante elevados con respecto a los resultados de otras regiones, especialmente los máximos, hecho indicativo de una alta contaminación. En esta isla se ponen de manifiesto la asociaciones de: Cr, Ni, F y Co; Zn, Mn, Pb y Cu; y Sb con Mo.

En Croacia, Miko et al. (2001) presentan los mapas de distribución de 24 elementos químicos (Al, As, Ba, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, La, K, Na, Ni, Mg, Mn, P, Pb, Sc, Sr, Ti, Th, V, Y, Zn y Hg) para dos amplias zonas con características diferentes, una carbonatada (calizas y dolomías karsticas) y otra sin carbonatos (rocas silíceas de orígenes metamórficos, ígneos y sedimentarios). Realizan un muestreo de 697 suelos a lo largo de 12.950 km² con una densidad de muestreo de 1 muestra cada 20 km². Los resultados muestran que los suelos desarrollados a partir de materiales carbonatados presentan más altos valores en casi todos los elementos analizados, con la exclusión de K, Na, Mg y Ba. El 4% de los suelos muestran claros indicios de contaminación en Pb.

En Hungría (Odor et al., 1997) se muestrea las formaciones superficiales (el 90% del territorio está constituido por sedimentos jóvenes) a 0-10 cm y 50-60 cm de profundidad, con una densidad de muestreo de una muestra cada 225 km². Las diferencias entre las concentraciones de las muestras superficiales y subsuperficiales son generalmente muy bajas, si bien el Pb se concentra claramente en el horizonte superficial en el 40% de las muestras. Los valores medios, mínimos y máximos obtenidos para las muestras de superficie (0-10cm) muestran que en general sus concentraciones no son muy elevadas (en mg kg⁻¹): As 11 (no detectable-230); Cd 0,65 (no detectable-13); Co 8,7 (1,5-18); Cr 25 (2,7-470); Cu 25 (3,9-400); Hg 0,11 (no detectable-1,1); Ni 22 (5,0-58); Pb 21 (4,2-290); Zn 79 (4,0-900).

En la República de Eslovaquia, Vrana et al. (1997) han publicado un mapa nacional a escala 1:1.000.000 junto a otros más detallados a escala 1:200.000. Se muestrearon cerca de 5.000 suelos, con muestras de los horizontes A, B y C, según una malla compuesta por celdas de 10 km². El As se encuentra en estos suelos con una media de 7,1 mg kg⁻¹ en el horizonte A mientras que el valor baja a 6,4 mg kg⁻¹ para el

horizonte C. Los contenidos se elevan espectacularmente en las áreas próximas a las minas y fundiciones con un valor máximo de 2438 mg kg⁻¹. Para el Cr los valores medios son de 85 mg kg⁻¹ en el horizonte A y de 86 mg kg⁻¹ en el C. En las cercanías de las fundiciones y minas los valores alcanzan hasta los 6000 mg kg⁻¹. En el caso del Cu el valor medio tanto del horizonte A como del C es de 17 mg kg⁻¹. Para el Sb los valores de los horizontes A y C son 0,6 y 0,5 mg kg⁻¹, respectivamente. El Zn presenta un valor medio de 51 mg kg⁻¹ en el horizonte A y de 54 en el C; el máximo valor es de 2160 mg kg⁻¹ en los alrededores de una mina. En los suelos agrícolas el horizonte A presenta una media de 0,2 mg kg⁻¹ de Cd, mientras que en las áreas mineras las concentraciones suben hasta 18 mg kg⁻¹. En 1999, Rapant et al. publican mapas de Eslovaquia a escala 1:100.000 de todo el territorio con niveles de fondo para suelos, sedimentos, rocas y aguas.

En Polonia, el Polish Geological Institute ha publicado varios mapas de niveles de fondo de los suelos (Lis et al., 1997), a nivel de todo el territorio, a escala 1:2.500.000, con una red de muestreo de 25 km² por muestra (10.840 muestras). Aparecen extensas anomalías en Sr que parecen estar relacionadas con los materiales yesíferos. El Cd, Pb y Zn presentan altas anomalías en la zona norte de Silesian, inducidas por actividades mineras. Estas anomalías tienen importantes efectos económicos y repercuten sobre la salud de los habitantes por lo que han sido analizadas a escalas grandes (1:100.000 a 1:25.000) con altas densidades de muestreo (1 por km²). A nivel local aparecen numerosas anomalías debidas casi exclusivamente a acciones antropogénicas. El Cd alcanza 253 mg kg⁻¹, el Pb 16.972 mg kg⁻¹ y el Zn 87.500 mg kg⁻¹. En los alrededores de Varsovia los suelos presentan altas concentraciones de Pb, Zn, Cu, Cd y Hg. Cerca de una fábrica de cables se obtienen los más altos valores de Cu (300 mg kg⁻¹). El máximo valor de Zn está junto a una fabrica de barnices, el de Hg (10 mg kg⁻¹) próximo a una factoría de lámparas y el del As (2280 mg kg⁻¹) en los alrededores de una empresa de curtidos.

En Lituania, Gregorauskiene y Kadunas (1997) han elaborado un conjunto de mapas para niveles de fondo a escalas regional (1:2.500.000 a 1:500.000), comarcal (1:50.000 y 1:25.000) y local (1:10.000 a 1:1.000) con el objetivo de controlar las variaciones en los niveles de fondo producidas en el nivel superior de los suelos y en el

fondo de los reservorios de agua como resultado de las actividades antrópicas. A escala regional se tomaron 815 muestras del horizonte superficial, con una densidad de muestreo de 1 muestra cada 100 km². Los resultados ponen de manifiesto una fuerte dependencia de las concentraciones de metales pesados en los suelos con las granulometrías. Los suelos arcillosos son los que presentan más altos niveles. Los resultados obtenidos para los valores medios de los suelos de texturas arcillosas, francas y arenosas, en mg kg⁻¹, son: Co 7,17 - 5,91 - 3,47; Cr 50,7 - 41,5 - 21,1; Cu 12,02 - 10,7 - 6,3; Mo 0,85 - 0,79 - 0,67; Ni 22,5 - 17,2 - 9,7; Pb 12,8 - 13,5 - 14,6; Sn 2,45 - 2,08 - 1,83; Zn 15,2 - 15,2 - 14,2. Las zonas potencialmente contaminadas se estudian a escala local (1:10.000 a 1:1.000), algunos metales (Zn, Pb, Cu, Sn, Ag, Cr y Ni) se acumulan hasta 12 veces más que los niveles encontrados en el estudio nacional, mientras que otros (Sb, Bi, Ce y La) llegan a rebasar estos niveles en más de cien veces.

En Suecia, Zhang et al. (1998) estudian los metales pesados de 758 muestras de tillitas según un muestreo de celdillas de 75x75 km, con una litología básica muy variada (rocas ígneas básicas, granitos, volcánicas ácidas y sedimentarias). Los valores obtenidos (en mg kg⁻¹) para la mediana y los mínimos, y máximos son: Co 17 (2-58); Cr 39 (11-389); Cu 14 (2-193); Ni 12 (2-204); Pb 28 (9-323); Zn 49 (16-288).

En la Península de Kola en el Mar de Barents (NE de Noruega, N de Finlandia y NW de Rusia) se ha desarrollado un proyecto internacional (The Kola Project) por los "Geological Surveys" de Finlandia y Noruega y la "Central Kola Expedition" de Rusia (Reimann et al., 2001). Se trata de un área de unos 180.000 km² altamente contaminada por minas y fábricas de transformación de productos (fundiciones, tostadoras e industrias navales) principalmente de Fe, Ni, Cu, carbón, apatito y productos nucleares. En el subproyecto regional "Geochemical Mapping Program" se eligieron 630 puntos muestrales, con una densidad de muestreo de una muestra cada 300 km², en los que se analizaron los elementos traza de musgos, humus, horizonte superficial de los suelos (0-5 cm, horizontes B y C). Se han realizado mapas de distribución de 40 elementos, poniéndose de manifiesto el origen antrópico de ciertos metales, preferentemente Ni y V. Los valores medios, mínimos y máximos encontrados para los horizontes O, son (expresados en mg kg⁻¹): As 1,16 (0,36-43,5); Cd 0,30 (0,07-1,39); Co 1,57 (0,21-96);

Cr 2,91 (0,39-109); Cu 9,69 (2,69-4080); Mo 0,26 (0,09-5,45); Ni 9,2 (1,5-2880); Pb 18,8 (4,1-1110); Zn 46 (12-198). Reimann y Caritat (1998) publican los siguientes valores para el horizonte superficial (0-5 cm) y para el horizonte C. Horizonte superficial: As <0,05 (<0,05-16); Co 5 (<1-43); Cr 53 (<5-670); Mo 0,26 (0,09-5,45); Ni <20 (<20-280); Pb 3,05 (0,81-27,7); Zn <50 (<50-223). Horizonte C: As <0,05 (<0,05-54); Co 13 (<1-57); Cr 99 (11-910); Mo <1 (<1-19); Ni <20 (<20-280); Pb 1,6 (0,3-45,3); Zn 66 (<50-356).

En Florida, Brinkman (1998) estudia la distribución de 18 elementos químicos (Pb, As, Sr, Ba, Zn, Cu, Ni, Sc, V, Cr, Al, Fe, Mg, Mn, Ca, Na, K, y Ti) en los suelos de este estado norteamericano. Para ello selecciona los tipos de suelos más representativos, (Psamments, Aquepts, Udalfs, Aqualfs, Sapristis, Hemists, Aquepts, Udolls, Aquolls, Humods, Aquods, Aquults, y Udufts.) en sus lugares menos contaminados, muestreando el perfil completo. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto una gran heterogeneidad de las concentraciones entre los tipos de suelos. A partir de los valores obtenidos se proponen unos niveles guía para controlar la posible contaminación de los suelos. También en Florida, Chen et al. (1999) delimitan los niveles de fondo de 15 elementos traza en horizontes subsuperficiales de suelos. Analizan 448 muestras (la mayoría corresponden a suelos muy arenosos) que cubren el 80% del área del citado estado. Los resultados obtenidos (en mg kg⁻¹) para las medianas y los mínimos y máximos de algunos elementos fueron: As 0,35 (0,01-50,6); Cd 0,004 (<0,004-2,80); Cr 8,40 (0,02-447); Cu 1,90 (0,1-318); Mo 1,0 (0,04-14,1); Ni 8,55 (0,04-375); Pb 4,89 (0,18-290); Se 0,08 (0,01-4,62); Zn 4,6 (0,90-169); y el Hg, expresado en µg kg⁻¹, 4,31 (0,62-430). Los valores son realmente bajos, aunque justificables al tratarse de suelos de texturas muy groseras.

En China, en 1979 se inicia el “Regional Geochemistry-National Reconnaissance” cuyo objetivo es construir el “National Geochemistry Mapping” a escala 1:10.000.000 ó 1:5.000.000 a partir de mapas regionales a escalas de 1:200.000 (Xie et al., 1997). Se han realizado mapas a esta escala para todo el país de 37 elementos. Para ello se ha realizado muestreos de los sedimentos de los cauces de cursos fluviales (5-25 y 80-120 cm) y suelos (Xie y Cheng, 2001) con una densidad de muestreo de 1 muestra cada 4, 20 y 50 km².

Otras fuentes de información sobre las concentraciones de metales pesados y elementos traza se encuentran recogidas en diversos tratados (Bowen, 1979; Mas y Azcue, 1993; Ross, 1994; Allen et al., 1995; Alloway, 1995; Salomons et al., 1995; Pais y Benton, 1997; Reimann y Caritat 1998; Adriano, 2001; Bohn et al., 2001; Kabata Pendias, 2001). En las tablas 1.1 a 1.13 se resumen los valores más representativos. En general se observa una gran diversidad de valores, especialmente en lo que respecta a los valores máximos.

Los valores medios para el As en rocas son frecuentemente de 1 y 2 mg kg⁻¹ para las ígneas, calizas y areniscas, mientras que las concentraciones aumentan hasta 13 mg kg⁻¹ para las arcillas, pizarras y esquistos. En los suelos los niveles de fondo (mediana) para Europa oscilan entre 0,2 y 41 mg kg⁻¹, siendo los valores más usuales 6 y 7 mg kg⁻¹ (tabla 1.1).

Los valores de la mediana para el Cd en rocas se encuentran en el intervalo de 0,05 a 1,40 mg kg⁻¹, mientras que en los suelos los valores oscilan, entre 0,02 y 1,76 mg kg⁻¹ para Europa (tabla 1.2).

Con respecto al Co (tabla 1.3) en las rocas (excluidas la ultramáficas) los valores varían entre los 0,1 mg kg⁻¹ de las calizas y los 45 mg kg⁻¹ de los basaltos. En los suelos los niveles de fondo para Europa, están comprendidos entre 2,3 y 21,5 mg kg⁻¹.

Para el Cr las concentraciones en las rocas son más altas, el contenido más bajo corresponde a granitos y el más elevado a las rocas ultramáficas llegando a 3000 mg kg⁻¹. En los suelos, los valores más frecuentes para la mediana están comprendidos entre 40-60 mg kg⁻¹ (tabla 1.4).

Las calizas son las rocas que presentan los contenidos más bajos en Cu y los basaltos los más altos superiores a 90 mg kg⁻¹, mientras que en los suelos los niveles de fondo usuales están en el intervalo de 10-30 mg kg⁻¹ (tabla 1.5).

El Hg presenta unos fondos geoquímicos naturales en rocas del orden de 0,02 a 0,30 mg kg⁻¹ y en los suelos los niveles de fondo son bastante homogéneos con valores a nivel global del orden de 0,1 mg kg⁻¹ (tabla 1.6).

Calizas y areniscas son las rocas con menores contenidos en molibdeno $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$, los más elevados se dan en pizarras y esquistos, $2,6 \text{ mg kg}^{-1}$. Las concentraciones medias para los suelos son del orden de $2,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (tabla 1.7).

En lo referente al Ni el fondo geoquímico para las rocas es muy variable, de $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ (granitos) a 2000 mg kg^{-1} (igneas ultramáficas) dependiendo del tipo de roca. En los suelos las cifras más comunes a nivel mundial se encuentra entre 20 y 30 (tabla 1.8).

Para el Pb los niveles en rocas varían entre $0,05$ y 24 mg kg^{-1} , siendo los más elevados los correspondientes a arcillas, pizarras, esquistos y granitos. En los suelos valores a nivel global oscilan entre 10 y 35 mg kg^{-1} (tabla 1.9).

Del Se, Sn y Tl se encuentran pocos datos en la bibliografía. Para el Se los valores representativos pueden ser de $0,05$ - $0,6 \text{ mg kg}^{-1}$ en rocas y de $0,05$ a $1,27 \text{ mg kg}^{-1}$ para Europa (tabla 1.10). En el caso del Sn, la mediana se encuentra en el intervalo de $0,3$ - 6 mg kg^{-1} para las rocas y de $1,1$ a $5,8 \text{ mg kg}^{-1}$ a nivel global (tabla 1.11). Para el Tl los valores se encuentran en el intervalo de $0,05$ - $1,2 \text{ mg kg}^{-1}$ para rocas y de $0,05$ a $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ para Europa (tabla 1.12).

Finalmente el Zn presenta unos valores medios que oscilan entre los 16 mg kg^{-1} de las calizas y los 120 mg kg^{-1} de las arcillas, pizarras y esquistos. En el caso de los suelos los niveles de fondo de este metal pesado varían ampliamente entre 7 y 236, siendo valores usuales los comprendidos entre 40 y 70 mg kg^{-1} (tabla 1.13).

Tabla 3.1. Valores representativos para el As.

ROCAS

Litosfera			
1,0 / 1,8	--	Reimann y Caritat 1998	
1,5	--	Alloway 1995; Pais y Benton, 1997	
Igneas ultramáficas			
0,5 / 1,0	--	Kabata Pendias, 2001	
0,7	--	Reimann y Caritat 1998	
1,0	--	Alloway 1995	
3,0	(0,3-16)	Adriano, 2001	
Basaltos			
--	(0,6 -2,0)	Kabata Pendias, 2001	
0,7	--	Reimann y Caritat 1998	
1,5	--	Azcue, 1993; Alloway 1995	
2,0	(0,2-10)	Adriano, 2001	
Granitos			
1,0 / 2,6	--	Kabata Pendias, 2001	
1,5	--	Azcue, 1993; Alloway 1995	
1,5 / 3	(0,06-113)	Adriano, 2001	
2,0	(0,2-13,8)	Adriano, 2001	
3,0	--	Reimann y Caritat 1998	
Calizas			
1,0	--	Azcue, 1993; Alloway 1995	
1,0 / 2,4	--	Kabata Pendias, 2001	
1,5	--	Reimann y Caritat 1998	
1,7	(0,1-20)	Adriano, 2001	
Areniscas			
0,5	--	Reimann y Caritat 1998	
1,0	--	Azcue, 1993; Alloway 1995	
1,0 / 1,2	--	Kabata Pendias, 2001	
2,0	(0,6-9,7)	Adriano, 2001	
4,1	(0,6-120)	Adriano, 2001	
Arcillas, pizarras y esquistos			
5 / 13	--	Kabata Pendias, 2001	
13	--	Azcue, 1993; Reimann y Caritat 1998	
13 (1-900)	Alloway 1995		
14	(0,3-500)	Adriano, 2001	

SUELOS. NIVELES DE FONDO

Arenosos y podzoles			
0,35	(0,01-50,6)	Florida, USA	Chen et al., 1999
4,0	(0,1-30)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
4,6	(2,4-6,8)	Japón	Kabata Pendias, 2001

5,1	(<0,1-30)	USA	Kabata Pendias, 2001
5,8	(1,1-28,9)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
10,1	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995

Limosos

13,9	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
Francos y arcillosos			
4,8	(1,3-16,7)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
14 / 18,2	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
Fluvisoles			
8,0	(0,09-15)	Aragón	Navas y Machín, 2002
13,5	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
25	(20-30)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
Regosoles			
4,5	(1-9,3)	Torres , Jaén	Menjivar, 2001
11	(1-20)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Solonchaks			
13	(0,05-17)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Calcisoles			
5,7	(2,4-12)	Torres , Jaén	Menjivar, 2001
6,0	(0,8-26)	Aragón	Navas Machín, 2002
Chernozems y kastanozems			
8,2	(<8,2-11,2)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
8,5	(1,9-23)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
8,8	(1,9-23)	USA	Kabata Pendias, 2001
10	(0,08-24)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Cambisoles			
7,7	(6-9,6)	Torres , Jaén	Menjivar, 2001
8,4	(1,3-27)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
14	(0,05-38)		
Histosoles			
5,0	(<0,1-48)	USA	Kabata Pendias, 2001
9,3	(0,1-66,5)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
14	(1,8-66,5)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
Forestales			
2,2	(0,6-5)	Noruega	Kabata Pendias, 2001
7,0	(<0,1-93)	USA	Kabata Pendias, 2001
España			
5,4	(1-12)	Torres, Jaén	Menjivar, 2001
9,9	(0,4-86,2)	Madrid	Miguel et al., 2002
12	(0-58,9)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Europa			
<0,05	--	Península Kola	Reimann y Caritat 1998
0,2	(0,07-0,35)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
1,5	(<0,2-12)	Finlandia	Reimann y Caritat 1998
2,5	(0,7-8,8)	Noruega	Kabata Pendias, 2001
5,6	(2-10,4)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
11	(0-230)	Hungría	Odor et al., 1997
16	(4-95)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
17	(1-82)	Portugal	Ferreira et al., 2001
41	(4-197)	Italia	Kabata Pendias, 2001
Resto del mundo			
6,6	(0,2-19)	Canadá	Reimann y Caritat 1998
7,0	(<0,1-93)	USA	Kabata Pendias, 2001
7,4	--	USA	Adriano, 2001

11	(0,4-70)	Japón	Kabata Pendias, 2001
A nivel global			
--	(0,1-50)	Mundo	Alloway, 1995
5,0	--	Mundo	Reimann y Caritat 1998
5,0	(1-50)	Mundo	Bohn et al., 2001
5,0	(0,1-40)	Mundo	Pais y Benton, 1997
6,0	(0,1-40)	Mundo	Bowen, 1979
7,2	(0,1-55)	Mundo	Adriano, 2001

Los valores están representados en mg kg^{-1} . Las cifras representadas entre paréntesis y separadas por “-“ representan a los mínimos y máximos (aunque en ocasiones los autores no se refieren a los valores absolutos sino que reproducen los valores mínimo y máximos frecuentes). El resto se refiere a los valores medios (en algún caso se trata de la mediana). Cuando se reproduce más de un valor medio los datos se separan por “/”.

Tabla 3.2. Valores representativos para el Cd.

ROCAS

Litosfera

0,10	--	Reimann y Caritat 1998
0,11	--	Alloway, 1995; Pais y Benton, 1997
0,20	--	Bohn et al., 2001

Igneas ultramáficas

0,05	--	Reimann y Caritat 1998
0,05	(0,0-0,2)	Adriano, 2001
0,12	--	Ross, 1994; Alloway, 1995
--	(0,03-0,05)	Kabata Pendias, 2001

Basaltos

0,13	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995
0,20	--	Reimann y Caritat 1998
0,20	(0,006-0,6)	Adriano, 2001
--	(0,13-0,20)	Ross, 1994
--	(0,13-0,22)	Kabata Pendias, 2001

Granitos

0,09	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995
0,10	--	Reimann y Caritat 1998
0,15	(0,003-0,18)	Adriano, 2001
--	(0,09-0,20)	Ross, 1994; Kabata Pendias, 2001

Calizas

0,028	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995
0,035	--	Kabata Pendias, 2001
0,05	--	Adriano, 2001
0,10	--	Reimann y Caritat 1998
--	(0,028- 0,1)	Ross, 1994

Areniscas

<0,04	--	Reimann y Caritat 1998
0,05	--	Azcue, 1993; Ross, 1994; Alloway, 1995; Adriano, 2001;
0,05	--	Kabata Pendias, 2001

Arcillas y pizarras y esquistos

0,20	--	Ross, 1994
0,22	--	Azcue, 1993
0,22	(<0,22-240)	Alloway, 1995
0,25	--	Reimann y Caritat 1998
1,40	(0-11)	Adriano, 2001
--	(0,22-0,30)	Kabata Pendias, 2001

SUELOS. NIVELES DE FONDO

Arenosos y podzoles

0,004	(<0,04-80)	Florida, USA	Chen et al., 1999
0,07 / 0,29	--	Polonia	Kabata Pendias, 2001
0,14	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
0,15	--	Checoslovaquia	Gzyl, 1999
0,21	--	USA	Kabata Pendias, 2001
0,30	(0,2-3,8)	Canadá	Reimann y Caritat 1998
0,37	(0,01-2,7)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
0,43	--	Canada	Kabata Pendias, 2001
0,90	(0,2-2,7)	Rumania	Kabata Pendias, 2001

Limosos			
0,20	(0,18-0,20)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
0,22	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
Francos y arcillosos			
0,16	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
0,26 / 0,68	(0,08-0,58)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
0,27	(0,13-0,55)	USA	Kabata Pendias, 2001
0,64	(0,12-1,61)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
0,90	(0,5-1,6)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
Fluvisoles			
0,25	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
0,30	(0,24-0,36)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
0,37	(0,21-0,52)	Austria	Kabata Pendias, 2001
0,40 / 0,5	--	Mundo	Kabata Pendias, 1995
0,6	(0,2-0,8)	Aragón	Navas y Machín, 2002
1,1	(0,41-2)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
Regosoles			
0,6	(0,08-3,4)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Solonchaks			
0,6	(0,05-1,5)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Rendzinas			
0,6	(0,30-0,84)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
Calcisoles			
0,3	(0,05-1,2)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Chernozems y kastanozems			
0,38	(0,18-0,58)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
0,44	(0,18-0,71)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
0,61	(0,55-0,71)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
0,90	(0,05-3,6)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Cambisoles			
0,27	(0,05-0,71)	USA	Kabata Pendias, 2001
0,33	(0,22-0,49)	Austria	Kabata Pendias, 2001
0,40	(0,05-2,3)	Aragón	Navas y Machín, 2002
0,45	(0,08-1,61)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
0,70	(0,3-1,4)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
Histosoles			
0,57	(0,19-1,22)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
0,72	(0,36-1,44)	USA	Kabata Pendias, 2001
0,78	(0,19-2,2)	Mundo, histosoles	Kabata Pendias, 2001
1,05	(0,8-2,2)	Dinamarca	Kabata Pendias, 2001
Forestales			
0,73	(0,5-1,5)	USA	Kabata Pendias, 2001
0,80	(<0,5-12,4)	Noruega	Reimann y Caritat 1998
España			
0,10	(0,01-1,09)	Madrid	Miguel et al., 2002
0,35	(0,12-0,91)	País Vasco	IHOBE, 1993
0,75	(0-4,55)	Aragón	Navas y Machín, 2002
1,70	--	España	Adriano, 2001
Europa			
0,024	(0,005-0,236)	Península Kola	Reimann y Caritat 1998
0,12	(<0,01-0,448)	Finlandia	Reimann y Caritat 1998
0,13	(0,01-8,1)	Francia	Baize, 1997
0,20	--	Austria	Adriano, 2001
0,24	--	Dinamarca	Adriano, 2001
0,25	--	Dinamarca	Kabata Pendias, 2001

0,29	(0,19-0,46)	Austria	Kabata Pendias, 2001
0,29	(0,24-0,35)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
0,31	--	Suiza	Baize, 1997
0,32	--	Rusia	Kabata Pendias, 2001
0,33	--	Bélgica	Adriano, 2001
0,41	--	Polonia	Baize, 1997
0,41	(0,1-0,6)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
0,44	--	Alemania	Baize, 1997
0,44	(0,07-0,89)	Italia	Kabata Pendias, 2001
0,47	--	Escocia	Adriano, 2001
0,52	--	Alemania	Adriano, 2001
0,53	--	Italia	Adriano, 2001
0,65	--	Noruega	Adriano, 2001
0,65	(0-13)	Hungría	Odor et al., 1997
0,70	--	Reino Unido	Baize, 1997
0,70	--	Inglaterra y Gales	Adriano, 2001
0,70	(<0,2-40,9)	Inglaterra y Gales	Reimann y Caritat 1998
0,74	--	Francia	Adriano, 2001
0,79	--	Europa	Adriano, 2001
0,80	(0,2-41)	Inglaterra y Gales	McGrath y Loveland, 1992
0,80	(0,3-1,8)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
1,00	(0,27-4)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
1,00	--	Rumania	Petzold et al., 2003
1,20	--	Suecia	Adriano, 2001
1,76	--	Holanda	Adriano, 2001
Resto del mundo			
0,10	--	China	Adriano, 2001
0,20	--	USA	Baize, 1997
0,26	--	USA	Holgreem et al, 1993
0,42	(0,01-13,9)	Australia	Adriano, 2001
0,44	(0,03-2,53)	Japón	Kabata Pendias, 2001
0,56	--	Canadá	Kabata Pendias, 2001
A nivel global			
0,06	(0,01-7)	Mundo	Bohn et al., 2001
0,06	(0,1-7)	Mundo	Pais y Benton, 1997
0,30	--	Mundo	Reimann y Caritat 1998
0,32	(0,01-2)	Mundo	Bowen, 1979
0,35	--	Mundo	Azcue, 1993
0,35	(0,01-2,0)	Mundo	Adriano, 2001
0,40	(<0,4-1,8)	Mundo	Allen et al., 1995
0,62	(0,01-2,4)	Mundo	Alloway, 1995
--	(0,01-7)	Mundo	Ross, 1994
--	(0,01-3)	Mundo	Pais y Benton, 1997

Los valores están representados en mg kg⁻¹. Las cifras representadas entre paréntesis y separadas por “-“ representan a los mínimos y máximos (aunque en ocasiones los autores no se refieren a los valores absolutos sino que reproducen los valores mínimo y máximos frecuentes). El resto se refiere a los valores medios (en algún caso se trata de la mediana). Cuando se reproduce más de un valor medio los datos se separan por “/”.

Tabla 3.3. Valores representativos para el Co.

ROCAS

Litosfera			
11 / 12		Reimann y Caritat 1998	
20		Alloway, 1995; Pais y Benton, 1997	
40		Bohn et al., 2001	
Igneas ultramáficas			
110		Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998	
--	(100-200)	Kabata Pendias, 2001	
--	(110-150)	Ross, 1994	
Basaltos			
35		Alloway, 1995	
45		Reimann y Caritat 1998	
--	(35-50)	Ross, 1994; Kabata Pendias, 2001	
Granitos			
1		Ross, 1994; Alloway, 1995	
4		Reimann y Caritat 1998	
--	(1-7)	Kabata Pendias, 2001	
Calizas			
0,1		Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998	
--	(0,1-3)	Kabata Pendias, 2001	
--	(0,1-4)	Ross, 1994	
Areniscas			
0,3		Ross, 1994; Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998	
--	(0,3-10)	Kabata Pendias, 2001	
Arcillas, pizarras y esquistos			
19		Alloway, 1995	
19 / 20		Ross, 1994	
20		Reimann y Caritat 1998	
--	(11-20)	Kabata Pendias, 2001	

SUELOS. NIVELES DE FONDO

Arenosos y podzoles			
2,0	(0,1-12)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
3,5	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
3,5	(0,4-20)	USA	Kabata Pendias, 2001
5,5	(0,1-65)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
6,4	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
14	(4-25)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
--	(0,8-6)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
--	(21-65)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
Limosos			
5,2		Rumania	Kabata Pendias, 2001
7,0	(3-23)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
11	(3-30)	USA	Kabata Pendias, 2001
11,7	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
--	(4-13)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
--	(17-24)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
Francos y arcillosos			
5,9	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997

5,9	--	Rusia	Kabata Pendias, 2001
6,0 / 9,1	(4-29)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
7,2	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
8	(3-30)	USA	Kabata Pendias, 2001
14	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
18	(13-24)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
18	(15-23)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
--	(3-6)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
--	(19-58)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
Fluvisoles			
6	(2-8)	Aragón	Navas y Machín, 2002
6,4	--	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
10	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
18	(16-21)	Egipto	Kabata Pendias, 2001
--	(5,3-13)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
Regosoles			
6	(2-13)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Rendzinas			
4,5	(2,2-22)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
6,1	--	Alemania	Kabata Pendias, 2001
9,5	(3-20)	USA	Kabata Pendias, 2001
12	(1-70)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
27	/1-70)	China	Kabata Pendias, 2001
--	(10-12)	Irlanda	Kabata Pendias, 2001
Calcisoles			
5	(1-21)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Chernozems y kastanozems			
2,9	(2,3-3,8)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
7,0	(3-14)	Aragón	Navas y Machín, 2002
7,5	(0,5-50)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
7,5	(3-15)	USA	Kabata Pendias, 2001
12	(0,5-50)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
12	(5-17)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
--	(2-10)	Irlanda	Kabata Pendias, 2001
--	(9,5-18)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
Solonchaks			
7,0	(6-8)	Aragón	Navas y Machín, 2002
10,4	(9-14)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
--	(15-30)	Madagascar	Kabata Pendias, 2001
Cambisoles			
6,0	(2-43)	Aragón	Navas y Machín, 2002
10	(3-58)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
Histosoles			
1,6	--	Dinamarca	Kabata Pendias, 2001
3,0	(0,2-34)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
4,5	(0,2-50)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
6,0	(3-10)	USA	Kabata Pendias, 2001
6,8	(3,1-13,1)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
--	(1,7-49)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
Forestales			
8,0	(0,6-45)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
9,7	(2-80,3)	Noruega	Reimann y Caritat 1998
10	(5-20)	USA	Kabata Pendias, 2001
España			
5,6	(0,3-28,3)	Madrid	Miguel et al., 2002

7,0	(0-45)	Aragón	Navas y Machín, 2002
9,6	(0,27-57,7)	País Vasco	IHOBE, 1993
Europa			
2,3	--	Dinamarca	Kabata Pendias, 2001
3,1	(1-6,9)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
4,5	(<1-33,8)	Finlandia	Reimann y Caritat 1998
5,0	(<1-43)	Península Kola	Reimann y Caritat 1998
8,7	(1,5-18)	Hungría	Odor et al., 1997
9,8	(0,2-322)	Inglaterra y Gales	Reimann y Caritat 1998
10,0	(1-84)	Portugal	Ferreira et al., 2001
10,5	(3-50)	USA	Kabata Pendias, 2001
10,6	(0,2-322)	Inglaterra y Gales	McGrath y Loveland, 1992
13,9	(0-148)	Francia	Baize, 1997
14,0	(4-275)	Italia	Kabata Pendias, 2001
14,5	--	Alemania	Kabata Pendias, 2001
17,0	(2-58)	Suecia	Zhang et al., 1998
17,7	--	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
19	(1-245)	Cerdeña	De Vivo et al., 1997
21,5	(3,8-65)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
Resto del mundo			
9,0	(<4-37)	Canadá	Reimann y Caritat 1998
9,1	(<3-70)	USA	Shacklette y Boemgen, 1984
10,0	(1,3-116)	Japón	Kabata Pendias, 2001
12,4	(5-28)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
A nivel global			
8,0	(1-40)	Mundo	Bohn et al., 2001
8,0	(0,05-65)	Mundo	Bowen, 1979
8,0	(0,3-200)	Mundo	Allen et al., 1995
10	--	Mundo	Reimann y Caritat 1998
10	(1-400)	Mundo	Pais y Benton, 1997
12	(1-40)	Mundo	Alloway, 1995
--	(1-70)	Mundo	Ross, 1994

Los valores están representados en mg kg^{-1} . Las cifras representadas entre paréntesis y separadas por “-“ representan a los mínimos y máximos (aunque en ocasiones los autores no se refieren a los valores absolutos sino que reproducen los valores mínimo y máximos frecuentes). El resto se refiere a los valores medios (en algún caso se trata de la mediana). Cuando se reproduce más de un valor medio los datos se separan por “/”.

Tabla 3.4. Valores representativos para el Cr.

ROCAS

Litosfera			
35		Reimann y Caritat 1998	
100		Alloway, 1995; Pais y Benton, 1997	
125	(80-200)	Adriano, 2001	
Igneas ultramáficas			
1800	(1000-3400)	Adriano, 2001	
2000 / 2980		Ross, 1994	
2300		Reimann y Caritat 1998	
2980		Alloway, 1995	
Basaltos			
90		Azcue, 1993	
200		Ross, 1994; Alloway, 1995	
220	(40-600)	Adriano, 2001	
250		Reimann y Caritat 1998	
Granitos			
4		Azcue, 1993; Ross, 1994; Alloway, 1995	
20	(2-90)	Adriano, 2001	
Calizas			
10		Reimann y Caritat 1998; Adriano, 2001	
10 / 11		Ross, 1994	
11		Azcue, 1993; Alloway, 1995	
Areniscas			
35		Azcue, 1993; Ross, 1994; Alloway, 1995; Adriano, 2001	
Arcillas y pizarras y esquistos			
90 / 100		Ross, 1994	
90		Azcue, 1993	
90	(<500)	Alloway, 1995	
100		Reimann y Caritat 1998	
120	(30-590)	Adriano, 2001	

SUELOS. NIVELES DE FONDO

Arenosos y podzoles			
8,4	(0,02-447)	Florida, USA	Chen et al., 1999
21,1		Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
30	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
32	--	Checoslovaquia	Gzyl, 1999
40	(3-200)	USA	Kabata Pendias, 2001
42	(5-360)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
42	(12-86)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
47	(1,4-530)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
51	(30-91)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
110	--	Madagascar	Kabata Pendias, 2001
--	(1,4-3,5)	Austria	Kabata Pendias, 2001
--	(2,6-34)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
--	(47-530)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
Limosos			
29	(21-38)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
55	(10-100)	USA	Kabata Pendias, 2001

61	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
--	(31-160)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
--	(77-128)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
Francos y arcillosos			
15,3 / 25,4		Polonia	Kabata Pendias, 2001
19	(4-46)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
40	(19-73)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
41,5 / 50,7	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
51	--	Rusia	Kabata Pendias, 2001
55	(20-100)	USA	Kabata Pendias, 2001
58	(35-81)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
63	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
115	(107-122)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
--	(23-24)	Austria	Kabata Pendias, 2001
--	(70-1100)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
Fluvisoles			
16	(11-24)	Aragón	Navas y Machín, 2002
16	(13-30)	Austria	Kabata Pendias, 2001
55	--	Rusia	Kabata Pendias, 2001
58	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
91	--	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
190	--	Madagas car	Kabata Pendias, 2001
Regosoles			
8	(3-19)	Aragón	Navas y Machín, 2002
41	(11-75)	Torres , Jaén	Menjivar, 2001
Rendzinas			
38	--	Austria	Kabata Pendias, 2001
50	(5-150)	USA	Kabata Pendias, 2001
83	(5-500)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
95	--	Madagas car	Kabata Pendias, 2001
150	(22-500)	China	Kabata Pendias, 2001
--	(35-50)	Irlanda	Kabata Pendias, 2001
Solonchaks			
11	(7-17)	Aragón	Navas y Machín, 2002
88	(78-99)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
215	--	Madagas car	Kabata Pendias, 2001
Calcisoles			
14	(6-13)	Aragón	Navas y Machín, 2002
44	9-99)	Torres , Jaén	Menjivar, 2001
Chernozems y kastanozems			
11	(5-19)	Aragón	Navas y Machín, 2002
55	(15-150)	USA	Kabata Pendias, 2001
77	(11-195)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
121	(30-110)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
153	(116-173)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
Cambisoles			
17	(6-48)	Aragón	Navas y Machín, 2002
19	(11-31)	Austria	Kabata Pendias, 2001
40	(15-67)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
51	(4-1100)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
57	(11-86)	Torres , Jaén	Menjivar, 2001
72	--	Rusia	Kabata Pendias, 2001
Histosoles			
7	(1,8-10)	Dinamarca	Kabata Pendias, 2001
12	(1-100)	Mundo	Kabata Pendias, 2001

15	(4-39)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
20	(1-100)	USA	Kabata Pendias, 2001
Forestales			
30	(2,1-840)	Noruega	Reimann y Caritat 1998
54	--	Rusia	Kabata Pendias, 2001
55	(15-150)	USA	Kabata Pendias, 2001
--	(152-1384)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
España			
15	(1,0-88,4)	Madrid	Miguel et al., 2002
21	(2,3-95,9)	Aragón	Navas y Machín, 2002
29	(6,1-157)	País Vasco	IHOBE, 1993
38	--	España	Adriano, 2001
44	(9-99)	Torres, Jaén	Mengivar, 2001
Europa			
2,3	--	Suecia	Adriano, 2001
15	--	Dinamarca	Kabata Pendias, 2001
17	--	Polonia	Baize, 1997
19	(<5-86)	Finlandia	Reimann y Caritat 1998
20	--	Austria	Adriano, 2001
20	(4-68)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
21	--	Dinamarca	Adriano, 2001
25	(2,7-470)	Hungría	Odor et al., 1997
25	--	Holanda	Adriano, 2001
26	(1-336)	Portugal	Ferreira et al., 2001
28	(7-57)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
29	--	Francia	Adriano, 2001
30	--	Suiza	Baize, 1997
39	(11-389)	Suecia	Zhang et al., 1998
39	(0,2-838)	Inglaterra y Gales	Reimann y Caritat 1998
41	(0,2-838)	Inglaterra y Gales	McGrath y Loveland, 1992
44	--	Inglaterra y Gales	Adriano, 2001
53	--	Europa	Adriano, 2001
53	(<5-670)	Península Kola	Reimann y Caritat 1998
55	--	Alemania	Adriano, 2001
65	(0-534)	Francia	Baize, 1997
69	--	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
77	(1-1046)	Cerdeña	De Vivo et al., 1997
90	--	Bélgica	Adriano, 2001
95	(20-307)	Italia	Kabata Pendias, 2001
100	--	Italia	Adriano, 2001
110	--	Noruega	Adriano, 2001
150	--	Escocia	Adriano, 2001
221	(71-1085)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
Resto del mundo			
50	(3,5-810)	Japón	Kabata Pendias, 2001
50	(7-1500)	USA	Kabata Pendias, 2001
50	(11,6-189)	Canada	Kabata Pendias, 2001
54	(1-2000)	USA	Shacklette y Boerngen, 1984
57	(10-510)	Canadá	Reimann y Caritat 1998
A nivel global			
20	(5-1000)	Mundo	Bohn et al., 2001
40	(10-150)	Mundo	Adriano, 2001
50	(0, - 1500)	Mundo	Allen et al., 1995
65	(5-1000)	Mundo	Pais y Benton, 1997
70	--	Mundo	Azcue, 1993

70	(5-1500)	Mundo	Bowen, 1979
80	--	Mundo	Reimann y Caritat 1998
84	(5-1500)	Mundo	Alloway, 1995
--	(5-1000)	Mundo	Ross, 1994

Los valores están representados en mg kg^{-1} . Las cifras representadas entre paréntesis y separadas por “-“ representan a los mínimos y máximos (aunque en ocasiones los autores no se refieren a los valores absolutos sino que reproducen los valores mínimo y máximos frecuentes). El resto se refiere a los valores medios (en algún caso se trata de la mediana). Cuando se reproduce más de un valor medio los datos se separan por “/”.

Tabla 3.5. Valores representativos para el Cu.

ROCAS

Litosfera

14 / 25	--	Reimann y Caritat 1998
50	--	Alloway, 1995; Pais y Benton, 1997
70	--	Bohn et al., 2001

Igneas ultramáficas

15	(2-1000)	Adriano, 2001
40	--	Reimann y Caritat 1998
42	--	Alloway, 1995
--	(10-40)	Kabata Pendias, 2001
--	(10-42)	Ross, 1994

Basaltos

90	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998
90	(30-160)	Adriano, 2001
90 / 100	--	Ross, 1994
--	(60-120)	Kabata Pendias, 2001

Granitos

10 / 13	--	Ross, 1994
12	--	Reimann y Caritat 1998
13	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995
15	(4-30)	Adriano, 2001
--	(10-30)	Kabata Pendias, 2001

Calizas

4	--	Adriano, 2001
6	--	Reimann y Caritat 1998
5,5	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995
5,5 / 15	--	Ross, 1994
--	(2-10)	Kabata Pendias, 2001

Areniscas

2	--	Reimann y Caritat 1998; Adriano, 2001
30	--	Azcue, 1993; Ross, 1994; Alloway, 1995
--	(5-30)	Kabata Pendias, 2001

Arcillas, pizarras y esquistos

39 / 50	--	Ross, 1994
39	--	Azcue, 1993
39	(<300)	Alloway, 1995
45	--	Reimann y Caritat 1998
50	(18-120)	Adriano, 2001
--	(40-60)	Kabata Pendias, 2001

SUELOS. NIVELES DE FONDO

Arenosos y podzoles

1,9	(0,1-318)	Florida, USA	Chen et al., 1999
6	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
8	(1-26)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
9	(7-12)	Nigeria	Kabata Pendias, 2001
11	(1,5-29)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
13	(1-70)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
13	--	Checoslovaquia	Gzyl, 1999
14	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995

14	(1-20)	USA	Kabata Pendias, 2001
16	--	Israel	Kabata Pendias, 2001
18	(3-34)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
--	22-52	Australia	Kabata Pendias, 2001
Limosos			
19	(8-54)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
20	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
21	(14-31)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
25	--	Israel	Kabata Pendias, 2001
25	(7-100)	USA	Kabata Pendias, 2001
26	(18-46)	China	Kabata Pendias, 2001
31	(21-41)	Nigeria	Kabata Pendias, 2001
Francos y arcillosos			
11 / 10	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
12	(4-21)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
13 / 20	--	Polonia	Kabata Pendias, 2001
14	--	Alemania	Kabata Pendias, 2001
15,5	(4-36)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
21 / 27	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
27	(9-44)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
29	(7-70)	USA	Kabata Pendias, 2001
37	--	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
Fluvisoles			
9	(6-11)	Aragón	Navas y Machín, 2002
15 /24	--	Mundo	Kabata Pendias, 1995
22	(16-28,5)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
25	(11,5-36)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
25	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
34	--	Israel	Kabata Pendias, 2001
80	(50-146)	Egipto	Kabata Pendias, 2001
--	(114-160)	India	Kabata Pendias, 2001
Regosoles			
8	(3-19)	Aragón	Navas y Machín, 2002
20	(2-53)	Torres , Jaén	Menjivar, 2001
Rendzinas			
12	(11-13)	Egipto	Kabata Pendias, 2001
15	(7-23)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
16	(7-54)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
21	(7-70)	USA	Kabata Pendias, 2001
23	(6,8-70)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
35	--	Israel	Kabata Pendias, 2001
--	(6,8-43)	Australia	Kabata Pendias, 2001
--	(35-46)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
Solonchaks			
11	(7-17)	Aragón	Navas y Machín, 2002
19	(9-37)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
--	(15-60)	Madagas car	Kabata Pendias, 2001
--	(55-112)	India	Kabata Pendias, 2001
Calcisoles			
8	(3-21)	Aragón	Navas y Machín, 2002
17	(2-36)	Torres , Jaén	Menjivar, 2001
Chernozems y kastanozems			
11	(5-19)	Aragón	Navas y Machín, 2002
19	(6,5-53)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
24	(6,5-140)	Mundo	Kabata Pendias, 2001

27	(10-70)	USA	Kabata Pendias, 2001
28	(16-70)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
29	(26-38)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
Cambisoles			
10	(1-25)	Aragón	Navas y Machín, 2002
17	(8-32)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
22	(2-32)	Torres , Jaén	Menjivar, 2001
23	(4-100)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
23	(17-33)	China	Kabata Pendias, 2001
26	(14-44,5)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
--	(83-140)	Australia	Kabata Pendias, 2001
Histosoles			
6	(1-113)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
13	(5-23)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
15	(1-100)	USA	Kabata Pendias, 2001
15	(4-24)	Dinamarca	Kabata Pendias, 2001
16	(1-113)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
--	(27-41)	Israel	Kabata Pendias, 2001
Forestales			
13	(1,1-298)	Noruega	Reimann y Caritat 1998
17	(7-150)	USA	Kabata Pendias, 2001
22	--	China	Kabata Pendias, 2001
22	(12,5-32)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
España			
9,5	(1,01-89,6)	Madrid	Miguel et al., 2002
10	(0,7-58,2)	Aragón	Navas y Machín, 2002
13	(2,76-38,9)	País Vasco	IHOBE, 1993
14	--	España	Adriano, 2001
20	(2-53)	Torres, Jaén	Mengivar, 2001
Europa			
6,3	--	Polonia	Baize, 1997
8,5	--	Suecia	Adriano, 2001
11	--	Dinamarca	Adriano, 2001
12	(0,04-55,0)	Francia	Baize, 1997
13	--	Dinamarca	Kabata Pendias, 2001
13	--	Francia	Adriano, 2001
14	(2-193)	Suecia	Zhang et al., 1998
15	(<1-54,8)	Finlandia	Reimann y Caritat 1998
15	--	Alemania	Baize, 1997
16	--	Inglaterra y Gales	Adriano, 2001
18	--	Reino Unido	Baize, 1997
17	--	Austria, Bélgica	Adriano, 2001
18	(1,2-1508)	Inglaterra y Gales	Reimann y Caritat 1998
19	--	Holanda	Adriano, 2001
19	--	Noruega	Adriano, 2001
20	--	Europa	Adriano, 2001
20	--	Rumania	Petzold et al., 2003
21	(1-245)	Portugal	Ferreira et al., 2001
22	--	Alemania	Adriano, 2001
23	--	Escocia, China	Adriano, 2001
23	(11-323)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
24	--	Suiza	Baize, 1997
23	(1,2-401)	Inglaterra y Gales	McGrath y Loveland, 1992
24	(7-200)	Italia	Kabata Pendias, 2001
25	(3,9-400)	Hungría	Odor et al., 1997

25	--	Portugal	Adriano, 2001
38	(1-4325)	Cerdeña	De Vivo et al., 1997
51	--	Italia	Adriano, 2001
--	(23-100)	Checoslovaquia	Kabata Pendias, 2001
Resto del mundo			
7,6	(1-31)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
19	(5-221)	Canadá	Reimann y Caritat 1998
19	--	USA	Baize, 1997
22	(5-50)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
25	--	USA	Adriano, 2001
25	(1-700)	USA	Shacklette y Boerngen, 1984
26	(3-300)	USA	Kabata Pendias, 2001
28	(1-60)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
30	(0,6-495)	USA	Holgrem et al, 1993
43	(4,4-176)	Japón	Kabata Pendias, 2001
A nivel global			
11	--	Mundo	Reimann y Caritat 1998
12	(<1 – 390)	Mundo	Allen et al., 1995
20	(2,0-100)	Mundo	Pais y Benton, 1997; Bohn et al., 2001
26	(2-250)	Mundo	Alloway, 1995
30	--	Mundo	Azcu e, 1993
30	(2-250)	Mundo	Bowen, 1979
--	(2-100)	Mundo	Ross, 1994

Los valores están representados en mg kg^{-1} . Las cifras representadas entre paréntesis y separadas por “-“ representan a los mínimos y máximos (aunque en ocasiones los autores no se refieren a los valores absolutos sino que reproducen los valores mínimo y máximos frecuentes). El resto se refiere a los valores medios (en algún caso se trata de la mediana). Cuando se reproduce más de un valor medio los datos se separan por “/”.

Tabla 3.6. Valores representativos para el Hg.

ROCAS

Litosfera			
0,05	--	Alloway, 1995; Pais y Benton, 1997	
0,056 / 0,02	--	Reimann y Caritat 1998	
Igneas ultramáficas			
0,004	--	Ross, 1994; Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998	
--	(0,004-0,5)	Adriano, 2001	
Basaltos			
0,01	--	Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998	
0,01 / 0,08	--	Ross, 1994	
0,012	--	Azcue, 1993	
0,05	(0,002-0,5)	Adriano, 2001	
Granitos			
0,03	--	Reimann y Caritat 1998	
0,04	--	Azcue, 1993	
0,06	(0,005-0,4)	Adriano, 2001	
0,08	--	Ross, 1994; Alloway, 1995	
Calizas			
0,02	--	Reimann y Caritat 1998	
0,04	(0,01-0,22)	Adriano, 2001	
0,05 / 0,16	--	Ross, 1994	
0,16	--	Alloway, 1995	
0,18	--	Azcue, 1993	
Areniscas			
0,01	--	Reimann y Caritat 1998	
0,03 / 0,29	--	Ross, 1994	
0,05	(0,001-0,3)	Adriano, 2001	
0,29	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995	
Arcillas, pizarras y esquistos			
		0,012	-- Azcue, 1993
0,09	(0,005-0,51)	Adriano, 2001	
0,18	--	Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998	
0,18 / 0,5	--	Ross, 1994	

SUELOS. NIVELES DE FONDO

Arenosos y podzoles			
0,02	(0,008-0,03)	Israel	Kabata Pendias, 2001
0,04	--	Holanda	Kabata Pendias, 2001
0,05	(0,008-0,7)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
0,05	(<0,05-0,95)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
0,06	(0,01-0,70)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
0,08	(0,01-0,54)	USA	Kabata Pendias, 2001
0,14	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
Limosos			
0,19	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
Francos y arcillosos			
--	(0,012-0,03)	Egipto	Kabata Pendias, 2001
0,13	(0,01-0,90)	USA	Kabata Pendias, 2001
0,13	(0,02-0,76)	Canadá	Kabata Pendias, 2001

0,14	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
Fluvisoles			
0,18	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
Rendzinas			
0,05	(0,01-0,5)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
Chernozems y kastanozems			
0,10	(0,02-0,53)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
0,10	(0,02-0,53)	USA	Kabata Pendias, 2001
Cambisoles			
0,10	(0,01-1,1)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
--	(0,45-1,1)	Holanda	Kabata Pendias, 2001
Histosoles			
0,08	(0,04-0,11)	Suiza	Kabata Pendias, 2001
0,09	(0,05-1,4)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
0,26	(0,04-1,11)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
0,28	--	USA	Kabata Pendias, 2001
0,41	(0,05-1,11)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
Forestales			
0,06	(0,0-0,14)	USA	Kabata Pendias, 2001
0,07	(0,02-0,2)	Japón	Kabata Pendias, 2001
0,08	(0,073-0,1)	Suiza	Kabata Pendias, 2001
0,19	(0,02-0,55)	Noruega	Kabata Pendias, 2001
0,23	(0,08-0,58)	Yugoslavia	Kabata Pendias, 2001
0,35	(0,12-0,35)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
España			
0,03	(0,005-0,35)	Madrid	Miguel et al., 2002
0,15	(0,03-0,37)	Madrid	Kabata Pendias, 2001
0,23	(0,1-0,32)	País Vasco	IHOBE, 1993
Europa			
0,03	(0,01-0,09)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
<0,05	(<0,05-0,15)	Península Kola	Reimann y Caritat 1998
0,06	(0,004-0,9)	Suecia	Adriano, 2001; Kabata Pendias, 2001
0,06	(0,02-0,16)	Noruega	Kabata Pendias, 2001
0,06 / 0,12	--	Alemania	Adriano, 2001
0,09	(0,025-0,35)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
0,10	(0,005-0,43)	Austria	Adriano, 2001
0,11	(0-1,1)	Hungría	Odor et al., 1997
0,16	(0-31)	Holanda	Adriano, 2001
0,19	(0,02-0,35)	Noruega	Kabata Pendias, 2001
--	(0,033-0,101)	Grecia	Kabata Pendias, 2001
--	(0,04-5,8)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
Resto del mundo			
0,04	(0,005-0,13)	Canadá	Reimann y Caritat 1998
0,06	(0,005-0,10)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
0,09	(<0,01-4,6)	USA	Shacklette y Boerngen, 1984
0,11	(0,01-1,14)	Canadá	Adriano, 2001
0,17	(0,02-1,5)	USA	Kabata Pendias, 2001
0,28	(0,08-0,49)	Japón	Kabata Pendias, 2001
A nivel global			
0,03	(0,01-1,0)	Mundo	Pais y Benton, 1997
0,3 / 5	Mundo	Mundo	Ross, 1994
0,05	--	Mundo	Reimann y Caritat 1998
0,05	(0,02 / 0,2)	Mundo	Bohn et al., 2001
0,06	--	Mundo	Azcue, 1993
0,06	(0,01-0,5)	Mundo	Bowen, 1979

0,06	(0,01 – 5)	Mundo	Allen et al., 1995
0,07	(0,02-0,25)	Mundo	Adriano, 2001
0,10	--	Mundo	Alloway, 1995
--	(0,01-0,3)	Mundo	Alloway, 1995
--	(0,02-0,2)	Mundo	Ross, 1994

Los valores están representados en mg kg^{-1} . Las cifras representadas entre paréntesis y separadas por “-“ representan a los mínimos y máximos (aunque en ocasiones los autores no se refieren a los valores absolutos sino que reproducen los valores mínimo y máximos frecuentes). El resto se refiere a los valores medios (en algún caso se trata de la mediana). Cuando se reproduce más de un valor medio los datos se separan por “/”.

Tabla 3.7. Valores representativos para el Mo.

ROCAS

Litosfera			
1,4 / 1,5	--	Reimann y Caritat 1998	
1,5		Alloway, 1995; Pais y Benton, 1997	
2,0	--	Bohn et al., 2001	
Igneas ultramáficas			
--	(0,2-0,3)	Kabata Pendias, 2001	
0,3	--	Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998; Adriano, 2001	
Basaltos			
1,0	--	Mas y Azcue, 1993; Alloway, 1995	
1,2	--	Reimann y Caritat 1998	
1,5	(0,9-7)	Adriano, 2001	
--	(1,0-1,5)	Kabata Pendias, 2001	
Granitos			
1,4	(1-6)	Adriano, 2001	
1,5	--	Reimann y Caritat 1998	
2,0	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995	
--	(1-2)	Kabata Pendias, 2001	
Calizas			
0,2	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995	
0,3	--	Reimann y Caritat 1998	
0,4	--	Adriano, 2001	
--	(0,16-0,4)	Kabata Pendias, 2001	
Areniscas			
0,2	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995; Adriano, 2001	
0,3	--	Reimann y Caritat 1998	
--	(0,2-0,8)	Kabata Pendias, 2001	
Arcillas, pizarras y esquistos			
2,0	--	Reimann y Caritat 1998	
2,5	--	Adriano, 2001	
2,6	(<300)	Alloway, 1995	
2,6	--	Azcue, 1993	
--	(0,7-2,6)	Kabata Pendias, 2001	

SUELOS. NIVELES DE FONDO

Arenosos y podzoles			
0,7	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
1,0	(0,04-14,1)	Florida, USA	Chen et al., 1999
1,1	--	Polonia	Kabata Pendias, 2001
1,3	(0,17-3,7)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
1,5	(0,4-2,46)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
1,5	(0,3-2,9)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
--	(0,17-0,51)	Yugoslavia	Kabata Pendias, 2001
--	(0,2-3,0)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
--	(2,6-3,7)	Australia	Kabata Pendias, 2001
Limosos			
0,7	(0,4-1,1)	China	Kabata Pendias, 2001
2,2	(1,8-3,3)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
2,5	(0,75-6,4)	USA	Kabata Pendias, 2001
--	(0,6-3,0)	Polonia	Kabata Pendias, 2001

--	(2,2-3,1)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
Francos y arcillosos			
0,79 / 0,85	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
1,7	(0,93-4,74)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
2,0	(0,4-4,0)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
2,5	(0,7-4,5)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
4,1	(1,2-7,2)	USA	Kabata Pendias, 2001
--	(0,1-6,0)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
--	(2,1-4,2)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
Fluvisoles			
1,6	(0,4-3,1)	India	Kabata Pendias, 2001
2,4	(1,8-3,0)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
3,1	(2,8-3,5)	Checoslovaquia	Kabata Pendias, 2001
--	(0,35-0,53)	Yugoslavia	Kabata Pendias, 2001
Rendzinas			
1,0	--	Irlanda	Kabata Pendias, 2001
1,3	(0,3-2,0)	USA	Kabata Pendias, 2001
1,4	(0,6-1,9)	Russia	Kabata Pendias, 2001
1,5	(0,3-7,35)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
1,9	(0,32-7,35)	China	Kabata Pendias, 2001
--	(0,76-1,03)	Yugoslavia	Kabata Pendias, 2001
--	(1-3)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
--	(1,4-1,8)	India	Kabata Pendias, 2001
Chernozems y kastanozems			
2,0	(0,4-6,9)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
2,6	(1,6-4,6)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
Solonchaks			
3,0	(2,6-3,2)	Checoslovaquia	Kabata Pendias, 2001
Cambisoles			
1,3	(0,4-2,8)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
2,3	(1-4)	China	Kabata Pendias, 2001
2,8	(0,1-7,2)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
--	(<1-1)	Irlanda	Kabata Pendias, 2001
--	(3,5-6,9)	Australia	Kabata Pendias, 2001
Histosoles			
1,2	(0,3-1,9)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
1,5	(0,3-3,2)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
1,9	(0,69-3,2)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
Forestales			
<1	(<1-54,6)	Noruega	Reimann y Caritat 1998
2,2	--	China	Kabata Pendias, 2001
--	(0,3-4,6)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
España			
0,3	(0,02-3,27)	Madrid	Miguel et al., 2002
1,25	(0,27-4,11)	País Vasco	IHOBE, 1993
Europa			
0,22	(<0,2-12)	Finlandia	Reimann y Caritat 1998
0,9	(0,4-2,2)	Italia	Kabata Pendias, 2001
<1	(<1-20)	Península Kola	Reimann y Caritat 1998
1,2	(1-5)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
Resto del mundo			
1,0	(<3-15)	USA	Shacklette y Boemgen, 1984
2,0	(0,8-3,3)	USA	Kabata Pendias, 2001
2,0	(<2-32)	Canadá	Reimann y Caritat 1998
2,2	(0,8-3,6)	Rusia	Kabata Pendias, 2001

2,6	(0,2-11,3)	Japón	Kabata Pendias, 2001
--	(0,013-2,5)	India	Kabata Pendias, 2001
A nivel global			
1,2	--	Mundo	Azcue, 1993; Reimann y Caritat 1998
1,2	(0,1-40)	Mundo	Bowen, 1979
1,5	(0,1-28)	Mundo	Allen et al., 1995
1,9	(0,2-1,5)	Mundo	Alloway, 1995
2,0	(0,5-40)	Mundo	Pais y Benton, 1997
--	(0,2 - 5)	Mundo	Adriano, 200; Bohn et al., 2001

Los valores están representados en mg kg^{-1} . Las cifras representadas entre paréntesis y separadas por “-“ representan a los mínimos y máximos (aunque en ocasiones los autores no se refieren a los valores absolutos sino que reproducen los valores mínimo y máximos frecuentes). El resto se refiere a los valores medios (en algún caso se trata de la mediana). Cuando se reproduce más de un valor medio los datos se separan por “/”.

Tabla 3.8. Valores representativos para el Ni.

Litosfera		
19 / 20	--	Reimann y Caritat 1998
80	--	Alloway, 1995; Pais y Benton, 1997
100	--	Bohn et al., 2001
Igneas ultramáficas		
2000	--	Ross, 1994; Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998
2000	(270-3600)	Adriano, 2001
--	(1400-2000)	Kabata Pendias, 2001
Basaltos		
130	--	Reimann y Caritat 1998
140	(45-410)	Adriano, 2001
150	--	Azcue, 1993; Ross, 1994; Alloway, 1995
--	(130-160)	Kabata Pendias, 2001
Granitos		
0,5	--	Azcue, 1993; Ross, 1994; Alloway, 1995
5	--	Reimann y Caritat 1998
8	(2-20)	Adriano, 2001
--	(5-15)	Kabata Pendias, 2001
Calizas		
5	--	Reimann y Caritat 1998
7	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995
7 / 12	--	Ross, 1994
20	--	Adriano, 2001
--	(7-20)	Kabata Pendias, 2001
Areniscas		
2	--	Reimann y Caritat 1998; Adriano, 2001
2 / 9	--	Ross, 1994
9	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995
--	(5-20)	Kabata Pendias, 2001
Arcillas, pizarras y esquistos		
68	--	Azcue, 1993
68 / 70	--	Ross, 1994
68	(<300)	Alloway, 1995
68	(20-250)	Adriano, 2001
70	--	Reimann y Caritat 1998
--	(40-90)	Kabata Pendias, 2001

SUELOS. NIVELES DE FONDO

Arenosos y podzoles			
5,5	--	Polonia	Kabata Pendias, 2001
7,0	(1-52)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
8,0	(1,3-34)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
8,6	(0,04-375)	Florida, USA	Chen et al., 1999
9,7	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
11	(5-15)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
13	(1-110)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
13	(<5-70)	USA	Kabata Pendias, 2001
13	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
16	--	Checoslovaquia	Gzyl, 1999
20	(3,5-110)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
33	(9-62)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
--	(1-1,5)	Austria	Kabata Pendias, 2001

--	(6-370)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
Limosos			
17	(5-30)	USA	Kabata Pendias, 2001
19	(7-70)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
26	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
--	(3,6-44)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
Francos y arcillosos			
11,8 / 23,4	--	Polonia	Kabata Pendias, 2001
17,2 / 22,5	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
21	(5-50)	USA	Kabata Pendias, 2001
23	(3-98)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
24 / 30	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
25	(10-104)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
44	(24-60)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
--	(9-110)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
--	(13-15)	Austria	Kabata Pendias, 2001
Fluvisoles			
15	(13-19)	Aragón	Navas y Machín, 2002
30	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
26	(20-30)	Austria	Kabata Pendias, 2001
Regosoles			
16	(6-38)	Torres , Jaén	Menjivar, 2001
18	(7-29)	Aragón	Navas y Machin, 2002
Solonchaks			
22	(16-24)	Aragón	Navas y Machín, 2002
25	(10-76)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
--	(30-80)	Madagas car	Kabata Pendias, 2001
Rendzinas			
18	(<5-70)	USA	Kabata Pendias, 2001
21	(7-41)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
34	(2-450)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
39	--	Austria	Kabata Pendias, 2001
92	(2-450)	China	Kabata Pendias, 2001
--	(20-45)	Irlanda	Kabata Pendias, 2001
Calcisoles			
14	(5-28)	Aragón	Navas y Machín, 2002
24	(5-36)	Torres , Jaén	Menjivar, 2001
Chernozems y kastanozems			
20	(7-70)	USA	Kabata Pendias, 2001
20	(8-47)	Aragón	Navas y Machín, 2002
25	(6-61)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
30	(14-40)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
Cambisoles			
16	(5-38)	Aragón	Navas y Machin, 2002
18	(6-25)	Austria	Kabata Pendias, 2001
20	(10-34)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
23	(4-46)	Torres , Jaén	Menjivar, 2001
26	(3-110)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
32	(11-61)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
--	(10-20)	Irlanda	Kabata Pendias, 2001
Histosoles			
4,0	(1,9-5)	Dinamarca	Kabata Pendias, 2001
9,0	(0,2-50)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
12	(0,2-119)	Mundo	Kabata Pendias, 2001

12	(5-50)	USA	Kabata Pendias, 2001
29	(6,6-119)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
Forestales			
22	(7-100)	USA	Kabata Pendias, 2001
33	(22-55)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
51	--	China	Kabata Pendias, 2001
España			
9,0	(0,1-41,3)	Madrid	Miguel et al., 2002
17	(1,99-101,5)	País Vasco	IHOBE, 1993
19	(2,3-210)	Aragón	Navas y Machín, 2002
20	(4-46)	Torres, Jaén	Mengivar, 2001
28	--	España	Adriano, 2001
Europa			
4,4	--	Suecia	Adriano, 2001
7,0	--	Dinamarca	Adriano, 2001
7,4	--	Polonia	Baize, 1997
8,0	--	Dinamarca	Kabata Pendias, 2001
8,1	(<2-60,1)	Finlandia	Reimann y Caritat 1998
8,5	(<2-148)	Noruega	Reimann y Caritat 1998
9,0	(1,3-68)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
12	(2-204)	Suecia	Zhang et al., 1998
15	--	Alemania	Baize, 1997; Adriano, 2001
14	(5-3240)	Italia	Kabata Pendias, 2001
15	(5-25)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
16	--	Holanda	Adriano, 2001
16	(1,4-179)	Península Kola	Reimann y Caritat 1998
19	--	Alemania	Kabata Pendias, 2001
19	(<5-150)	USA	Kabata Pendias, 2001
20	--	Austria	Adriano, 2001
21	(6-38)	Austria	Kabata Pendias, 2001
22	(5-58)	Hungría	Odor et al., 1997
22	(1-880)	Portugal	Ferreira et al., 2001
22	--	Inglaterra y Gales	Adriano, 2001
23	(0,8-440)	Inglaterra y Gales	Reimann y Caritat 1998
23	--	Reino Unido	Baize, 1997
23	--	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
25	(0,8-104)	Inglaterra y Gales	McGrath y Loveland, 1992
27	--	Europa	Adriano, 2001
30	(0-478)	Francia	Baize, 1997
30	--	Suiza	Baize, 1997
33	--	Bélgica	Adriano, 2001
33	(1-575)	Cerdeña	De Vivo et al., 1997
35	--	Francia	Adriano, 2001
38	--	Escocia	Adriano, 2001
46	--	Italia	Adriano, 2001
61	--	Noruega	Adriano, 2001
Resto del mundo			
18	--	USA	Baize, 1997
19	(3-115)	Canadá	Reimann y Caritat 1998
19	(<5-700)	USA	Shacklette y Boerngen, 1984
20	--	Canadá	Kabata Pendias, 2001
20	--	Madagas car	Kabata Pendias, 2001
24	(0,7-269)	USA	Holgrem et al, 1993
27	--	China	Adriano, 2001
28	(2-660)	Japón	Kabata Pendias, 2001

A nivel global

10-1000	--	Mundo	Ross, 1994
20	--	Mundo	Reimann y Caritat 1998
20	(5-500)	Mundo	Adriano, 2001
25	(0,1 – 1520)	Mundo	Allen et al., 1995
34	(2-1000)	Mundo	Alloway, 1995
40	(10-1000)	Mundo	Pais y Benton, 1997; Bohn et al., 2001
50	--	Mundo	Azcue, 1993
50	(2-750)	Mundo	Bowen, 1979

Los valores están representados en mg kg^{-1} . Las cifras representadas entre paréntesis y separadas por “-“ representan a los mínimos y máximos (aunque en ocasiones los autores no se refieren a los valores absolutos sino que reproducen los valores mínimo y máximos frecuentes). El resto se refiere a los valores medios (en algún caso se trata de la mediana). Cuando se reproduce más de un valor medio los datos se separan por “/”.

Tabla 3.9. Valores representativos para el Pb.

ROCAS

Litosfera			
10	--	Bohn et al., 2001	
14	--	Alloway, 1995; Pais y Benton, 1997	
17 / 20	--	Reimann y Caritat 1998	
Igneas ultramáficas			
0,05	--	Reimann y Caritat 1998	
0,1 / 14	--	Ross, 1994	
1	--	Adriano, 2001	
14	--	Alloway, 1995	
--	(0,1-10)	Kabata Pendias, 2001	
Basaltos			
3	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995	
3 / 5	--	Ross, 1994	
4	--	Reimann y Caritat 1998	
6	(2-18)	Adriano, 2001	
--	(3-8)	Kabata Pendias, 2001	
Granitos			
--	(15-24)	Kabata Pendias, 2001	
18	(6-30)	Adriano, 2001	
20	--	Reimann y Caritat 1998	
20 / 24	--	Ross, 1994	
24	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995	
Calizas			
5	--	Reimann y Caritat 1998	
5,7	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995	
5,7 / 7	--	Ross, 1994	
9	--	Adriano, 2001	
--	(3-10)	Kabata Pendias, 2001	
Areniscas			
8 / 10	--	Ross, 1994	
10	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998	
12	(<1-31)	Adriano, 2001	
--	(5-10)	Kabata Pendias, 2001	
Arcillas, pizarras y esquistos			
20	(16-50)	Adriano, 2001	
20 / 23	--	Ross, 1994	
22	--	Reimann y Caritat 1998	
23	--	Azcue, 1993	
23	(<400)	Alloway, 1995	
--	(18-40)	Kabata Pendias, 2001	

SUELOS. NIVELES DE FONDO

Arenosos y podzoles			
4,9	(0,18-290)	Florida, USA	Chen et al., 1999
10	(2,3-47,5)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
12	--	Checoslovaquia	Gzyl, 1999
14	--	Polonia	Kabata Pendias, 2001
15	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
16	(8,5-23,5)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
17	(<10-70)	USA	Kabata Pendias, 2001

19	(5-41)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
20	(17,5-22,2)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
22	(2,3-70)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
28	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
37	--	Madagas car	Kabata Pendias, 2001
57	--	Australia	Kabata Pendias, 2001
Limosos			
19	(10-30)	USA	Kabata Pendias, 2001
26	(14-32)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
34	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
Francos y arcillosos			
13	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
17	(1,5-50,1)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
18 / 25	--	Polonia	Kabata Pendias, 2001
21	(14-33)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
22	(10-70)	USA	Kabata Pendias, 2001
23 / 37	--	Mundo	Kabata Pendias, 1995
25	(12,5-52)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
36	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
40	--	Rusia	Kabata Pendias, 2001
48	--	Madagas car	Kabata Pendias, 2001
Fluvisoles			
19	(5-33)	Aragón	Navas y Machín, 2002
19	(16-22)	Austria	Kabata Pendias, 2001
39	(12,5-48,5)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
63	(24-96)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
40	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
--	(19-47)	Madagas car	Kabata Pendias, 2001
Regosoles			
5,0	(0,6-27)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Solonchaks			
7,0	(5-12)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Rendzinas			
20	--	Madagas car	Kabata Pendias, 2001
22	(10-50)	USA	Kabata Pendias, 2001
26	(10-50)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
29	(17-46)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
57	(17-280)	China	Kabata Pendias, 2001
--	(25-45)	Irlanda	Kabata Pendias, 2001
Calcisoles			
4,0	(0,8-24)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Chernozems y kastanozems			
7,0	(0,7-26)	Aragón	Navas y Machín, 2002
19	(10-70)	USA	Kabata Pendias, 2001
23	(8-70)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
24	(20,2-29)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
25	(19-29)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
--	11-80	Alemania	Kabata Pendias, 2001
Cambisoles			
5,0	(0,8-35)	Aragón	Navas y Machín, 2002
15	(8-20)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
21	(13-31)	Austria	Kabata Pendias, 2001
28	(1,5-70)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
35	(20-50)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
Histosoles			

13	(1,5-50)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
24	(10-50)	USA	Kabata Pendias, 2001
44	(1,5-176)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
50	(43-176)	Dinamarca	Kabata Pendias, 2001
84	(26-142)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
--	(16-85)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
Forestales			
13	(<5-591)	Noruega	Reimann y Caritat 1998
20	(10-50)	USA	Kabata Pendias, 2001
24	--	China	Kabata Pendias, 2001
37	(10-56)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
España			
8,3	(0-146)	Aragón	Navas y Machín, 2002
16	(3,1-290,6)	Madrid	Miguel et al., 2002
23	(7-73)	Torres, Jaén	Mengivar, 2001
25	(2,2-159)	País Vasco	IHOBE, 1993
35	--	España	Adriano, 2001
Europa			
3,1	(0,81-27,7)	Península Kola	Reimann y Caritat 1998
7,5	(<5-43,2)	Finlandia	Reimann y Caritat 1998
7,9	(2,4-24,5)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
16	--	Dinamarca	Adriano, 2001
16	(2-364)	Suecia	Adriano, 2001
18	(5-286)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
19	--	Polonia	Baize, 1997
19	--	Escocia, USA	Adriano, 2001
29	--	Rumania	Petzold et al., 2003
21	--	Italia	Adriano, 2001
21	(4,2-290)	Hungría	Odor et al., 1997
23	--	Suiza	Baize, 1997
26	(3-585)	Portugal	Ferreira et al., 2001
26	(4-81)	Italia	Kabata Pendias, 2001
28	(9-323)	Suecia	Zhang et al., 1998
29	(15-41)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
29	(21-33)	Austria	Kabata Pendias, 2001
30	--	Francia	Adriano, 2001
31	(2,2-1560)	Francia	Baize, 1997
32	(0-460)	Holanda	Adriano, 2001
36	--	Alemania	Baize, 1997
38	--	Bélgica	Adriano, 2001
39	--	Europa	Adriano, 2001
40	(3-16338)	Inglaterra y Gales	Reimann y Caritat 1998
49	--	Inglaterra y Gales	Adriano, 2001
56	--	Alemania	Adriano, 2001
60	--	Holanda	Adriano, 2001
61	--	Noruega	Adriano, 2001
69	--	Suecia	Adriano, 2001
74	(3-613)	Inglaterra y Gales	McGrath y Loveland, 1992
87	(2-10362)	Cerdeña	De Vivo et al., 1997
150	--	Austria	Adriano, 2001
--	(15-68)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
Resto del mundo			
11	--	USA	Baize, 1997
12	(7,5-135)	USA	Holgrem et al, 1993
14	(3-192)	Canadá	Reimann y Caritat 1998

19	--	USA	Adriano, 2001
19	(<10-700)	USA	Shacklette y Boerngen, 1984
20	--	Canadá	Kabata Pendias, 2001
26	(<10-70)	USA	Kabata Pendias, 2001
27	--	China	Adriano, 2001
35	(5-189)	Japón	Kabata Pendias, 2001
46	(2-888)	Canadá	Adriano, 2001
A nivel global			
10	(2 / 200)	Mundo	Bohn et al., 2001
15	(1 – 890)	Mundo	Allen et al., 1995
17	--	Mundo	Reimann y Caritat 1998
29	(2-300)	Mundo	Alloway, 1995
32	(2 –200)	Mundo	Pais y Benton, 1997
35	--	Mundo	Azcue, 1993
35	(2-300)	Mundo	Bowen, 1979
--	(2-200)	Mundo	Ross, 1994
--	(2-300)	Mundo	Adriano, 2001

Los valores están representados en mg kg⁻¹. Las cifras representadas entre paréntesis y separadas por “-“ representan a los mínimos y máximos (aunque en ocasiones los autores no se refieren a los valores absolutos sino que reproducen los valores mínimo y máximos frecuentes). El resto se refiere a los valores medios (en algún caso se trata de la mediana). Cuando se reproduce más de un valor medio los datos se separan por “/”.

Tabla 3.10. Valores representativos para el Se.

ROCAS

Litosfera

0,05 -- Alloway, 1995; Pais y Benton, 1997

0,08 -- Reimann y Caritat 1998

Igneas ultramáficas

0,05 -- Adriano, 2001

0,07 -- Reimann y Caritat 1998

0,13 -- Alloway, 1995

-- (0,02-0,05) Kabata Pendias, 2001

Basaltos

0,05 -- Azcue, 1993; Alloway, 1995; Adriano, 2001

0,12 -- Reimann y Caritat 1998

-- (0,01-0,05) Kabata Pendias, 2001

Granitos

0,025 -- Reimann y Caritat 1998

0,05 -- Azcue, 1993; Alloway, 1995; Adriano, 2001

-- (0,01-0,05) Kabata Pendias, 2001

Calizas

0,03 -- Azcue, 1993; Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998

-- (0,03-0,1) Kabata Pendias, 2001

Areniscas

0,01 -- Azcue, 1993; Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998

0,05 -- Adriano, 2001

-- (0,05-0,08) Kabata Pendias, 2001

Arcillas, pizarras y esquistos

0,3 -- Reimann y Caritat 1998

0,5-- Azcue, 1993

0,5 (<0,4-675) Alloway, 1995

0,6 -- Adriano, 2001

-- (0,4-0,6) Kabata Pendias, 2001

SUELOS. NIVELES DE FONDO

Arenosos y podzoles

0,08 (0,01-4,62) Florida, USA Chen et al., 1999

0,14 (0,06-0,38) Polonia Kabata Pendias, 2001

0,18 (0,05-0,32) Rusia Kabata Pendias, 2001

0,25 (0,005-1,3) Mundo Kabata Pendias, 2001

0,27 (0,01-1,32) Canadá Kabata Pendias, 2001

0,50 (0,005-3,5) Usa Kabata Pendias, 2001

-- (0,15-0,24) Gran Bretaña Kabata Pendias, 2001

Limosos

0,23 (0,17-0,34) Polonia Kabata Pendias, 2001

0,26 (0,02-0,7) USA Kabata Pendias, 2001

Francos y arcillosos

0,30 (0,18-0,60) Polonia Kabata Pendias, 2001

0,43 (0,13-1,67) Canadá Kabata Pendias, 2001

0,50 (0,1-1,9) USA Kabata Pendias, 2001

Fluvisoles

0,19 (0,1-0,4) USA Kabata Pendias, 2001

0,22 (0,12-0,34) Polonia Kabata Pendias, 2001

0,45	(0,15-0,85)	Egipto	Kabata Pendias, 2001
--	(0,32-0,66)	India	Kabata Pendias, 2001
Rendzinas			
0,38	(0,1-1,4)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
0,40	(0,33-0,54)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
0,44	(0,24-0,64)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
Chernozems y kastanozems			
0,17	(0,14-0,24)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
0,33	(0,1-1,2)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
0,34	(,032-,037)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
0,40	(<0,1-1,2)	USA	Kabata Pendias, 2001
Cambisoles			
0,30	(0,18-0,53)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
0,34	(0,02-1,9)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
Histosoles			
0,13	(0,08-0,18)	Finlandia	Kabata Pendias, 2001
0,30	(<0,1-1,5)	USA	Kabata Pendias, 2001
0,34	(0,10-0,75)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
0,34	--	Rusia	Kabata Pendias, 2001
0,37	(0,1-1,5)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
Europa			
0,05	(0,02-0,07)	Islandia	Kabata Pendias, 2001
0,15	(<0,1-8,3)	Finlandia	Reimann y Caritat 1998
0,17	(0,015-2,26)	Península Kola	Reimann y Caritat 1998
0,21	--	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
0,29	(0,09-0,45)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
0,31	(<0,1-4,0)	USA	Kabata Pendias, 2001
0,39	(0,17-0,98)	Suecia	Kabata Pendias, 2001
0,78	(0,15-2,32)	Noruega	Kabata Pendias, 2001
1,27	--	Irlanda	Kabata Pendias, 2001
--	(0,005-1,24)	Finlandia	Kabata Pendias, 2001
Resto del mundo			
0,39	(0,1-4,3)	USA	Shacklette y Boemgen, 1984
0,39	(0,14-0,68)	India	Kabata Pendias, 2001
0,50	(<0,02-4,7)	Canadá	Reimann y Caritat 1998
0,60	--	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
0,94	(0,41-2,09)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
A nivel global			
--	(0,01-2)	Mundo	Alloway, 1995
<0,1-2	(0,01-5000)	Mundo	Adriano, 2001
--	(0,1-2)	Mundo	Pais y Benton, 1997
0,3	--	Mundo	Reimann y Caritat 1998
0,4	--	Mundo	Azcue, 1993
0,4	(0,01-12)	Mundo	Bowen, 1979
0,5	(0,1 - 2,0)	Mundo	Bohn et al., 2001

Los valores están representados en mg kg^{-1} . Las cifras representadas entre paréntesis y separadas por “-” representan a los mínimos y máximos (aunque en ocasiones los autores no se refieren a los valores absolutos sino que reproducen los valores mínimo y máximos frecuentes). El resto se refiere a los valores medios (en algún caso se trata de la mediana). Cuando se reproduce más de un valor medio los datos se separan por “/”.

Tabla 3.11. Valores representativos para el Sn.

ROCAS

Litosfera		
2,2	--	Alloway, 1995; Pais y Benton, 1997
2,5 / 5,5	--	Reimann y Caritat 1998
Igneas ultramáficas		
0,3	--	Reimann y Caritat 1998
--	(0,35-0,5)	Kabata Pendias, 2001
0,5	--	Ross, 1994; Alloway, 1995
Basaltos		
0,9	--	Reimann y Caritat 1998
--	(0,9-1,5)	Kabata Pendias, 2001
1,0 / 1,5	--	Ross, 1994
1,0	--	Azcue, 1993
1,5	--	Alloway, 1995
Granitos		
--	(1,5-3,6)	Kabata Pendias, 2001
3,0 / 3,5	--	Ross, 1994
3,5	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995
3,6	--	Reimann y Caritat 1998
Calizas		
0,3	--	Reimann y Caritat 1998
0,5	--	Azcue, 1993; Alloway, 1995; Kabata Pendias, 2001
0,5 / 4	--	Ross, 1994
Areniscas		
0,5	--	Azcue, 1993; Ross, 1994; Alloway, 1995; Kabata Pendias, 2001
0,6	--	Reimann y Caritat 1998
Arcillas, pizarras y esquistos		
4 / 6	--	Ross, 1994
5	--	Reimann y Caritat 1998
6	--	Alloway, 1995; Azcue, 1993
--	(6-10)	Kabata Pendias, 2001

SUELOS. NIVELES DE FONDO

Arenosos y podzoles			
1,1	(<0,1-7,7)	USA	Kabata Pendias, 2001
1,8	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
Limosos			
1,1	(0,3-1,8)	USA	Kabata Pendias, 2001
Francos y arcillosos			
0,9	(<0,1-2,2)	USA	Kabata Pendias, 2001
1,2	(0,3-3,1)	USA	Kabata Pendias, 2001
2,1	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
Fluvisoles			
0,2	(0,05-11)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Regosoles			
2,0	(0,05-26)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Solochaks			
2,0	(0,08-26)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Calcisoles			
1,0	(<0,5-32)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Chernozems y kastanozems			

1,2	(0,2-5,0)	USA	Kabata Pendias, 2001
4,0	(0,05-12)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Cambisoles			
0,7	(0,1-18)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Forestales			
1,1	(0,2-2,8)	USA	Kabata Pendias, 2001
España			
8,5	(0-160,2)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Resto del mundo			
1,3	(<0,1-10)	USA	Shacklette y Boemgen, 1984
A nivel global			
1,1	(0,3-200)	Mundo	Pais y Benton, 1997
<5	--	Mundo	Ross, 1994
4	--	Mundo	Azcue, 1993; Reimann y Caritat 1998
4	(1-200)	Mundo	Bowen, 1979
5-10	--	Mundo	Bohn et al., 2001
5,8	(1-200)	Mundo	Alloway, 1995

Los valores están representados en mg kg^{-1} . Las cifras representadas entre paréntesis y separadas por “-“ representan a los mínimos y máximos (aunque en ocasiones los autores no se refieren a los valores absolutos sino que reproducen los valores mínimo y máximos frecuentes). El resto se refiere a los valores medios (en algún caso se trata de la mediana). Cuando se reproduce más de un valor medio los datos se separan por “/”.

Tabla 3.12. Valores representativos para el Tl.

ROCAS

Litosfera			
0,60	--	Alloway, 1995; Pais y Benton, 1997	
0,75	--	Reimann y Caritat 1998	
Igneas ultramáficas			
0,05	--	Reimann y Caritat 1998	
--	(0,05-0,2)	Kabata Pendias, 2001	
Basaltos			
0,08	--	Alloway, 1995	
0,18	--	Reimann y Caritat 1998	
--	(0,1-0,4)	Kabata Pendias, 2001	
Granitos			
1,1	--	Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998	
--	(0,6-2,3)	Kabata Pendias, 2001	
Calizas			
0,05	--	Reimann y Caritat 1998	
0,14	--	Alloway, 1995	
--	(0,01-0,14)	Kabata Pendias, 2001	
Areniscas			
0,36	--	Alloway, 1995	
0,4	--	Reimann y Caritat 1998	
--	(0,4-1,0)	Kabata Pendias, 2001	
Arcillas, pizarras y esquistos			
1	--	Reimann y Caritat 1998	
1,2	--	Alloway, 1995	
--	(0,5-2,0)	Kabata Pendias, 2001	

SUELOS. NIVELES DE FONDO

España			
0,2	(0,01-0,56)	Madrid	Miguel et al., 2002
Europa			
0,05	--	Suiza	Adriano, 2001
0,29	(0,04-55)	Francia	Baize, 1997
0,46	--	Alemania	Adriano, 2001
0,50	--	Austria	Adriano, 2001
Resto del mundo			
0,58	--	China	Adriano, 2001
A nivel global			
--	(0,03-10)	Mundo	Alloway, 1995
0,2	(0,1-0,8)	Mundo	Bowen, 1979
0,2	(<0,1-2,8)	Mundo	Pais y Benton, 1997
0,5	--	Mundo	Reimann y Caritat 1998

Los valores están representados en mg kg⁻¹. Las cifras representadas entre paréntesis y separadas por “-” representan a los mínimos y máximos (aunque en ocasiones los autores no se refieren a los valores absolutos sino que reproducen los valores mínimo y máximos frecuentes). El resto se refiere a los valores medios (en algún caso se trata de la mediana). Cuando se reproduce más de un valor medio los datos se separan por “/”.

Tabla 3.13. Valores representativos para el Zn.

ROCAS

Litosfera			
52 / 71		Reimann y Caritat 1998	
75		Alloway, 1995; Pais y Benton, 1997	
80		Bohn et al., 2001	
Igneas ultramáficas			
40		Adriano, 2001	
50 / 58		Ross, 1994	
58		Alloway, 1995	
60		Reimann y Caritat 1998	
--	(40-60)	Kabata Pendias, 2001	
Basaltos			
100		Azcue, 1993; Ross, 1994; Alloway, 1995; Reimann y Caritat 1998	
110	(48-240)	Adriano, 2001	
--	(80-120)	Kabata Pendias, 2001	
Granitos			
40 (5-140)		Adriano, 2001	
40 / 52		Ross, 1994	
50		Reimann y Caritat 1998	
52		Azcue, 1993; Alloway, 1995	
--	(40-60)	Kabata Pendias, 2001	
Calizas			
20		Azcue, 1993; Alloway, 1995; Adriano, 2001	
20 / 25		Ross, 1994	
40		Reimann y Caritat 1998	
--	(10-25)	Kabata Pendias, 2001	
Areniscas			
16 / 30		Ross, 1994	
16 (2-41)		Adriano, 2001	
20		Reimann y Caritat 1998	
30		Azcue, 1993; Alloway, 1995	
--	(15-30)	Kabata Pendias, 2001	
Arcillas, pizarras y esquistos			
90	(80-180)	Adriano, 2001	
100		Reimann y Caritat 1998	
100 / 120		Ross, 1994	
120	(<120-1000)	Alloway, 1995	
120		Azcue, 1993	
--	(80-120)	Kabata Pendias, 2001	

SUELOS. NIVELES DE FONDO

Arenosos y podzoles			
4,6	(0,9-169)	Florida, USA	Chen et al., 1999
14	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
24	(5-220)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
31	(3,5-57)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
40	(5-164)	USA	Kabata Pendias, 2001
42	--	Polonia	Kabata Pendias, 2001
42	(14-146)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
45	(3,5-220)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
46	--	Checoslovaquia	Gzyl, 1999

47	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
61	(25-188)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
--	(39-86)	Australia	Kabata Pendias, 2001
--	(40-76)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
Limosos			
47	(17-127)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
48	(40-55)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
59	(20-109)	USA	Kabata Pendias, 2001
61	--	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
62	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
73	--	Rumania	Kabata Pendias, 2001
--	(58-100)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
Francos y arcillosos			
15	--	Lituania	Gregorauskiene y Kadunas 1997
17	(15-20)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
35	(9-77)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
60 / 91	--	Polonia	Kabata Pendias, 2001
67	(20-220)	USA	Kabata Pendias, 2001
68	(13-362)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
70	--	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
75	(37-101)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
78 / 81	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
79	(31-177)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
--	(40-50)	Alemania	Kabata Pendias, 2001
Fluvisoles			
42	(34-49)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
44	(37-81)	Aragón	Navas Machín, 2002
60	(53-67)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
62	--	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
85	(55-124)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
104	--	Checoslovaquia	Podlesakova y Nemecek, 1995
126	(67-180)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001
--	(63-80)	Mundo	Kabata Pendias, 1995
Regosoles			
47	(8-84)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Solonchaks			
54	(51-48)	Aragón	Navas y Machín, 2002
62	(54-88)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
100	(44-155)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
--	(39-63)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
Rendzinas			
50	(10-106)	USA	Kabata Pendias, 2001
77	(58-150)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
100	(10-570)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
100	--	Alemania	Kabata Pendias, 2001
236	(54-570)	China	Kabata Pendias, 2001
Calcisoles			
32	(20-77)	Aragón	Navas y Machín, 2002
Chernozems y kastanozems			
57	(39-82)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
58	(20-87)	Aragón	Navas y Machín, 2002
62	(33-82)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
65	(20-770)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
84	(20-246)	USA	Kabata Pendias, 2001
--	(63-97)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001

Cambisoles			
43	(33-54)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
47	(17-92)	Aragón	Navas y Machín, 2002
54	(30-67)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
57	(27-113)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
60	(9-362)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
98	(44-770)	China	Kabata Pendias, 2001
--	(29-79)	Australia	Kabata Pendias, 2001
Histosoles			
27	(21-34)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
34	(5-108)	USA	Kabata Pendias, 2001
34	(7,5-74)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
50	(5-250)	Mundo	Kabata Pendias, 2001
60	(13-250)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
73	(48-130)	Dinamarca	Kabata Pendias, 2001
80	--	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
Forestales			
24,7	(0,7-237)	Noruega	Reimann y Caritat 1998
46	(25-155)	USA	Kabata Pendias, 2001
72	(43-118)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
85	--	China	Kabata Pendias, 2001
--	(35-106)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
España			
35	/2-65)	Torres, Jaén	Mengivar, 2001
39	(3,3-165,1)	Madrid	Miguel et al., 2002
56	(6,5-619,5)	Aragón	Navas y Machín, 2002
59	--	España	Adriano, 2001
64	(3,56-218)	País Vasco	IHOBE, 1993
Europa			
6,0	(3,7-209)	Península Kola	Reimann y Caritat 1998
7,0	--	Dinamarca	Adriano, 2001
16	--	Francia	Adriano, 2001
22	(<1-121)	Finlandia	Reimann y Caritat 1998
31	--	Dinamarca	Kabata Pendias, 2001
40	--	Polonia	Baize, 1997
47	(3-762)	Polonia	Kabata Pendias, 2001
49	(16-288)	Suecia	Zhang et al., 1998
58	--	Portugal	Adriano, 2001
57	--	Bélgica	Adriano, 2001
58	--	Escocia	Adriano, 2001
59	(5-738)	Portugal	Ferreira et al., 2001
60	--	Noruega	Adriano, 2001
61	(35-115)	Rumania	Kabata Pendias, 2001
62	--	Suiza	Baize, 1997
65	--	Austria	Adriano, 2001
65	(39-99)	Bulgaria	Kabata Pendias, 2001
67	--	Alemania	Baize, 1997
68	--	Europa	Adriano, 2001
68	(16-157)	Italia	Kabata Pendias, 2001
72	(0-3820)	Francia	Baize, 1997
73	--	Holanda	Adriano, 2001
78	(47-139)	Rusia	Kabata Pendias, 2001
78	--	Inglaterra y Gales	Adriano, 2001
79	(4-900)	Hungría	Odor et al., 1997
80	(20-284)	Gran Bretaña	Kabata Pendias, 2001

82	(5-3648)	Inglaterra y Gales	Reimann y Caritat 1998
83	--	Alemania	Adriano, 2001
89	--	Italia	Adriano, 2001
97	(5-316)	Inglaterra y Gales	McGrath y Loveland, 1992
100	--	Rumania	Petzold et al., 2003
196	(1-9120)	Cerdeña	De vivo et al., 1997
182	--	Suecia	Adriano, 2001
Resto del mundo			
53	--	USA	Baize, 1997
57	(3-264)	USA	Holgrem et al, 1993
57	(20-110)	Canadá	Kabata Pendias, 2001
59	(45-88)	Nueva Zelanda	Kabata Pendias, 2001
60	(<5-2900)	USA	Shacklette y Boerngen, 1984
72	(20-835)	Canadá	Reimann y Caritat 1998
74	--	China	Adriano, 2001
74	(13-300)	USA	Kabata Pendias, 2001
86	(10-622)	Japón	Kabata Pendias, 2001
A nivel global			
10-300	--	Mundo	Ross, 1994; Alloway, 1995
40	(1,5 – 2000)	Mundo	Allen et al., 1995
50	(10-300)	Mundo	Pais y Benton, 1997
50	(10 / 300)	Mundo	Bohn et al., 2001
60	--	Mundo	Alloway, 1995
70	--	Mundo	Reimann y Caritat 1998
90	--	Mundo	Azcue, 1993
90	(1-900)	Mundo	Bowen, 1979

Los valores están representados en mg kg⁻¹. Las cifras representadas entre paréntesis y separadas por “-“ representan a los mínimos y máximos (aunque en ocasiones los autores no se refieren a los valores absolutos sino que reproducen los valores mínimo y máximos frecuentes). El resto se refiere a los valores medios (en algún caso se trata de la mediana). Cuando se reproduce más de un valor medio los datos se separan por “/”.

REFERENCIAS

- Actander, E.; Solberg, H. 1999. Norway. En: Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Vol 2. Policy Frameworks. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 123-127.
- Adriano, D.C. 2001. Trace elements in terrestrial environments: Biochemistry, bioavailability and risks of metals. Springer. New York.
- Aguilar, L.; Dorronsoro, C.; Galán, E.; Gómez, J.L. 1999. Criterios y estándares para declarar un suelo contaminado en Andalucía y la metodología y técnicas de toma de muestras y análisis para su investigación. Consejería de Medio Ambiente: Junta de Andalucía.
- Allen, H.E.; Huang, C.P.; Bailey, G.W.; Bowers, A.R. (eds). 1995. Metal speciation and contamination of soil. Lewis Pub. Londres. UK.
- Alloway B.J. (ed). 1995. Heavy Metals in soils. Blackie Academic and Profesional. Londres.
- Assmuth, T.; Seppanen, A. 1999. Finland. En: Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Vol 2. Policy Frameworks. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 41-48.
- Azcue, J.M. (1993). Metales en el medio ambiente. 163-186. En: Mas A y Azcue J.M. Metales en sistemas biológicos. Promociones y Publicaciones Universitarias. Barcelona
- Bachmann, G.; Freier, K.; Konietzka, R. 1995. Soil levels based on the German soil protection bill. Contaminated Soil '95. Kluwer Academic Pub. 711-719.
- Baize D. 1997. Teneur totales en elements traces metalliques dans les sols (France). INRA editions. Paris. Francia.
- Bieber, A.; Francius, V.; Freier, K. 1999. Germany. En: Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Vol 2. Policy Frameworks. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 61-76.
- Bohn, H.I.; Brian M.L.; O'Connor, G.A. 2001. Soil chemistry. John Wiley and sons. New York
- Bowen, H.M. 1979. Environmental Chemistry of the Elements. Academic Press. Londres.
- Brinkmann, R. 1998. Background concentration of metals in Florida soils. University of South Florida. State University System of Florida. Florida Center For Solid And Hazardous Waste Management. 2207 NW 13 Street, Suite D. Gainesville, FL 32609

- Brogan, J.; Carty, G.; Crowe, M.; Leech, B. 1999. Ireland. En: Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Vol 2. Policy Frameworks Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 85-98.
- Busquets, E. 1997. Elaboració dels Criteris de Qualitat des Sols a Catalunya. Junta de Residus. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya.
- Chen, M.; Ma, L.Q.; Harris, W.G. 1999. Baseline concentration of 15 Trace elements in Florida surface soils. *J. Environ. Qual.* 28: 1173-1181.
- CICDXI.XG. (1997). Estudio sobre a actualización do Inventario de Solos Contaminados, Xeraquización e Desenvolvemento dunha Lexislación para a protección de Solo en Galicia. Consellería de Industria e Comercio.. Dirección Xeral de Industria. Xunta de Galicia.
- Cocker, M.D. 1999. Geochemical mapping in Georgia, USA: a tool for environmental studies, geologic mapping and mineral exploration. *Journal of Geochemical Exploration* 67.345–360.
- Crock, J.G.; Severson, R.C.; Gough, L.P. 1992. Determining base-lines and variability of elements in plants and soils near the Kenai National Wildlife Refuge, Alaska. *Water Air and Soil Pollution*. 63 (3-4): 253-271.
- Darnley, A.G. 1995. International geochemical mapping — a review. *Journal of Geochemical Exploration*, 55: 5-10.
- Darnley, A.G.; Björklund, A.; Bølviken, B.; Gustavsson, N.; Koval, P.V.; Plant, J.A.; Steinfeld, A.; Taudich, M.; Xie, X.; with contribution by Garrett, R.G.; Hall, G.E.M. 1995. A Global Geochemical Database for Environmental and Resource Management: Recommendations for International Geochemical Mapping. Final report of IGCP Project 259. 2nd revised edition. Paris: UNESCO. 122 pp.
- De Vivo, B.; Boni, M.; Marcello, A.; Di Bonito, M.; Russo, A., 1997. Baseline geochemical mapping of Sardinia (Italy). *J. Geochem. Explor.* 60, 77–90.
- Denneman, C. 1999. The Netherlands. En: Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Vol 2. Policy Frameworks. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 107-121.
- Edelgaard, I.; Dahlstrom, K. 1999. Denmark. En: Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Vol 2. Policy Frameworks. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 29-39.
- Environment Agency. 2002a. Soil Guideline Values for Arsenic Contamination. Environment Agency,

- Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, BRISTOL, BS32 4UD. Website: www.environment-agency.gov.uk
- Environment Agency. 2002b. Soil Guideline Values for Cadmium Contamination. Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, BRISTOL, BS32 4UD. Website: www.environment-agency.gov.uk
- Environment Agency. 2002c. Soil Guideline Values for Chromium Contamination. Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, BRISTOL, BS32 4UD. Website: www.environment-agency.gov.uk
- Environment Agency. 2002d. Soil Guideline Values for Mercury Contamination. Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, BRISTOL, BS32 4UD. Website: www.environment-agency.gov.uk
- Environment Agency. 2002e. Soil Guideline Values for Nickel Contamination. Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, BRISTOL, BS32 4UD. Website: www.environment-agency.gov.uk
- Environment Agency. 2002f. Soil Guideline Values for Lead Contamination. Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, BRISTOL, BS32 4UD. Website: www.environment-agency.gov.uk
- Environment Agency. 2002g. Soil Guideline Values for Selenium Contamination. Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, BRISTOL, BS32 4UD. Website: www.environment-agency.gov.uk
- EPA. 2003. Soil Screening Guidance: Technical Background Document Table of Contents. Environmental Protection Agency. USA. Website: <http://www.epa.gov/superfund/resources/soil/toc.htm>
- Ferreira, A.; Inacio, M.M.; Morgado, P.; Batista, M.J.; Ferreira, L.; Pereira, V.; Pinto, M.S. 2001. Low-density geochemical mapping in Portugal. *Applied Geochemistry* 16. 1323–1331.
- Ferguson, C.C. 1999. Assessing Risk from Contaminated Sites: Policy and Practice in 16 European Countries. *Land Contaminated and Reclamation*. 7(2). 33-54.
- Forstner, U. 1995. Land contamination by metals: global scope and magnitude of problem. En: Allen, H.E.; Huang, C.P.; Bailey, G.W.; Bowers, A.R. (eds). *Metal speciation and contamination of soil*. Lewis Pub. Londres. UK. 1-33.

- Gotoh, S.; Udoguchi, A. 1993. Japan's policies on soil environment protection – History and presents status. En: Contaminated Soil'93. Ed. Arendt, F.; Annokkée, G.J.; Bosman, R; Van der. Brink, W.J.; Kluwer Academic Pub. 3-10.
- Gregorauskiene V.; Kadunas, V., 1997. Experience and goals of geochemical mapping for environmental protection in Lithuania. J. Geochem. Explor. 60, 67-76.
- Gzyl, J. 1999. Soil protection in Central Eastern Europe. J. Geoch. Expl. 66. 333-337.
- Herbert, S. 1999. United Kingdom. En: Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Vol 2. Policy Frameworks. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 165-176.
- Holmgren, G.S., Meyer, M., Chaney, R.L. and Daniels, R.B. 1993. Cadmium, Lead, Zinc, Copper, Nickel in agricultural soils of the United States of America. J. Environ. Qual. 22:335-348.
- IHOBE, 1993, Investigación de la Contaminación del Suelo. Vol 8. Calidad del suelo. Valores indicativos de evaluación. Departamento de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente. Gobierno Vasco.
- Isaakidis, A.; Boura, F.; Liakopoulus, A. 1999. Greece. En: Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Vol 2. Policy Frameworks. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 77-84.
- Kabata Pendias, A. 1995. Agricultural Problems related to excessive trace metals contents of soils. En: Salomons, W.; Forstner, U; Mader, P. 1995. Heavy metals. Problems and solutions. Springer. New York. 3-18.
- Kabata Pendias, A. 2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press. New York. USA.
- Kawamura, K.; Gotoh, S. 1995. Japan's national soil quality standards as expanded in 1994. Contaminated Soil'95. Kluwer Academic Pub. 735-738.
- Lintinen, P.; Savolainen, H.; Jarva, J. 2003. Suggested new guideline values for Cu, Cr, Ni and Zn and comparison with concentrations in soil parent material in Finland. CONSOIL'03. Edición en CD.
- Lis, J.; Pasiieczna, A.; Strzelecki, R.; Wolwkowicz, S.; Lewandowski, P. 1997. Geochemical and radiactivity mapping in Poland. J. Geoch. Explor. 60, 39-53.
- Mas A., Azcue J.M. 1993. Metales en sistemas biológicos. Promociones y Publicaciones Universitarias. Barcelona, 324 pp.
- McGrath, S.P.; Loveland, P.J. 1992. The soil Geochemical Atlas of England and Wales. Blackie

Academic and Professional. Glasgow.

- Menjivar, J.C. 2001. Estudio de suelos de olivar de la hoja de Torres (948). Su evaluación y degradación. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Miguel, de E.; Callaba, A.; Arranz, J.C.; Cala, V.; Chacón, E.; Gallego, E.; Alberruche, E.; Alonso, C.; Fernández-Cantelli, P.; Iribarren, I.; Palacios, H. 2002. Determinación de niveles de fondo i niveles de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos de la Comunidad de Madrid. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Consejería de Medio Ambiente. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- Miko, S.; Halamiæ, J.; Peh, Z.; Galoviæ, L. 2001. Geochemical Baseline Mapping of Soils Developed on Diverse Bedrock from Two Regions in Croatia *Geologia Croatica*. ZAGREB. 54/1. 53-118.
- Milani, A.; Carella, F.; Petruzelli, G.; Jean, P.; Unzo, N. 1995. Soil quality criteria and remediation goals for regione Lombardia's legislation on soil quality protection and contaminated sites reclamation. En: *Contaminated Soil'95*. Ed. Van der. Brink, W.J.; Bosman, R; Arendt, F. Kluwer Academic Pub. 681-690.
- Milani, A.; Carella, G.; Petruzelli, G.; Jen, N.; Nuzzo, N. 1995. Soil quality criteria and remediation goals for regione Lombardia's legislation on soil quality protection and contaminated sites reclamation. *Contaminated Soil'95*. Kluwer Academic Pub. 681-690.
- Muller, D. y Schadmann, M. 1999. Austria. En: *Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe*. Vol 2. Policy Frameworks. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 5-10.
- Navas, A. y Machín, J. 2002. Spatial distribution of heavy metals and arsenic in soils of Aragón (northeast Spain): controlling factors and environmental implications. *Applied Geoch.* 17, 961-973.
- Norman, F. 1999. Sweden. En: *Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe*. Vol 2. Policy Frameworks. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 151-159.
- Odor, L.; Horváth, I.; Fúgedi, U. 1997. Low-density geochemical mapping in Hungary. *J. Geoch. Explor.* 60, 55-66.
- Pais, I.; Benton, J.J. 1997. *The Handbook of Trace Elements*. St. Lucie Press. Boca Raton. Florida.
- Passaro, D.; Lima, A.; Jorge, C.; Ferreira da Silva, E. 1999. Portugal. En: *Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe*. Vol 2. Policy Frameworks. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 129-135.
- Petzold, E.; Luering, E.M.; Morariu, A. 2003. Groundwater and soil contaminations in Romania.

- Monitoring and remediation feasibilities. CONSOIL '03. Edición en CD.
- Podlesakova, E.; Nemecek, J. 1995. Contamination and pollution of soils in Czech Republic. Artículo 101. Edición en CD.
- Quercia, F. 1999. Italy. En: Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Vol 2. Policy Frameworks. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 99-106.
- Rapant, S.; Raposova, M.; Bodis, D.; Marsina, K.; Slaninka, I. 1999. Environmental –geochemical mapping program in the Slovak Republic. *Journal of Geochemical Exploration* 66. 151–158.
- Reimann, C.; Caritat, P. 1998. Chemicals elements in the environments. Factsheets for the geochemist and environmental scientist. Springer. New York.
- Reimann, C.; Kashulina, G.; Caritat, P.; Niskavaara, H. 2001. Multi-element, multi-medium regional geochemistry in the European Arctic: element concentration, variation and correlation. *Applied Geochemistry* 16. 759-780.
- Ross SM (ed). 1994. Toxic metals in Soil-Plant Systems. John Wiley and Sons Ltd.
- Salomons, W.; Förstner U.; Mader, P. (1995) Heavy metals. Problems and Solutions. Springer. 412pp.
- Salminen, R.; Gregorauskiene, G. 2000. Considerations regarding the definition of a geochemical baseline of elements in the surficial materials in areas differing in basic geology. *Applied Geochemistry* 15. 647-653.
- Salminen, R.; Tarvainen, T., 1997. The problem of defining geochemical baselines: a case study of selected elements and geological materials in Finland. *J. Geochem. Explor.* 60, 91-98.
- Salminen, R.; Tarvainen, T.; Demetriades, A.; Duris, M.; Fordyce, F.M.; Gregorauskiene V.; Kahelin, H.; Kivisilla, J.; Klaver, G.; Klein, P.; Larson, J.O.; Lis, J.; Locutura, J.; Marsina, K.; Mjartanova, H.; Mouvet, C.; O'Connor, P.; Odor, L.; Ottonello, G.; Paukola, T.; Plant, J.A.; Reimann, C.; Schermann, O.; Siewers, U.; Steenfelt, A.; Van der Sluys, J.; de Vivo, B.; Williams, L., 1998. FOREGS geochemical mapping field manual. Geological tutkimuskeskus. Opas. 47. Geological Survey of Finland, Guide 47.
- Salomons, W.; Forstner, U.; Mader, P. 1995. Heavy metals. Problems and solutions. Springer. New York.
- Sauvalle, B. y Darmendrail, D. 1999. France. En: Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Vol 2. Policy Frameworks. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 49-60

- Shacklette, H.T.; Boemgen, J.G. 1984. Elemental concentrations in soils and other surficial materials of the conterminous United States. In USGS Prof. Paper 1270. US Gov. Printing Office, Washington, DC.
- Sheppard, S.C.; Gaudet, C.; Sheppard, M.L.; Cureton, P.M.; Wong, M.P. 1992. The development of assessment and remediation guidelines for contaminated soils - a review of the science. *Can. J. Soil Sci.* 72: 359-394.
- Singha, M.; Muller, G.; Singha, I.B. 2003. Geogenic distribution and baseline concentration of heavy metals in sediments of the Ganges River, India. *Journal of Geochemical Exploration* 3976 (2003) 1-17. Article in press
- Szabó, P. 1993. Agro-environmental assessment and remediation. Case study in Hungary. En: *Contaminated Soil'93*. Ed. Arendt, F.; Annokkée, G.J.; Bosman, R.; Van der. Brink, W.J.; Kluwer Academic Pub. 1593-1601.
- Van Dick, E.; Cornelis, C. 1999. Belgium. En: *Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Vol 2. Policy Frameworks*. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 11-28.
- Vegter, J.J. 1995. Soil Protection in The Netherlands. En: Salomons, W.; Forstner, U.; Mader, P. 1995. *Heavy metals. Problems and solutions*. Springer. New York. 79-100.
- Vrana, K.; Rapant, S.; Marsina, K.B.; Mankovska, B.; Curlik, J.; Sefcik, P.; Daniel, J.; Lucivjansky', L.; Lexa, J.; Pramuka, S. 1997. Geochemical atlas of the Slovak republic at scale of 1:1,000,000. *J. Geochem. Explor.* 60, 7-37.
- Wenger, C.; Ziegler, U. 1999. En: *Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe. Vol 2. Policy Frameworks*. Ed. Ferguson, C. y Kasamas, H. LQM Press. Nottingham NG7 2RD. UK. 161-164.
- Williamsa, T.M.; Dunkleya, P.N.; Cruzb, E.; Acitimbayb, V.; Gaiborb, A.; Lopezb, E.; Baezb, N.; Aspdena, J.A. 2000. Regional geochemical reconnaissance of the Cordillera Occidental of Ecuador: economic and environmental applications *Applied Geochemistry* 15. 531-550.
- Xie, X.; Chen, H. 2001. Global geochemical mapping and its implementation in the Asia-Pacific region *Applied Geochemistry* 16. 1309-1321
- Xie, X.J.; Mu, X.Z.; Ren, T.X., 1997. Geochemical mapping in China. *J. Geochem. Explor.* 60, 99-113.
- Zhang, C.; Selinus, O.; Schedin, U.J. 1998. Statistical analyses for heavy metal contents in till and root samples in an area of southeastern Sweden. *The Science of the Total Environment.* 212. 217-232

IV.- GEOLOGÍA Y LITOLOGÍA

De acuerdo con el mapa geológico de España (IGME 1998), en Andalucía se diferencian dos unidades geológicas de rango mayor (Figura 4.1):

1. Macizo Ibérico
2. Cordilleras Béticas

El **Macizo Ibérico** (o Hespérico) representa la parte más suroccidental de la Cadena Hercínica Europea. Los terrenos del Macizo Ibérico se extienden por la mitad occidental de la península Ibérica (en territorio andaluz afloran al norte del valle del Guadalquivir, coincidiendo con las alineaciones montañosas de Sierra Morena), y están constituidos por materiales precámbricos y paleozoicos estructurados durante la orogenia Hercínica o Varisca.

Las **Cordilleras Béticas** forman parte de una cadena de plegamiento alpino originada durante el Mioceno. Las Zonas Externas de la cordillera representan al antiguo margen continental localizado al sur y sureste de la placa ibérica, mientras que las Zonas Internas constituyen un fragmento de una microplaca (Subplaca

Mesomediterránea) que se ha desplazado hacia el oeste, hasta colisionar con dicho margen y formar la cordillera. Dentro de las Béticas se han diferenciado bajo la denominación genérica de **Depresiones Postorogénicas** a las áreas geológicas que quedaron deprimidas después de la orogenia Alpina, y fueron rellenadas por sedimentos neógenos y cuaternarios. Además de la Depresión del Guadalquivir, se incluyen un conjunto de cuencas intramontañosas, individualizadas durante el Mioceno superior dentro de las Cordilleras Béticas, como las depresiones de Granada, Guadix-Baza, etc.

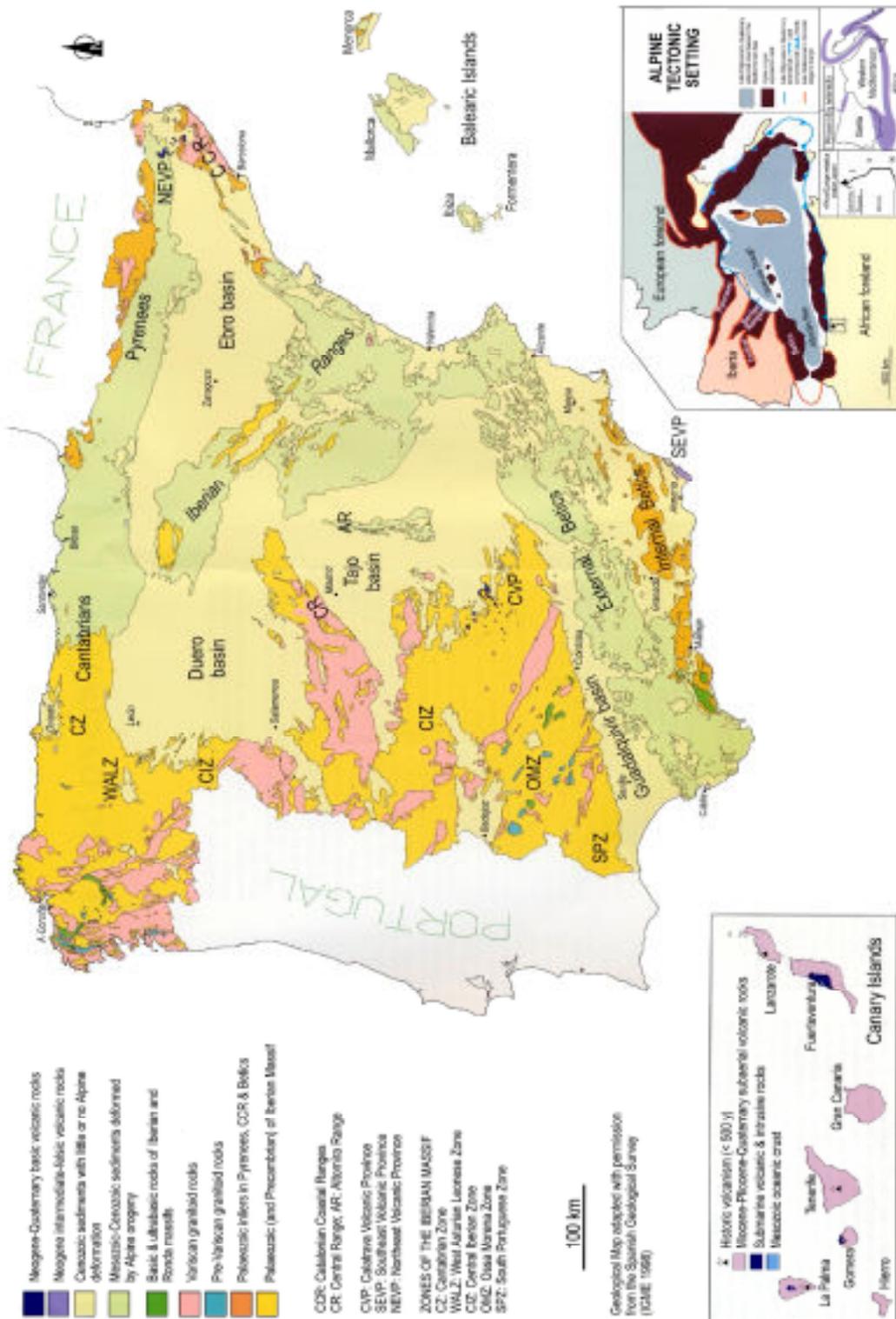


Figura 4.1.- Mapa geológico de España (IGME, 1998).

4.1.- MACIZO IBÉRICO

El Macizo Ibérico se subdivide tradicionalmente en cinco zonas geotectónicas con diferentes características estructurales, estratigráficas y petrológicas, según la clasificación propuesta inicialmente por Lotze (1945) y modificada más tarde por Julivert et al. (1974). Las zonas se disponen en bandas alargadas, de forma arqueada (Arco Ibero-Armoricano), siguiendo la directriz regional de las estructuras hercínicas. De norte a sur, las zonas reciben los nombres de: 1) Zona Cantábrica; 2) Zona Asturoccidental-Leonesa; 3) Zona Centro-Ibérica; 4) Zona Ossa-Morena; y 5) Zona Sur-Portuguesa. En Andalucía sólo afloran materiales hercínicos pertenecientes a las zonas más meridionales del Macizo Ibérico, esto es la Zona Centro-Ibérica, la Zona Ossa-Morena y la Zona Sur-Portuguesa.

El Macizo Ibérico presenta una marcada simetría o bilateralidad estructural. Las zonas más externas ocupan los extremos (zona Cantábrica al norte y Sur-Portuguesa al sur), donde la deformación afectó a niveles superficiales de la corteza. Las zonas más internas (zona Asturoccidental-Leonesa, Centro-Ibérica y Ossa-Morena) soportaron una deformación cortical más intensa, alcanzando al manto litosférico, y muestran evidencias de una actividad magmática y metamórfica más generalizada.

4.1.1. Zona Centro-Ibérica (ZCI)

La ZCI es una de las zonas internas del Macizo Ibérico. En conjunto, se trata de una zona heterogénea, que comprende terrenos metamórficos de alto grado y áreas sin metamorfizar, o bien afectadas por un metamorfismo muy bajo, así como abundantes intrusiones de granitoides. En Andalucía sólo está representada por una estrecha banda situada en las sierras del norte de las provincias de Jaén y Córdoba.

En general, la ZCI se caracteriza por la existencia de extensos afloramientos de una serie detrítica de edad comprendida entre el Rifeense superior y el Vendiense, conocida con la denominación de Complejo Esquisto-Grauváquico o Alcudiense. Estos materiales ocupan el núcleo de grandes anticlinorios en cuyos flancos afloran series paleozoicas. Desde el punto de vista estratigráfico, el rasgo más destacado es el

carácter discordante de la formación Cuarcita Armoricana, del Ordovícico inferior, sobre su basamento Cámbrico inferior o Precámbrico.

El desfiladero de Despeñaperros (Jaén) ofrece excelentes afloramientos donde se observan las formaciones geológicas más representativas de la ZCI en Andalucía (Molina y Ruiz Ortiz, 1999). Los materiales precámbricos consisten en una alternancia de pizarras y grauvacas con niveles microconglomeráticos intercalados. Sobre este zócalo se sitúa discordantemente la serie ordovícica, con diferentes formaciones. La formación basal consiste en una alternancia de areniscas y cuarcitas con pizarras de tonos rojizos y algunos lentejones de conglomerados. A continuación se encuentran los potentes bancos de cuarcitas armoricanas, con estratificación subvertical, que constituyen los relieves más abruptos. Sobre las cuarcitas armoricanas alternan las pizarras con delgadas capas de cuarcitas, y finalmente, a techo de la serie, aparecen pizarras negras con graptolites del Ordovícico medio e intercalaciones de rocas volcánicas. Desde el punto de vista tectónico, predominan los pliegues de superficie axial subvertical o ligeramente vergente al sur, generados durante la primera fase principal de la deformación hercínica.

Otro rasgo sobresaliente de la ZCI es la existencia de numerosas intrusiones ígneas, entre las cuales destaca por su gran extensión el batolito granítico de Los Pedroches. Este cuerpo intrusivo, emplazado en materiales carboníferos, recorre el norte de la provincia de Córdoba marcando el límite meridional de la ZCI, según la división zonal más clásica del Macizo Ibérico. En relación epigenética con el batolito de Los Pedroches existen yacimientos de estaño, wolframio y uranio que fueron beneficiados en el pasado, así como numerosas mineralizaciones filonianas de cobre, plomo, plata y zinc, entre otros metales (Fig. 4.2). Los yacimientos de plomo más importantes de la región se localizan en el distrito de Linares-La Carolina, en relación espacial con rocas adamellíticas y granodioríticas que constituyen los afloramientos más orientales de la alineación magmática de Los Pedroches.

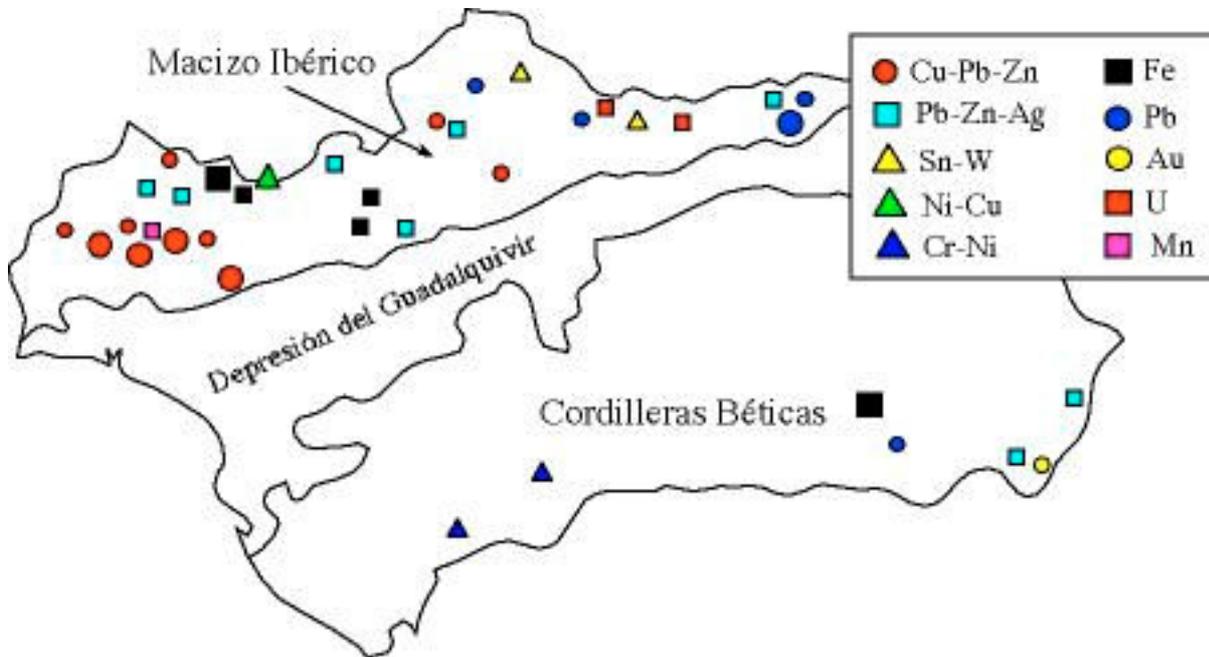


Figura 4.2.- Principales yacimientos de minerales metálicos de Andalucía

4.1.2. Zona Ossa-Morena (ZOM)

La ZOM es un dominio cortical adosado a la ZCI desde el Paleozoico inferior, con unas características geológicas peculiares que la diferencian del resto de las zonas internas del Macizo Ibérico (Castro, 1987). Ocupa el sector central de los afloramientos del Macizo Ibérico en Andalucía, abarcando parte de las sierras del norte de las provincias de Córdoba, Sevilla y Huelva.

La ZOM se caracteriza por su gran complejidad estructural y diversidad petrográfica. Está limitada por importantes accidentes tectónicos resultantes de los últimos episodios deformacionales de la orogenia Hercínica, y contiene materiales de edades comprendidas entre el Precámbrico y el Carbonífero, entre los cuales se encuentran emplazados numerosos cuerpos magmáticos. Así mismo, la ZOM está

compartimentada por una densa red de fracturas y zonas de cizalla, configurando bandas alargadas según la dirección de las estructuras hercínicas (NO-SE), en las que afloran materiales afectados por un metamorfismo de grado variable. Estos accidentes se han utilizado para diferenciar los siguientes dominios (Delgado-Quesada et al. 1977):

1. Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina
2. Valencia de las Torres-Cerro Muriano
3. Sierra Albarrana
4. Zafra-Alanís-Córdoba
5. Olivenza-Monesterio
6. Elvas-Cumbres Mayores
7. Sierra de Aracena

Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina. Está delimitado por el batolito de los Pedroches, al norte, y por la cuenca carbonífera Guadiato-Peñarroya (Córdoba) al sur. Los materiales más antiguos reconocidos (principalmente esquistos, cuarcitas y anfibolitas) pertenecen al Precámbrico superior. Sobre este basamento se encuentran metasedimentos de distinta naturaleza correspondientes a las series paleozoicas.

Valencia de las Torres-Cerro Muriano. La serie estratigráfica de este dominio consta de dos partes diferenciadas. El tramo basal consiste en una secuencia de gneises y anfibolitas ortoderivadas, con algunos niveles de mármoles y cuarcitas. El tramo superior está constituido por la Serie Negra (Vegas, 1968), una potente sucesión metapelítica con intercalaciones de metavulcanitas básicas y cuarcitas negras, entre otras litologías, con restos fósiles del Rifeense medio-superior (Chacón et al. 1984). La cuenca carbonífera Guadiato-Peñarroya, localizada en el borde septentrional de este dominio, se encuentra dividida en varias zonas por cabalgamientos. Los principales depósitos de carbón están relacionados con los materiales detríticos continentales, de

edad Westfaliense, que afloran en la zona norte de la cuenca (Peñarroya-Bélméz-Espiel).

Sierra Albarrana. Está constituida por un conjunto de materiales metamórficos que se disponen simétricamente en torno a un núcleo precámbrico formado por los gneises cuarzofeldespáticos de la formación Albarrana (Garrote, 1980). Por encima de estos gneises se sitúa un potente tramo de esquistos y micaesquistos, con algunos niveles de cuarcitas, pertenecientes a la formación Albariza-Bembézar (Delgado-Quesada, 1971). Estos materiales localmente se encuentran cortados por cuerpos de ortoanfibolitas y pegmatitas graníticas de origen anatéctico, así como numerosos filones hidrotermales orientados transversalmente a las grandes estructuras metamórficas. Por último, cabe señalar la existencia de materiales carboníferos en antiguas depresiones intramontañosas de edad Tournaisiense-Viseense, como las cuencas de Benajazafe, Berlanga y Valdeinfierno. En la Sierra de Albarrana son abundantes los indicios de minerales metálicos, principalmente de plomo y cobre, relacionados con filones hidrotermales.

Zafra-Alanís-Córdoba. Se trata de un sinclinorio formado por metasedimentos paleozoicos, desde el Cámbrico inferior hasta el Devónico inferior, que yacen sobre un sustrato precámbrico compuesto por la secuencia de pizarras y cuarcitas de la Serie Negra. El Cámbrico inferior está representado por rocas carbonatadas fosilíferas (trilobites y arqueociatos), a menudo asociadas con rocas volcanogénicas. En la Sierra de Córdoba, por debajo de la serie carbonatada, se dispone concordantemente una formación de areniscas con algunos conglomerados (Fm. Torreárboles, cf. Liñán 1978), que marca la transición del Proterozoico al Cámbrico. El Cámbrico medio está representado por un conjunto volcanosedimentario, sobre el cual se disponen discordantemente ampelitas con graptolites del Silúrico y esquistos devónicos. El resto de afloramientos paleozoicos corresponden con los materiales carboníferos y pérmicos (areniscas, lutitas y conglomerados, con algunas capas de carbón) del norte de la provincia de Sevilla.

Olivenza-Monesterio. Comprende un anticlinorio situado entre Olivenza (Badajoz) y el sur del embalse del Pintado (Sevilla), en cuyo núcleo afloran rocas precámbricas de la Serie Negra y diversos cuerpos intrusivos félsicos y máficos. En el

flanco meridional del anticlinorio afloran calizas cámbricas entre niveles detríticos, que en contacto con las intrusiones ígneas han desarrollado importantes skarns con yacimientos explotables de hierro, como el caso de las minas de Cala, en la provincia de Huelva (Fig. 2). Por otra parte, el macizo metamórfico de Lora del Río (Sevilla) se considera la prolongación más oriental de este dominio, junto al valle del Guadalquivir.

Elvas-Cumbres Mayores. Está integrado por las metapelitas precámbricas de la Serie Negra y por materiales volcanosedimentarios finiprecámbricos. Se caracteriza, desde el punto de vista estructural, por la existencia de grandes plieques tumbados y cabalgamientos.

Sierra de Aracena. Constituye una estrecha banda metamórfica que se extiende por el norte de la provincia de Huelva, desde Almadén de la Plata (Sevilla) hasta Beja (Portugal). Castro et al. (1996) han subdividido la banda metamórfica de Aracena en un dominio oceánico y un dominio continental. El dominio oceánico está formado por las anfibolitas de Acebuches (Bard, 1969) y otras metabasitas resultantes del metamorfismo regional de basaltos oceánicos (Bard y Moine, 1979). El dominio continental es más heterogéneo y ha soportado un metamorfismo regional de alta temperatura y baja presión (Bard, 1969). Las rocas predominantes en la parte meridional del dominio son gneises pelíticos y calcosilicatados, granulitas, migmatitas, anfibolitas y mármoles; en cambio, en la parte septentrional predominan las metapelitas de grado bajo a medio, lo que implica la existencia de un fuerte gradiente metamórfico. Además, en este dominio se hallan diversas intrusiones de noritas, gabros, dioritas y granitos. Desde el punto de vista metalogenético (Fig. 2), existen pequeñas mineralizaciones de plomo y plata estratoligadas a calizas marmóreas y depósitos volcanosedimentarios de cobre y zinc.

4.1.3. Zona Sur-Portuguesa (ZSP)

La ZSP representa la zona externa meridional del Macizo Ibérico. En Andalucía ocupa la parte central de la provincia de Huelva, y se prolonga hasta la provincia de Sevilla. El contacto entre la ZSP y la ZOM es una importante sutura de la Cadena

Hercínica Europea, marcada por las anfibolitas de Acebuches. Las formaciones más septentrionales de la ZSP están constituidas por materiales devónicos correlacionables con los metasedimentos del antiformal de Pulo do Lobo en Portugal (Carvalho et al. 1976), entre los cuales se encuentran una alternancia flyschoides de grauwacas y pizarras, una formación cuarzoesquistosa, cuarcitas y metabasitas (Crespo, 1990), junto con un pequeño plutón de granodioritas deformadas, y un conjunto de granitoides tridihercínicos pertenecientes al batolito de la sierra norte de Sevilla (De la Rosa, 1992).

En la parte central de la ZSP se localiza la Faja Pirítica Ibérica (FPI), una banda de aproximadamente 250 km de largo y 50 km de ancho que contiene grandes yacimientos de piritita y sulfuros polimetálicos (principalmente Cu-Pb-Zn), que la convierten en la primera reserva mundial de sulfuros masivos (Franklin et al. 1981), y con numerosas mineralizaciones singenéticas de manganeso y filones hidrotermales de Cu, Pb, Zn, Sb, fluorita y barita (Sáez et al. 1996). La FPI (Fig. 2) se considera una de las provincias metalogénicas más importantes del mundo no sólo por el volumen de sus reservas minerales, sino también por la historia de su minería. Se tienen evidencias arqueometalúrgicas de que la actividad minera se remonta al comienzo de la Edad de los Metales, si bien la época de máximo esplendor tuvo lugar durante el tránsito del siglo XIX al XX (Salkield, 1987). Los yacimientos andaluces más productivos fueron: Riotinto, Tharsis, Sotiel, La Zarza y Aznalcóllar.

La estratigrafía regional de la FPI está bien establecida, en general, aceptándose la serie propuesta por Schermerhörn (1971), con tres grandes unidades litoestratigráficas que de muro a techo son: a) Grupo de Pizarras y Cuarcitas; b) Complejo Volcánico-Sedimentario; y c) Grupo Culm.

a) *Grupo de Pizarras y Cuarcitas (PQ)*. Es una potente y monótona formación de pizarras con cantos y niveles de cuarcitas interestratificados, que contiene algunos lentejones de calizas datadas por conodontos como Devónico superior (Van den Boogaard, 1963). Aunque la base de esta formación es desconocida, se estima que supera 1.000 m de espesor (Strauss y Madel 1974).

b) *Complejo Volcánico-Sedimentario (CVS)*. Es la unidad más interesante desde el punto de vista metalogénico y minero. La serie estratigráfica del CVS contiene varias secuencias de rocas lávicas y piroclásticas resultantes de diversos episodios volcánicos relacionados con un magmatismo hercínico bimodal. Los principales yacimientos de sulfuros masivos están asociados con el primer episodio volcánico ácido. Las secuencias volcánicas se encuentran englobadas en un armazón sedimentario compuesto esencialmente por pizarras y rocas epiclásticas, derivadas de la erosión de los aparatos volcánicos. La edad de este complejo volcánico-sedimentario está comprendida entre el Devónico superior y el Carbonífero inferior (Oliveira, 1990).

c) *Grupo Culm*. Está integrado por una serie pizarrosa basal y una secuencia turbidítica de pizarras y grauvacas (Moreno y Sequeiros, 1989). Estos materiales detríticos son localmente ricos en restos fósiles característicos del Viseense superior (Posidonias, Goniatites), y se disponen concordantemente sobre el CVS, marcando el final de la sedimentación carbonífera. Basándose en datos geofísicos, Strauss y Madel (1974) estimaron una potencia de 500 m para esta unidad, en la parte española de la FPI, mientras que en la parte portuguesa Schermerhörn y Stanton (1969) le asignaron varios miles de metros de espesor.

Estos materiales fueron deformados y metamorfizados en bajo grado durante la orogenia Hercínica, dando lugar a un cinturón de pliegues y cabalgamientos de tipo "thin-skinned" con vergencia meridional, que se propagan hacia el sur sobre un despegue basal mesocortical (Quesada, 1997).

Finalmente, en el extremo oriental de la ZSP, en el límite con la ZOM, se encuentran en contacto discordante los materiales pérmicos de la cuenca del río Viar (Sevilla). Se trata de una cuenca intramontañosa, de geometría estrecha y alargada en dirección NO-SE, rellena por una serie detrítica inferior, formada por capas rojas de conglomerados, areniscas y lutitas (Simancas, 1983), y por una serie volcanoclástica gris de composición riodacítica (Sierra et al. 2000), entre las cuales se intercalan coladas basálticas.

4.2. CORDILLERAS BÉTICAS

Se da el nombre de Cordilleras Béticas a la cadena alpina que se extiende desde Cádiz hasta las costas meridionales del País Valenciano. En Andalucía están representados la mayor parte de sus elementos constitutivos. Clásicamente se dividen en dos grandes zonas con distinto significado paleogeográfico, (Zonas Externas y Zonas Internas) aunque hay que añadir algunos términos complejos o grandes unidades (Unidad del Campo de Gibraltar y el Complejo Dorsaliano). Normalmente, se consideran las Zonas Prebética y Subbética, junto con las unidades intermedias y al menos la parte meridional de la Depresión del Guadalquivir como Zonas Externas Béticas, caracterizadas por una tectónica de cobertera. Las Zonas Internas Béticas están constituidas por mantos de corrimiento y unidades alóctonas, agrupados en tres complejos: Nevado-Filábrides, Alpujarrides y Maláguides (Fig. 3).

Si bien la Cuenca del Guadalquivir tiene características y génesis ligada a la de las Cordilleras Béticas, dado que en su totalidad queda fuera del ámbito estricto de las Cordilleras Béticas se ha descrito por separado. Existen también depresiones internas de las Béticas que albergan materiales postorogénicos y que se han individualizado como “otras cuencas” para su descripción.

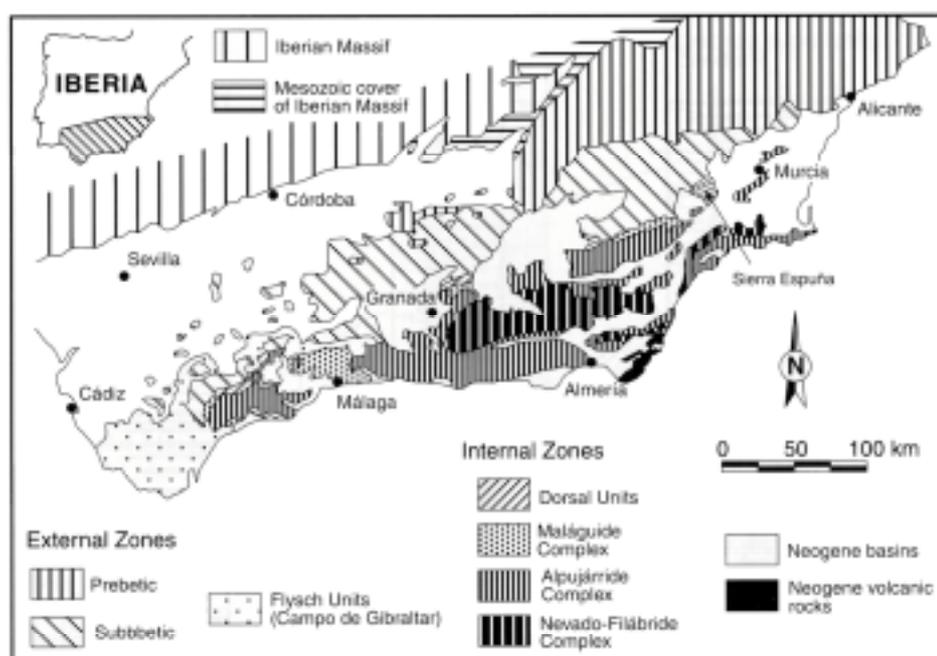


Figura 4.3. Dominios presentes en las Cordilleras Béticas.

4.2.1. Zonas Externas

Las zonas externas están constituidas por materiales comprendidos desde el Triásico al Mioceno inferior-medio.

4.2.1.1. Cobertera Tabular

Los materiales que lo constituyen son fundamentalmente de facies rojas del Trias de tipo germánico; sobre ellos, con menor extensión aparecen materiales carbonatados del Jurásico. En su conjunto son subhorizontales y descansan discordantes sobre un paleorelieve formado por rocas paleozoicas, plegadas en la orogenia hercínica. Los materiales triásicos son depósitos fluviales con gran desarrollo de facies de llanura de inundación (Fernández, 1975). Estos sedimentos se incluyen dentro de las zonas externas de las Béticas, y están depositados en el sur del Macizo Ibérico.

4.2.1.2 Zona Prebética

Se caracteriza por presentar series mesozoicas en las que dominan los materiales de facies someras, con episodios costeros e incluso continentales. Se suele dividir en función de criterios estratigráficos y paleogeográficos en:

Prebético externo

Es el área más próxima al continente durante el depósito. Está constituido por materiales mesozoicos sobre los que descansan discordantes los del Mioceno superior. El Trias es de facies germánica y constituye el nivel de despegue. El Jurásico es dolomítico con episodios arcillosos y calizos y el Cretácico se caracteriza por presentar una laguna estratigráfica generalizada que comprende casi todo el Cretácico inferior. Los términos presentes son de facies Weald, y calizas y dolomías. En Andalucía aflora en la Sierra de Cazorla.

Prebético interno

Presenta series estratigráficas más potentes y más complejas que el Prebético externo. El Triásico y jurásico presentan facies similares. El Jurásico terminal y todo el

Cretácico muestran facies carbonatadas de medios marinos someros y mareales con episodio costeros y deltáicos con sedimentación detrítica. El Paleógeno está formado por arcillas, calizas, y niveles detríticos de medios continentales. Tiene estructuras de pliegues vergentes NNW, fracturas de desgarre y cabalgamientos.

4.2.1.3. Dominio Intermedio

Corresponde al área que, desde un punto de vista paleogeográfico, estaría entre la Zona Subbética y la Zona Prebética. Se caracteriza por constituir durante el Jurásico y Cretácico un surco subsidente con depósito de materiales pelágicos y con importantes episodios turbidíticos.

El afloramiento más representativo dentro de Andalucía esta localizado al sur de Jaén. Se han definido (Ruíz Ortiz 1980) diferentes formaciones para el mesozoico. El Triásico y Liásico medio tienen características análogas a la Zona Subbética. El Lias superior es una ritmita con calizas tableadas y calizas margosas, el Dogger son calizas oolíticas, y el Malm comienza con margas con radiolaritas y sobre ellas turbiditas calcáreas. El Cretácico comienza con ritmitas de calizas margosas y continúa con turbiditas terrígenas. El Paleógeno es marino y formado por margas y calizas pelágicas. Tectonicamente el dominio intermedio cabalga hacia el norte de la Zona Prebetica y es cabalgado por el Sur por la Zona Subbética.

4.2.1.4. Zona Subbética

Se denomina así a una amplia región que se extiende al Sur del dominio intermedio hasta el límite con las zonas internas. En las proximidades de este límite hay unidades de posición dudosa. Dentro de este dominio se diferencian tres subdominios paleoeográficos: subbético externo, medio e interno (incluido el Penibético), de acuerdo con las características estratigráficas de las series jurasicas. El Subbético externo y el Subbético intemo constituyeron durante el Jurásico medio y

superior umbrales poco subsidentes, el Subbético medio constituyó un surco subsidente con vulcanismo submarino.

El Triásico presenta facies similares en todo el subbético con diferenciación del Bundsandstein-Muschelkalk y Keuper siendo este último el que domina, y constituye el nivel de despegue. El Lias inferior y medio es similar en todos los dominios, está formado por calizas de medios marinos someros, dolomitizadas en la base. El resto del Jurásico está compuesto por:

Lias superior. Altemancia rítmica de calizas y margas. En el Subbético medio alcanza mayores potencias y presenta intercalaciones de rocas volcánicas submarinas. En el Subbético interno falta por laguna estratigráfica o se presenta como calizas oolíticas.

Dogger. En el Subbético externo presenta facies de calizas oolíticas marinas someras y de “ammonítico rosso”. En el Subbético medio la facies es de calizas micríticas con sílex y margas con radiolarios, con coladas volcánicas submarinas. En el Subbético Interno y Penibético esta ausente o se presenta con facies de calizas dolomíticas.

Malm. De facies de “ammonítico rosso” tanto en el Subbético externo como en el interno (y Penibético). Por el contrario, el Subbético medio empieza con margas radiolaríticas y sigue con una ritmita de calizas, margas y turbiditas calcáreas con sílex. Localmente presenta intercalaciones importantes de rocas volcánicas submarinas (Comas 1978).

Cretácico inferior. Facies muy similares en toda la Subbética, excepto en el Penibético donde falta por laguna estratigráfica. Se trata de una ritmita de calizas-margas con espesor variable, localmente presenta estructuras de deslizamiento gravitacional.

Cretácico superior. Representado por calizas micríticas y margocalizas ricas en foraminíferos planctónicos y cocolitos

Los depósitos del *Paleógeno*, son materiales pelágicos donde se intercalan episodios turbidíticos y masas olistostrómicas. El *Mioceno inferior y medio* está formado por materiales pelágicos esencialmente margosos.

4.2.1.5. Términos comunes

Algunas de las unidades cabalgantes de la Zona Prebética han llegado a la Depresión del Guadalquivir. En esta Depresión se introducen, entre los materiales del Mioceno grandes masas olistostrómicas que se extienden ampliamente en la cuenca. Se han denominado “unidades alóctonas del Guadalquivir” o “complejo olistostrómico”. Está constituido por margas, con turbiditas, olistolitos y olistostromas.

4.2.2. *Zonas internas.*

Esta formada por tres complejos alóctonos: Nevado Filábrides, Alpujarrides y Maláguides. Los primeros están intensamente afectados por la deformación y metamorfismo alpino. El complejo Maláguide, posee una cobertera mesozoica y terciaria discordante, sin deformaciones apreciables.

4.2.2.1. Complejo Maláguide

Sus constituyentes litológicos son bastante homogéneos. Existe una sucesión paleozoica, coronada por formaciones detríticas del Permotrias, que dan paso a sucesiones mesozoicas y cenozoicas.

La sucesión paleozoica. Es de naturaleza areniscosa, pelítica o carbonatada, y muestra foliación de plano axial microplegado. La secuencia completa de más de 1km (Didon et al., 1973; Tubía, 1988) puede subdividirse en tres paquetes:

1. Filitas, metapelitas y areniscas. Comprende micaesquistos y filitas con lechos de grauwas deformadas y con niveles de conglomerados. Le suceden filitas con tonalidades violáceas (silúricas), calizas nodulosas con Ortoceras.
2. Calizas y grauwas. Constituyen una sucesión bien desarrollada en la que alternan metapelitas, grauwas y calizas detríticas a veces fosilíferas. (Silúrico-Devónico).
3. Grauwas, pelitas y conglomerados que constituyen un flysh. En la parte superior y en algunos puntos se intercalan calizas fosilíferas

Areniscas, limos y conglomerados del Permotrias. En la base se sitúan los conglomerados, con cantos centimétricos de cuarzo, areniscas y liditas que contienen niveles de areniscas rojas. Sobre ellos un tramo de areniscas y pelitas altemantes de un espesor de un centenar de metros. Progresivamente se pasa a otra secuencia semejante, aunque con bancos conglomeráticos, que pueden alcanzar los 100m de potencia. Finalmente niveles arcillosos abigarrados con yeso y niveles areniscos preceden a las calizas que coronan la secuencia. Todo este conjunto es discordante y descansa sobre varios términos de la sucesión paleozoica.

En algunas áreas, las sucesiones maláguides se ven coronadas por materiales mesozoicos y terciarios carbonatados.

Los términos mesozoicos se reducen a dolomías y calizas masivas, calizas oolíticas, y calizas margosas rojas. Encima de estas litologías es frecuente encontrar calizas con foraminíferos y conglomerados (Eoceno), que culminan con materiales detríticos del Oligoceno que pueden constituir el techo de la sucesión maláguide.

4.2.2.2. Complejo Alpujarride

Los términos Alpujárrides y Mantos Alpujárrides fueron introducidos por Van Bemmelen (1927) para dar nombre a un grupo de mantos que se encontraron en las vertientes septentrional y meridional de Sierra Nevada. Posteriormente se usa el término Complejo Alpujarride para dar nombre a las unidades afines a las que se describieron previamente (Egeler y Simon, 1969).

Estos materiales están metamorfozados en grado variable, creciente desde los términos más altos a los más bajos de cada manto. El metamorfismo se ha desarrollado durante el ciclo alpino, en condiciones extremas y algunos materiales han sufrido presiones de 30 km de carga y han llegado a temperaturas superiores a 700 ° C.

La litología de cada uno de los mantos alpujárrides tiene una secuencia a veces truncada, cuyos términos son asimilables a los de una sucesión alpujarride tipo (Aldaya et al., 1979 y 1991). Una secuencia alpujarride es una potente serie metapelítica que comprende tres formaciones, cada una de las cuales puede llegar a superar el kilómetro de espesor. La formación basal está constituida por esquistos, micaesquistos grafitosos,

y cuarzoesquistos, todos ellos de tonalidades oscuras con intercalaciones carbonatadas. Le sigue otra formación cuarcítica, de tonalidades pardo rojizas, de edad paleozoica. La serie metapelítica termina por una formación de filitas y cuarcitas, que en ciertos mantos son micaesquistos de grano fino, con horizontes cuarcíticos, lentejones carbonatados y localmente evaporitas (atribuidas al Permotrias).

De manera gradual se pasa, a través de horizontes calcoesquistosos, a una potente formación carbonatada (esencialmente calizas y dolomías). Los tipos de facies sedimentarias asociados a esta formación indican que se trata de facies someras, propias de una plataforma carbonatada.

Preferentemente en los Alpujárrides occidentales y por debajo de la serie metapelítica se encuentran migmatitas, gneises graníticos y rocas granulíticas ácidas. Las peridotitas de la Sierra Bermeja (Ronda) forman parte de un manto alpujárride y están cizalladas.

4.2.2.3. Complejo Nevado-Filábrides

Definido por Egeler (1963), comprende sucesiones de materiales metamórficos, distribuidos entre diferentes unidades alóctonas y mantos. Esencialmente el metamorfismo y las deformaciones son alpinas, pero se ha identificado la existencia de deformaciones pre-alpinas (Puga 1971, Vissers, 1981).

En el metamorfismo alpino se pueden diferenciar varios periodos. En el primero las rocas llegaron a alcanzar condiciones de soterramiento de 35 km con temperaturas de 400-500° C; en el segundo se llegaron a presiones de 15 km de profundidad y temperaturas de 550° C, en el tercero las presiones son semejantes y las temperaturas de hasta 450° C (Díaz de Federico et al., 1979; Martínez Martínez, 1984).

Paralelamente a esta evolución metamórfica los materiales sufrieron deformación que puede ser expresada como resultado de tres fases de plegamiento, con fases tardías de menor importancia. En la segunda fase de deformación se originaron rocas miloníticas (González Lodeiro, 1984, Platt et al., 1998)

La litología según Martínez Martínez (1984) que sintetiza las de otros autores, es la siguiente:

Formación Aulago: Materiales de los niveles inferiores, forman una sucesión monótona compuesta por esquistos y niveles cuarcíticos de varios Km de espesor. La parte superior esta formada por rocas cuarzo-feldespáticas con potencia variable. Por debajo se suceden esquistos grafitosos muy potentes. Esta formación posee intercalaciones de mármoles grafitosos (Devónicos).

Formación Montenegro. Comparable a la formación anterior, con espesores de 2000 m en Sierra de los Filabres y menos de 300 m en Sierra Nevada. Predominan los esquistos con cloritoide y esquistos albíticos.

Formación Tahal. Se apoya sobre los esquistos de Montenegro y llega a los 1000 m de espesor. Esta compuesta por micaesquistos claros con niveles de conglomerados en la parte inferior. En la parte alta predominan micaesquistos. La sucesión termina con niveles más cuarcíticos seguida por micaesquistos, que incluyen masas de eclogitas y rocas ígneas poco o nada metamorfizadas. La edad es permotriásica.

Formación Huertecica. Esta constituida por mármoles de menos de 100 m de potencia, a los que se asocian esquistos. Los mármoles con calcíticos o dolomíticos, con brechas, yeso e intercalaciones de filitas y micaesquistos. También es frecuente la inclusión de rocas básicas metamorfizadas. Edad Triásica.

Formación Casas. Se distingue un primer tramo (inferior) de mármoles calcíticos y dolomíticos con anfibolitas intercaladas (menos de 100 m), un segundo tramo de anfibolitas y micaesquistos (más de 50 m), y un tercer tramo con esquistos cuarcíticos con mármoles y calcoesquistos. La edad atribuida es triásica.

Formación Nevada. Es una formación litologicamente compleja en la que coexisten esquistos grafitosos, mármoles calcíticos y dolomíticos, esquistos anfibolíticos, eclogitas, serpentinitas, etc.

4.2.2.4. Complejo dorsaliano

Está generalmente cabalgado por el conjunto de Maláguides más Alpujárrides, más Nevado-Filábrides. Se distingue dentro del complejo entre Dorsal Interna y Dorsal Externa. Paleogeográficamente la primera puede considerarse como de transición a las Maláguides, y la Externa como transición al surco sedimentario de las Unidades del Campo de Gibraltar.

La Dorsal Interna está constituida por dolomías oscuras del Trías, calizas blancas liásicas, una sucesión de calizas nodulosas, calizas margosas blancas, margas y margocalizas grises, calizas masivas con foraminíferos y conglomerados y términos margosos y detríticos (Oligoceno -Aquitaniense).

La Dorsal Externa tiene una sucesión que se caracteriza por un potente paquete de dolomías triásicas, coronadas por alternancia de margocalizas dolomíticas, calizas brechoides y nodulosas, calizas detríticas grises y conglomerados del Eoceno, para ser culminada la serie con términos margosos y detríticos (Oligoceno).

4.2.3. *Unidad del Campo de Gibraltar*

Se denominan “unidades flysch” a los materiales que afloran extensamente en la mitad meridional de la provincia de Cádiz y que se extienden sobre las Zonas Internas y las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas. Se trata de materiales alóctonos cuya posición originaria ha sido muy discutida. Se han encontrado rocas equivalentes en Marruecos, Argelia y Túnez. Pueden diferenciarse numerosas unidades que forman mantos de corrimiento superpuestos, constituidos por formaciones de edad comprendida entre el Paleógeno y Mioceno inferior, aunque existen pequeños afloramientos de edad cretácica (Martín-Algarra, 1987). Las de tipo flysch tienen una representación muy importante. En los depósitos cenozoicos del Campo de Gibraltar se han distinguido las siguientes unidades (Pendón, 1978):

4.2.3.1. Unidad del Aljibe

Es la unidad tectónicamente más alta y está formada por dos grandes secuencias litoestratigráficas. La inferior (100 m de potencia) constituida por margas y arcillas con intercalaciones de turbiditas calcáreas (Paleógeno) y la superior (> 1000m de potencia) formada por la Arenisca del Aljibe, facies con características constantes desde la provincia de Cádiz a Sicilia (Mioceno inferior y medio).

4.2.3.2. Unidad de Algeciras

Los términos inferiores son análogos a los de la otra unidad, mientras que el Mioceno inferior está formado por unas facies turbidíticas con bancos de areniscas micáceas que superan los 1000 m de potencia, la edad asignada es Oligoceno – Aquitaniense.

4.2.3.3. Otras unidades

Se reúnen en este epígrafe el resto de unidades del Campo de Gibraltar incluidas aquellas formadas por mezcla tectónica de varias (p.e. Complejo de Colmenar). En ellas se pueden diferenciar una base margosa o arcillosa y los términos superiores turbidíticos (flysch)

4.3 CUENCAS POSTOROGÉNICAS

Se han incluido en este apartado las series sedimentarias desarrolladas entre las zonas Internas y Externas de las Cordilleras Béticas, durante el inicio del Mioceno (Figura 4). La que ocupa mayor extensión es la Cuenca del Guadalquivir. Las cuencas intramontañas de las Cordilleras Béticas pueden ser continentales o marinas. Las continentales tienen un desarrollo muy pequeño e incluyen conglomerados y areniscas, que hacia techo cambian a diatomitas del Tortoniense-Messiniense (Elízaga & Calvo 1988). Existen algunas cuencas marginales de origen marino (e.j. Ronda) ligadas al dominio atlántico, y otras ligadas al dominio mediterráneo (Granada, Guadix-Baza, Almería, entre otras), durante el Mioceno.

4.3.1 Cuenca del Guadalquivir

Los materiales que rellenan la Cuenca del Guadalquivir son fundamentalmente neógenos (Mioceno-Plioceno) y se distribuyen de una forma asimétrica condicionados por la distribución morfoestructural del sustrato. También existen depósitos cuaternarios, en su mayor parte pertenecientes a las terrazas y aluviales de los grandes ríos y sus afluentes, aunque en ocasiones se encuentran formaciones de arenas rojas en discordancia erosiva sobre los materiales terciarios.

Materiales terciarios

El límite norte de la depresión (Macizo Ibérico) es muy neto, y es un borde pasivo. El borde sur (activo) marca el límite con las zonas externas de las Cordilleras Béticas. Todos los materiales terciarios son de origen marino, excepto en el área de Lebrija (Sevilla), donde existen depósitos continentales. Los sedimentos marinos pueden subdividirse en tres grupos (Galán y González, 1993): a) Materiales autóctonos, formados en la propia cuenca de sedimentación y b) Materiales paraúctonos, procedentes de áreas próximas, y c) Unidad alóctona (Olistostroma) formada por sedimentos de procedencia Subbética en general, y que debido a la subsidencia de la cuenca miocena, se deslizaron provocando una acumulación de grandes depósitos.

Materiales autóctonos. Están bien representados en la zona norte de la depresión. La litología de las distintas formaciones de muro a techo es la siguiente:

- a) Formaciones detrítico-carbonatadas (Mioceno superior). Se inicia con niveles conglomeráticos de escaso espesor (<2m) que se disponen de forma erosiva sobre el zócalo paleozoico. Sobre ellos se encuentran depósitos de calcarenitas y hacia techo aparecen niveles de arenas fosilíferas de pequeña potencia. Estas arenas pasan lateralmente a limos y margas limosas. Las variaciones de facies son muy frecuentes en este tramo. Esta unidad se incluye dentro de la UTS2 definida para la Cuenca del Guadalquivir por Martínez del Olmo et al. (1984) y en la Secuencia Depositional C (Sierro et al, 1990).
- b) Formaciones margo-arcillosas (Mioceno superior-Plioceno). Afloran en toda la depresión y aumentan considerablemente su potencia hacia el sur. En superficie

raramente superan los 60 m, pero por datos de sondeos se sabe que llegan a tener 2000 m de potencia en algunas zonas. La litología es de margas arcillosas con intercalaciones limosas. La correlación con las nuevas tendencias (UTS y Secuencias Depositionales) sería UTS3 y Secuencia D.

- c) Formaciones arenosas más o menos limosas (Plioceno inferior). Están constituidas por limos y arenas muy ricas en microfauna que se disponen sobre las margas mediante tránsito gradual (potencia de 30 m). Cambian lateralmente de facies a otros de carácter carbonatado cuya potencia oscila entre 60-100 m
- d) Formaciones detríticas pliocenas. Se disponen de forma erosiva sobre los tramos anteriores y están constituidas por arenas rojas, con cambios laterales de facies a sedimentos más groseros. Se corresponderían con la UTS4 (Martínez del Olmo et al, 1984) y Secuencia D (Sierro et al. 1990)

Materiales alóctonos y parautóctonos. Este conjunto litológico tiene una amplia extensión en el SW de la Depresión. Esta formado por margas blancas, donde se intercalan niveles con alto contenido en diatomeas y otros organismos silíceos (radiolarios, esponjas, silicoflagelados). La edad de estos materiales varía desde el Oligoceno al Mioceno medio-superior. Estos materiales quedarían incluidos en la UTS2 (Martínez del Olmo et al., 1984). En el sur de la cuenca los depósitos olistostrómicos, localizados en la parte frontal de los mantos subbéticos, están intercalados con arcillas y margas del Tortoniense. Encima de estas unidades olistostrómicas se encuentran, arcillas calcarenitas del Messiniense (Riaza y Martínez del Olmo, 1996)

Los sedimentos continentales (Plioceno superior) están constituidos por calizas silicificadas en la base y calizas margosas, margas y arcillas hacia techo, pero representan poca extensión dentro de la cuenca marina (Galán y Ferrero, 1982).

Materiales cuaternarios

Se pueden subdividir en :

- *Depósitos cuaternarios de terrazas y aluvial reciente*, constituidos por gravas y arenas más o menos limosas, con intercalaciones arcillosas en el primer caso y por gravas y arenas en el segundo. Los cantos de grava suelen ser de naturaleza cuarcítica , o ígnea en la mayoría de los casos.
- *Arcillas y arenas de descalcificación*, la litología es de arcillas y arenas rojas procedentes de la alteración de los materiales terciarios. No llega a constituir un conjunto litológico definido, pero tiene gran continuidad en la cuenca, aunque escasa potencia
- *Formación roja*, constituida por gravas, arenas finas y arcillas rojas, esta formación se ha denominado equivocadamente como glacia, atendiendo a un criterio geomorfológico, hay que decir que ni tan siquiera tiene la morfología de glacia y corresponde a un alto nivel aluvial (Pendón y Rodríguez Vidal, 1986)
- *Marismas*, ocupan una amplia extensión en el S y SW de la Cuenca del Guadalquivir, están constituidas por sedimentos arenosos y limosos con niveles de turba intercalados, y cantidades variables de sales.

4.3.2. Otras cuencas

Cuencas ligadas al dominio atlántico

Ronda-Antequera-Alcalá la Real

Están rellenas por materiales del Mioceno superior que se sitúan en discordancia sobre el substrato. En conjunto los materiales del Mioceno superior pueden considerarse como una formación de tipo molásico constituido por calcarenitas, debajo de las cuales se encuentran margas más o menos arenosas del Andaluciense inferior

Cuencas intramontañosas ligadas al dominio Mediterráneo

Las cuencas intramontañas, han tenido una evolución muy diferente durante el Tortonense-Messiniense. Se han diferenciado dos tipos: a) Las que se encuentran en el contacto entre las Cordilleras Béticas Externas e Internas, distantes actualmente del mar Mediterráneo, y b) Otras cuencas, localizadas en las Zonas Internas de las Béticas y cercanas al Mediterráneo. Al primer caso pertenecen las de Granada y Lorca, que estuvieron aisladas durante el Tortonense-Messiniense y se desecaron completamente, por lo que los depósitos de evaporitas son los más significativos. También se encuentran en este grupo las de Guadix-Baza, donde existen sedimentos aluviales y fluviales (conglomerados, arenas y limos) que pasan lateralmente a depósitos lacustres (arenas, margas, calizas y yeso). En el segundo grupo están las Cuencas de Vera, Sorbas, Tabernas, y Almería, que estuvieron conectadas al mediterráneo, hasta el Plioceno.

En general, durante el Tortonense inferior tuvo lugar la sedimentación de calcarenitas bioclásticas de hasta 50m de potencia, con abundantes restos de briozoos, algas y bivalvos (Esteban et al., 1996). Localmente predominan depósitos de conglomerados y areniscas. Al final del Tortonense se depositaron conglomerados y areniscas, que cambian lateralmente de facies a limos y margas.

Guadix-Baza

Los materiales neógenos y cuaternarios que constituyen el relleno de la misma ocultan los contactos entre las Zonas Internas y Externas de las Cordilleras Béticas. En esta cuenca está representada la secuencia continental completa (500 m de potencia). La mayoría de los materiales miocenos que afloran pertenecen al Mioceno superior, aunque localmente existen materiales más antiguos. La litología es de sedimentos aluviales y fluviales (conglomerados, limos y areniscas) que cambian lateralmente de facies a depósitos lacustres (margas, calizas y yesos). Se han diferenciado varias unidades separadas por inconformidades desde el Turoliense al Pleistoceno (García Aguilar y Martín 2000).

Depresión de Granada

Los sedimentos Neógenos de la Depresión de Granada se sitúan discordantes sobre un paleorrelieve formado por materiales de las Zonas internas y Zona Subbética. Se han definido seis unidades tectosedimentarias desde el Burdigaliense al Plioceno (Rodríguez Fernández, 1982).

Las características de los sedimentos continentales son similares a las de la Cuenca de Guadix-Baza, en ocasiones aparecen capas de carbón intercaladas en los sedimentos lacustres (Fernández et al., 1996)

Durante el Tortoniense superior y Messiniense inferior, se depositaron calcarenitas bioclásticas con restos de briozoos y bivalvos, y depósitos siliciclásticos (Braga et al. 2001). Durante el Messiniense se han diferenciado dos unidades, la inferior consiste en biohermos de coral junto con calcarenitas y/o margas y limos, y la superior está constituida por Poritas y carbonatos micríticos, que cambian lateralmente a margas con diatomitas y foraminíferos planctónicos (Martín et al., 1997; Riding et al., 1991). La desecación de la cuenca durante el Messiniense ha dado lugar a la formación de depósitos de yeso, con intercalaciones de margas y capas de carbón. Los depósitos continentales del final del Messiniense - Plioceno inferior están discordantes y formados por secuencias lacustres y fluviales.

Almería-Sorbas, Vera, Almanzora y otras

Debido a la propia naturaleza de estas cuencas neógenas, controladas por la actividad tectónica, el relleno de las mismas se realiza con dos tipos principales de depósitos: clásticos (actividad tectónica) y carbonatos-evaporitas (estabilidad tectónica), que reflejan condiciones de sedimentación muy dispares.

Los depósitos clásticos predominan durante el Tortoniense, período de intensa deformación donde los elevados relieves generados fueron extensamente erosionados, acumulándose potentes series detríticas en las depresiones subsidentes. En el Tortoniense inferior aparecen abanicos aluviales asociados a escarpes de fallas activas. Durante el Tortoniense superior, los depósitos clásticos se depositaron en ambiente

marino profundo según distintos tipos de flujos gravitacionales (debris-flow a turbiditas).

Los depósitos de carbonatos y evaporitas son los más característicos durante el Messiniense, y reflejan importantes cambios comparados con la sedimentación durante el Tortoniense.

Se ha seleccionado como representativa de este tipo de cuencas la de Sorbas (Almería). El relleno de la cuenca está formado por una serie de unidades sedimentarias que abarcan desde el Messiniense al Plioceno (Martín- Suarez et al., 2000). Esquemáticamente se pueden diferenciar de base a techo:

- a) Unidad conglomerática continental de tonalidades rojizas de posible edad Serravalliense (20-15 Ma), y aflorante en el borde SE de la cuenca.
- b) Discordantemente sobre la unidad anterior aparecen depósitos del Tortoniense superior, que varían de facies en función del lugar ocupado en la cuenca. Así, en el borde N son depósitos siliciclásticos de *fan-delta* y plataformas carbonatadas. En el sur, próximos a la sierra de Alhamilla y Cabrera, estos depósitos constituyen una serie de más de 700 m de conglomerados (*debris-flow*), turbiditas y margas marinas ricas en fauna planctónica.
- c) Depósitos del Messiniense, muy similares en ambos márgenes de la cuenca, en los que se distinguen dos grandes ciclos sedimentarios, que a su vez se corresponden con dos unidades litoestratigráficas de amplia representación en la región: Fm. Turre y Fm. Caños. No obstante, conviene señalar que la base de la Fm. Turre puede estar representado el Tortoniense superior, y que el techo de la Fm. Caños lo constituyen materiales pliocenos detríticos.

4.4. ROCAS VOLCÁNICAS DEL CABO DE GATA

Las rocas volcánicas del cenozoico están localizadas en el SE de España. Este vulcanismo se desarrolló principalmente desde el Oligoceno al Cuaternario, a lo largo de una franja de 150 x 25 km (9000 km²), entre Almería (Cabo de Gata) y Cartagena (Manga del Mar Menor) y se ha denominado como “Faja Volcánica de Almería

Cartagena” (FVAC) (Oyarzun et al., 1995) o “Provincia Volcánica del SE” (SEP) (López Ruíz, et al 2002). La FVAC – SEVP presenta una serie de características que la hacen un caso particular dentro de las provincias volcánicas pertenecientes a márgenes continentales activos (Benito et al., 1999). La SEVP comprende las siguientes rocas magmáticas (Bellón y Brousse, 1977; López Ruíz y Rodríguez Badiola, 1980, López Ruiz, et al. 2002):

- Serie calcoalcalina (CA): andesitas basálticas, andesitas, dacitas, riolitas (15,5-7.9 M.a)
- Series calcoalcalina de alto-K (KCA) y shoshonítica (SH): andesitas potásicas, toscanitas, banakitas (12.8-7 M.a)
- Serie ultrapotásicas (UP) (lamprolítica) y basaltos alcalinos (AB): jumillitas, cancalitas, fortunitas , veritas (10,8-6 Ma)

El vulcanismo de la SEVP se ha desarrollado en dos etapas, una primera representada por la erupción de CA, KCA, SH y UP, y la segunda caracterizada por la extrusión de pequeños volúmenes de basaltos alcalinos en el NW de Cartagena.

El vulcanismo CA, está restringido al Cabo de Gata, y los magmas hicieron erupción en distintas pulsaciones con periodos de inactividad. Durante las erupciones las cenizas, tobas y brechas, alternan con otros fenómenos explosivos. En la etapa de inactividad, se han depositado calizas bioclásticas con briozoos, bivalvos y foraminíferos.

KCA y SH están localizadas en el sector de El Hoyazo-Vera-Mazarrón-Cartagena-mar Menor. Están caracterizados por domos y diques y ocasionalmente lavas y depósitos piroclásticos. Los domos están constituidos por fragmentos de rocas volcánicas en una matriz con la misma composición. Localmente aparecen brechas.

Las rocas lamprolíticas están formadas por chimeneas (Las Minas, Mazarrón y Vera), diques (Fortuna y Mula) y en ocasiones lavas (Jumilla). Excepto en algunos casos estas rocas están localizadas en el sector norte de la región volcánica. El vulcanismo basáltico esta restringido exclusivamente al NW de Cartagena.

4.5. BIBLIOGRAFÍA

- Aldaya, F., Garcia-Dueñas, V. y Navarro Vila, F. (1979). Los mantos Alpujárrides del tercio central de las Cordilleras Béticas. Ensayo de correlación tectónica de los Alpujárrides. *Acta Geológica Hispánica*, 14, 154-166
- Aldaya, F., Alvarez, F., Galindo-Zaldivar, J., González Lodeiro, F., Jabaloy, A. y Navarro Vila, F. (1991). The Malaguide-Alpujarride contact (Betic Cordilleras, Spain): a brittle extensional detachment. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 313, 1447-1453.
- Bard JP (1969). *Le Métamorphisme Régional Progressif des Sierras d'Arcena en Andalousie Occidentale (Espagne) : Sa Place dans le Segment Hercynien Sud-Ibérique*. Thèse, Univ. Montpellier, 397 pp
- Bard JP y Moine B (1979). Acebuches amphibolites in the Arcena hercynian metamorphic belt (southwest Spain): geochemical variations and basal affinities. *Lithos*, 12, 171-282
- Bellón H y Brousse R (1977). Le magmatisme périméditerranéen occidental. Essai de synthèse. *Bull. Société Géol. France*, 19, 469-480
- Benito R, López Ruiz J, Cebriá JM, Hertogen J, Doblas M, Oyarzun R y Demaiffe D (1999). Sr and O isotope constraints on source and crustal contamination in the high- K calc-alkaline and shoshonitic Neogene volcanic rocks of the SE Spain. *Lithos*, 46, 773-802
- Braga JC, Mertín JM y Wood JL (2001). Submarine lobes and feeder channels of redeposited, temperate carbonate and mixed siliclastic-carbonate platform-deposits (Vera Basin, Almería, southern Spain). *Sedimentology*, 48, 99-116
- Carvalho D, Correia HAC e Inverno CMC (1976). Contribuição para o conhecimento geológico do Grupo de Ferreira-Ficalho. Suas relações com Faixa Piritosa e Grupo do Pulo do Lobo. *Memórias e Notícias*, 82, 145-169
- Castro A (1987). Implicaciones de la Zona Ossa-Morena y dominios equivalentes en el modelo geodinámico de la Cadena Hercínica Europea. *Estudios Geol.* 43, 249-260
- Castro A, Fernández C, De la Rosa JD, Moreno-Ventas I, El Hmidi H, El Biad M, Bergamín JF y Sánchez N (1996) Triple-junction migration during Paleozoic plate convergence: The Arcena metamorphic belt, Hercynian massif, Spain. *Geol. Rundsch.* 85, 108-185

- Chacón J, Fernández J, Mitrofanov F y Timofeev BV (1984). Primeras dataciones microfítópaleontológicas en el sector de Valverde de Burguillos-Jerez de los Caballeros (Anticlinorio de Olivenza-Monesterio). *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 8, 211-220
- Comas MC (1978). *Sobre la Geología de los Montes Orientales. Sedimentación y evolución paleográfica desde el Jurásico al Mioceno inferior (Zona Subbética-Andalucía)*. Tesis Doctoral, Univ. Bilbao.
- Crespo A (1990). Geología del extremo septentrional de la Zona Sur-Portuguesa en la región de Aracena (Macizo Ibérico Meridional). Discusión y cuestiones abiertas. *Bol. Geol. Min.* 101, 669-677
- De la Rosa, J (1992). *Petrología de la Rocas Básicas y Granitoides del Batolito de la Sierra Norte de Sevilla. Zona Sur-Portuguesa, Macizo Ibérico*. Tesis Doctoral, Univ. Sevilla, 312 pp.
- Delgado-Quesada M (1971). Esquema geológico de la nº 878 de Azuaga (Badajoz). *Bol. Geol. Min.* 82, 277-286
- Delgado-Quesada M, Liñán E, Pascual E y Pérez-Lorente F (1977). Criterios para la diferenciación de dominios en Sierra Morena Central. *Stud. Geol.* 12, 75-90
- Díaz de Federico , A., Gomez Pugnaire, M.T. y Torres Roldán, R. (1979). Igneous and metamorphic in the proceses in the geotectonic evolution of the Betic Cordilleras (southern Spain). *Cuad. Geol.*, 8, 37-60.
- Didon WP, Durand Delga M y Komprobst J (1973). Homologies géologiques entre les deux rives du détroit de Gibraltar. *Bull. Société Géol. France*, 7, 77-105
- Egeler CG y Simon OJ (1969). Orogenic evolution of the Betic Zone (Betic Cordilleras, Spain), with emphasis on the nappe structures. *Geol. in Mijnbouw*, 48, 296-305
- Egeler CG (1963). On the tectonics of the eastern Betic Cordilleras (SE Spain). *Geol. Rundschau*, 53, 260-269
- Elizaga E y Calvo JP (1988). Evolución sedimentaria de las cuencas lacustres neógenas de la zona prebética (Albacete, España). Relación, posición y efectos del vulcanismo durante la evolución. Interés Minero. *Bol. Geol. Min.* 99, 837-846
- Esteban M, Braga JC, Martín JM y Santisteban C (1996). Western Mediterranean reef complexes. In: Franseen EK, Esteban M, Ward W & Rouchi JM (Eds) *Models for Carbonate Stratigraphy from*

- Miocene Reef Complexes of Mediterranean Regions*. Concepts in Sedimentology and Paleontology Series, 5, SEPM, Tulsa, 55-72
- Fernández, J. (1975). Sedimentación triásica en el borde sureste de la Meseta. Tesos Doctoral de la Universidad de Granada. 173 pp.
- Fernández J, Viseras C y Soria JM (1996). Pliocene –Pleistocene continental infilling of the Granada and Guadix basins (Betic Cordillera, Spain). The influence of allocyclic and autocyclic processes of the resultant stratigraphic organization. In: Friend PF y Dabrio CJ (Eds) *Tertiary Basins of Spain: the Stratigraphic Record of Crustal kinematics*. Cambridge University Press, Cambridge, 366-371
- Franklin JM, Sangster DF y Lydon JW (1981). Volcanogenic massive sulphide deposits. *Econ. Geol.* 75th Anniv. Vol. 485-627
- Galán E y Ferreo A (1982). Palygorskite-sepiolite clays of Lebrija Southern Spain. *Clays Clay Minerals*, 30, 191-199
- Galán, E. y González, I. (1993). Contribución de la Mineralogía de Arcillas a la interpretación de la evolución paleogeográfica del Sector Occidental de la Cuenca del Guadalquivir. *Estudios Geol*, 49, 261-275
- García-Aguilar JM y Martín JM (2000). Late Neogene to Recent continental history and evolution of the Guadix-Baza basin (SE Spain). *Revista Soc. Geol. de España*, 13, 65-77
- Garrote A (1980). Los yacimientos de pegmatitas de Sierra Albarraña (provincia de Córdoba), Sierra Morena. 1ª Reunión del GOM, *Temas Geol. Min.* 145-165
- González-Lodeiro F, Orozco M, Campos J y García-Dueñas V (1984). Cizallas dúctiles y estructuras asociadas en los Mantos del Mulhacén y Veleta, primeros resultados sobre Sierra Nevada y Sierra de los Filabres. In: *El borde Mediterráneo español, evolución del Orógeno bético y Geodinámico de las depresiones neógenas*, Granada, 5-8
- IGME (1998). Guía para la Investigación de los Recursos Minerales de España. IGME, Madrid.7
- Julivert M, Fontboté JM, Ribeiro A y Conde L (1974). *Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares, escala 1:1.000.000*. Instituto Geológico y Minero de España, memoria explicativa, 113 pp
- Liñán E (1978). *Bioestratigrafía de la Sierra de Córdoba*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 212 pp.

- López-Ruiz J y Rodríguez-Badiola E (1980). La región volcánica neógena del sureste de España. *Estud. Geol.* 36, 5-63
- López-Ruiz J., Cebria, J.M. y Doblas, M. (2002) Cenozoic volcanism I: The Iberian Peninsula. In: Gibbons, W & Moreno, T (eds) *The Geology of Spain*. 417-438
- Lotze F (1945). Zur gliederung der Varisciden der Iberischen Meseta. *Geotekt. Forsch.* 6, 78-92
- Martín JM, Braga JC y Riding R (1997). Late Miocene *Halimeda* alga-microbial segment reefs in the marginal Mediterranean Sorbas Basin, Spain. *Sedimentology*, 44, 441-456
- Martín Suarez, E., Freudenthal, M. Krijgsman, W. Y Rutger-Fortuni, A. (2000). On the age of the continental deposits of the Zorreras Member (Sorbas basin, Se Spain) *Geobios*, 33, 505-512
- Martín-Algarra A (1987). *Evolución geológica alpina del contacto entre las zonas internas y las zonas externas de la Cordillera Bética (sector central y occidental)*. Tesis Doctoral, Univ. Granada.
- Martínez Martínez, J.M. (1984). Evolución tectono-metamórfica del complejo Nevado Filabride en el sector de unión entre Sierra Nevada y Sierra de Filabres, cordilleras Béticas (España). Tesis de la Universidad de Granada. 198 pp
- Martínez del Olmo W, García Mallo J, Leret Verdú C, Serrano Oñate A y Suárez Albo J (1984). Modelo tectosedimentario del Bajo Guadalquivir. *I Congreso Español de Geología*, 1, 199-213
- Martínez-Martínez JM (1984). *Evolución tectono-metamórfica del Complejo Nevado- Filábride en el sector entre Sierra Nevada y Sierra de los Filabres (Cordilleras Béticas)*. Tesis Doctoral, Univ. Granada.
- Molina JM y Ruiz Ortiz PA (1999). Despeñaperros y la cascada de la Cimbarra. En: Durán JJ y Nuche R (eds), *Patrimonio Geológico de Andalucía*, ENRESA, 231-237
- Moreno C y Sequeiros L (1989). The basal shaly formation of the Iberian Pyrite Belt (South-Portuguese Zone): Early Carboniferous bituminous deposits. *Paleogeog. Paleoclim. Paleoecol.* 73, 233-241
- Oliveira JT (1990). The South-Portuguese Zone. Stratigraphy and synsedimentary tectonism. In: Dallmeyer RD & Martínez-García E (eds), *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Springer-Verlag, 334-347
- Oyarzun R, Márquez A, Ortega L, Lunar R y Oyarzun J. (1995). A late Miocene metallogenic province in southeast Spain: atypical Andean-type processes on a smaller scale. *Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy*, 104, 197-202

- Pendón JG (1978). *Sedimentación turbidítica en las Unidades del Campo de Gibraltar*. Tesis Doctoral, Univ. Granada
- Pendón, J.G. y Rodríguez Vidal, J (1986). Caracteres sedimentológicos y geomorfológicos del alto nivel aluvial cuaternario en el litoral de Huelva. Abstract XI Congreso Nacional de Sedimentología.
- Platt., J.P., Soto, J.L., Withehouse, M., Hurford, A. y Kelley, S.P. (1998). Thermal evolution rate of exhumation and tectonic significance of metamorphic rocks from the floor of the Alborán extensional basin, western Mediterranean. *Tectonics*, 17, 671-689.
- Puga, E. (1971). Investigaciones petrológicas en Sierra Nevada Occidental (Cordilleras Béticas). Tesis Doctoral Universidad de Granada 257 pp.
- Quesada C (1997). A reappraisal of the structure of the Spanish segment of the Iberian Pyrite Belt. *Miner. Deposita* 33, 31-44
- Riaza C y Martínez del Olmo W (1996). Depositional model of the Guadalquivir-Gulf of Cádiz Tertiary basin. In: Friend PF y Dabrio CJ (eds) *Tertiary Basins of Spain: the Stratigraphic Record of Crustal Kinematics*. World and Regional Geology, 6 Cambridge University Press, Cambridge, 330-338
- Riding R, Martín JM y Braga JC (1991). Coral-stromatolite reef framework, Upper Miocene, Almería, Spain. *Sedimentology*, 38, 799-818
- Rodríguez-Fernández J (1982). *El Mioceno del sector central de las Cordilleras Béticas*. Tesis Doctoral, Univ. Granada.
- Ruiz-Ortiz PA (1980). *Análisis de facies del Mesozoico de las Unidades Intermedias (entre Castril-provincia de Granada- y Jaén)*. Tesis Doctoral, Univ. Granada.
- Sáez R, Almodóvar GR y Pascual E (1996). Geological constraints on massive sulphide genesis in the Iberian Pyrite Belt. *Ore Geol. Rev.* 11, 429-451
- Salkield LU (1987). *A Technical History of the Rio Tinto Mines. Some Notes on Exploitation from Pre-Phoenician times to 1950s*. The Institution of Mining and Metallurgy, 114 pp
- Schermerhöm LJJ (1971). An outline stratigraphy of the Iberian Pyrite Belt. *Bol. Geol. Min.* 82, 239-268
- Schermerhöm LJJ y Stanton WI (1969). Folded overthrusts at Aljustrel (South Portugal). *Geol. Mag.* 106, 130-141

- Sierra S, Moreno C y González F (2000). El vulcanismo pérmico de la cuenca del Viar (SO de España): caracterización de la Secuencia Volcanoclástica Gris. *Geogaceta*, 27, 159-162
- Sierro FJ, González Delgado JA, Dabrio CJ, Flores JA y Civis J (1990). The Neogene of the Guadalquivir basin (SW Spain). In: *Paleontología I Evolucio*. Agustí, J.(Ed.), 211-250
- Simancas F (1983). *Geología de la Extremidad Oriental de la Zona Sur-Portuguesa*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 439 pp
- Strauss GK y Madel J (1974). Geology of massive sulphide deposits in the Spanish-Portuguese Pyrite Belt. *Geol. Rundsch.* 63, 191-211
- Tubía, J.M. (1988). Estructura de las Alpujárrides occidentales: Cinemática y condiciones de emplazamiento de las peridotitas de Ronda. Publicaciones especiales del Boletín Geológico y Minero de España, 99, 165-212.
- Van der Bemmelen, R.W. (1927). Bijdrage tot de Geologie der Betische Ketens in de province Granada. Tesis Doctoral 176 pp.
- Van den Boogaard M (1963). Conodonts of Upper Devonian and Lower Carboniferous age from Southern Portugal. *Geol. Mijnbouw*, 42, 248-259
- Vegas R (1968). Sobre la existencia de Precámbrico en la baja Extremadura. *Estudios Geol.* 24, 85-89
- Vissers, R.L.M. (1981). A structural study of the central Sierra de los Filabres (Betic Zone, SE Spain) with emphasis on deformational processes and their relation to the Alpine metamorphism. GUA Paper of Geology, 15, 1-154.

V.- SUELOS DE ANDALUCÍA

Los suelos de Andalucía, se han descrito en relación con la Geología, siguiendo el Mapa Geológico de Andalucía, a escala 1:400.000.

5.1.MACIZO HESPÉRICO

En Andalucía están representadas tres zonas: Zona Centro Ibérica, Zona de Ossa Morena y Zona Surportuguesa.

5.1.1. Zona Centro Ibérica.

Se extiende por las provincias de Jaén y Córdoba. En la primera, los tipos de suelos corresponden principalmente a las Unidades 16 y 17 del Mapa de Suelos de Jaén, a escala 1:200.000 (Aguilar et al. 1987) y en menor proporción a las unidades 9, 14, 18, 24, 25, 26 y 30.

La Unidad 16 está configurada por las siguientes unidades de suelos, Cambisoles eútricos, Regosoles eútricos e inclusiones de Luvisoles crómicos y

Phaeozems háplicos. Se desarrollan fundamentalmente sobre pizarras con intercalaciones de cuarcitas.

La vegetación natural (maquis, encina y chaparros) a pesar de las fuertes pendientes, 12 a 25%, ha permitido la formación de un suelo relativamente desarrollado donde el “solum” no suele superar los 40 cm de profundidad. Son Cambisoles eútricos que se asocian a Regosoles eútricos situándose estos últimos preferentemente en las zonas más expuestas a la erosión. Tienen una morfología variada, pudiendo o no presentar, horizonte B, en este último caso el límite inferior aparece dentro de los primeros 25 cm, no pudiendo por ello ser catalogado como Cámbico. El horizonte orgánico es de 2 a 5 cm en ambas unidades de suelos.

En esta unidad cartográfica se encuentran zonas protegidas de la erosión con Luvisoles, generalmente algo degradados y es el horizonte Bt el que aflora en superficie y sobre el que se desarrolla el epipedon ócrico. Por otra parte, en las zonas de umbría, la densidad de vegetación permite el desarrollo de un epipedon móllico sobre el cámbico dando lugar a la formación de Phaeozems háplicos.

La Unidad 17 está formada por Regosoles eútricos con o sin horizonte B, e inclusiones de Leptosoles líticos y Cambisoles eútricos. Se desarrolla esta unidad cartográfica sobre pizarras y presenta un relieve suave con pendientes siempre inferiores al 8%. En todos los casos el relieve ha permitido desarrollar cultivos o pastos que han traído consigo la destrucción de la vegetación natural, con el consiguiente incremento de la erosión y la degradación de los suelos hasta Regosoles eútricos, con un “solum” que difícilmente supera los 15 cm de espesor. En muchas zonas la intensa erosión ha hecho improductivos los suelos por lo que han sido abandonados y en la actualidad se está volviendo a regenerar la vegetación natural, que se encuentra en estado de maquis poco denso.

Así mismo, en las áreas más respetadas por la erosión se mantiene la presencia de Cambisoles eútricos cuyo horizonte cámbico supera escasamente los 25 cm de profundidad.

Las zonas llanas, sobre las que actualmente se desarrolla un prado muy pobre, tienen Leptosoles líticos apareciendo la roca, normalmente pizarras fragmentadas por debajo de los 10 cm. primeros.

Junto a estas dos unidades mayoritarias tenemos la Unidad 9 constituida por la asociación de Regosoles Calcáricos, Cambisoles calcáricos y Phaeozems calcáricos en zonas de derrubios y fuerte pendiente. La Unidad 14 constituida por Calcisoles háplicos y Cambisoles vérticos con inclusión de luvisoles cálcicos. La Unidad 18 conformada por una asociación de Regosoles y Cambisoles eútricos con Luvisoles crómicos y en algunos puntos existe la inclusión de Luvisoles gleycos y Leptosoles líticos. La Unidad 25, también presente, difiere de la anterior únicamente en la presencia como inclusión de Phaeozem háplicos.

La Unidad 24 se trata de una unidad heterogénea constituida por la asociación de Luvisoles crómicos, Cambisoles eútricos y gleycos y Regosoles eútricos, con inclusiones de Luvisoles gleycos y Arenosoles cámbicos. Se sitúan en las partes más altas de los cerros. La vegetación es un maquis muy denso y desarrollado, y los suelos son todos ellos pedregosos.

La Unidad 26 se caracteriza por suelos pedregosos y esqueléticos representados por la asociación de Regosoles eútricos con Leptosoles líticos y con la inclusión de Cambisoles eútricos en las zonas más protegidas de la erosión. La roca es una cuarcita compacta con intercalaciones de pizarras. El paisaje es montañoso con fuertes pendientes, que en ocasiones superan el 50%. La vegetación es a base de repoblaciones de pinos, matorral almohadillado y vegetación de gramíneas.

Finalmente la Unidad 30 desarrollada sobre pizarras y cuarcitas presenta una asociación de Cambisoles y Regosoles eútricos con Luvisoles crómicos, con inclusiones de Phaeozems háplicos y Leptosoles líticos.

En la provincia de Córdoba la zona Centro Ibérica comprende la amplia comarca de los Pedroches que presenta relieves suavemente ondulados o planos debido a la litología fundamentalmente de granitos en sentido lato.

Cambisol eútrico es el suelo más frecuente. Se trata de suelos con horizonte A, en general suelto y de textura arenosa. Es moderadamente orgánico, con raíces y buena actividad biológica. En los suelos cultivados el horizonte A es más claro y de menor contenido en materia orgánica.

El horizonte Bw es de espesor variable, color claro, textura franco arenosa y estructura granular a poliédrica poco desarrollada. Suele existir un horizonte de transición BC antes del material original más o menos alterado.

Estos suelos se dedican principalmente a dehesas de alcornos y encinas, y en menor proporción a cultivos de secano, en especial cereales. Existen también zonas importantes repobladas de pinos.

Por lo general es un suelo donde la alteración del granito origina una granulometría gruesa, en especial en los horizontes inferiores. Existen situaciones en zonas llanas donde el dominio de las texturas arenosas y la homogeneidad granulométrica de las mismas es elevada y en los que existen Arenosoles.

Estos suelos están asociados, en los lugares más erosionados, a Leptosoles eútricos y a Regosoles eútricos. Pero son los Cambisoles los más abundantes y representativos. En determinadas situaciones se presentan algunos Luvisoles.

Al S de la formación anterior y siguiendo una orientación NW- SE, asociados con pizarras, esquistos y a veces areniscas silíceas, se sitúan también Cambisoles eútricos asociados con Regosoles y Leptosoles. La naturaleza de las rocas madre (pizarras y esquistos) y lo accidentado del terreno condiciona un menor desarrollo de los Cambisoles y reparto espacial más equilibrado entre los suelos.

Al N de Los Pedroches limitando con la provincia de Ciudad Real son frecuentes formaciones de pizarras, esquistos, y sobre todo cuarcitas, con suelos de origen coluvial y escaso desarrollo Regosoles y Leptosoles.

Por último en el extremo SE de la formación de Los Pedroches, términos de Cardeña y Venta del Charco, la planicie granítica se hace más accidentada

distribuyéndose alternativamente Leptosoles, Regosoles y Cambisoles en función de las pendientes y orientación del terreno.

5.1.2. Zona de Ossa Morena.

Esta amplia zona recorre por el Norte las Provincias de Córdoba, Sevilla y algo de Jaén y Huelva. El relieve es fuertemente accidentado, situación a la que han contribuido en gran manera la acción de los ríos que llevan aguas al Guadalquivir (Bembézar, Guadiato, Guadalquivir y Rivera del Hueznar)

En la vegetación de Ossa Morena domina el bosque natural siendo la dehesa y otros aprovechamientos del bosque el principal uso del suelo. En la provincia de Córdoba la vegetación es fundamentalmente el bosque de encinas y matorral, algunas áreas con cobertura de maquis y una amplia zona al oeste de Villaviciosa de Córdoba con pinares. Hacia el Este, y también dentro de la provincia de Sevilla, aumentan algo las extensiones cubiertas por encinares adherados y son frecuentes pequeñas extensiones con cultivos de herbáceos de secano. En Huelva es más frecuente la dehesa y en algunas áreas de la Comarca de Aracena aparece el castaño y algunas frondosas.

El relieve, y la naturaleza de los materiales condiciona en gran manera la existencia de suelos de escaso desarrollo (Leptosoles). Estos suelos dependiendo de la orientación, pendiente, naturaleza y densidad de vegetación y pluviometría pueden ser Leptosoles líticos, dystricos, úmbricos o eútricos.

En zonas con cambios de pendientes, y en fondo de valle los depósitos coluviales generan diversos tipos de Regosoles, también dependiendo de las condiciones específicas donde se sitúa el suelo. Solo en determinadas zonas topográficas algo más llanas, y sobre todo cuando los suelos se desarrollan sobre rocas graníticas pueden formarse Cambisoles de diferente tipología.

En la provincia de Córdoba, términos de La Grajuela, Fuente Ovejuna y Blázquez en donde predominan rocas volcánicas básicas y relieves residuales poco ondulados, se encuentran Luvisoles crómicos.

En los términos de Alanís, S.Nicolás del Puerto y Guadalcanal (Sevilla) y en las Sierras de Aracena y Aroche (Huelva) se sitúan enclaves más o menos extensos de Cambisoles crómicos desarrollados sobre pizarras y sobre calizas. Se trata probablemente de suelos antiguos. También pluviometrías elevadas (superiores a 1.000mm.) podrían generar en la actualidad estos suelos (C.E.B.A.C.,1971; Gil, et al., 1997; Bellinfante et al., 2003).

En la zona Ossa Morena, al Norte de la provincia de Jaén, dominan las unidades 20 y 28 del Mapa de Suelos de la Provincia de Jaén, a escala 1:200.000 y existe una superficie muy pequeña de las Unidades 1 y 16. La Unidad 20 está definida por la presencia de Cambisoles y Regosoles eútricos junto a Arenosoles álbicos con la inclusión de Phaeozems háplicos. Los suelos de esta unidad se desarrollan sobre granitos en áreas de topografía accidentada con pendientes comprendidas entre el 12 y 25 %. La Unidad 28 está constituida por Regosoles calcáricos y Calcisoles háplicos con inclusiones de Luvisoles crómicos y cálcicos. Los suelos son poco pedregosos y están ubicados en pendientes que oscilan entre el 5 y el 15 %.

Finalmente la Unidad 16 está configurada por la asociación de Cambisoles eútricos y Regosoles eútricos con inclusiones de Luvisoles crómicos y Phaeozems háplicos. Todas ellas se desarrollan fundamentalmente sobre pizarras con intercalaciones de cuarcitas.

5.1.3. Zona Surportuguesa.

Ocupa parte de la provincia de Sevilla y Huelva, y en parte el paisaje ha sido modificado por los principales cursos de agua, entre los que destacan los ríos Vía, Ribera de Cala, Ribera de Huelva, Guadiamar, Tinto, Odiel, Chanza y Malagón.

La vegetación natural existente en la zona Surportuguesa, a grandes rasgos, difiere poco de las señaladas para las otras dos zonas de Sierra Morena. Sin embargo en la provincia de Huelva existen diferencias de uso sustanciales. Por una parte las plantaciones de eucaliptos ocupan superficies extensas, por otra existen superficies muy degradadas con matorrales y vegetación tipo maquis. En el extremo occidental de la zona es frecuente el uso del suelo para cultivos de secano y barbechos.

Los suelos de la zona Suportuguesa en su tramo más oriental difieren poco de los ya expuestos para la zona Ossa Morena, pero a medida que se va hacia el oeste existen algunos cambios sustanciales.

La naturaleza de las rocas (pizarras), lavas ácidas, riolitas, etc, y las pendientes condicionan que la mayor parte de los suelos sean de muy escaso desarrollo Leptosoles líticos, Leptosoles dystricos, Leptosoles eútricos y Regosoles lépticos. Sólo en alguna situación privilegiada aparecen Cambisoles.

En las rocas volcánicas básicas, debido a la existencia de minerales más alterables, se forman suelos más profundos, como Cambisoles eútricos algunos de ellos utilizados con fines agrícolas.

Por último conviene señalar en esta zona la existencia de algunas áreas con suelos desarrollados después de una acción intensa de actividades antrópicas, Antrosoles. Estos suelos tienen dos orígenes marcadamente diferentes, son el resultado de la actividad minera por un lado, y de la actividad agrícola para el desarrollo de plantaciones de frutales, por otro.

Sobre la franja volcánica, con predominio de lavas ácidas, riolitas, etc. Y con fuertes pendientes, el suelo más frecuente es el Leptosol lítico, con Cambisoles en zonas protegidas. Las superficies en las que afloran lavas básicas, con minerales más alterables, el desarrollo del suelo es mayor y es el Cambisol el suelo más frecuente.

Próximo a la provincia de Sevilla se sitúa una amplia zona granítica. Los suelos desarrollados en estas posiciones son bastante arenosos, con un horizonte C muy profundo y casi todos clasificables como Cambisoles. (Bellinfante et al., 2002; Paneque et al., 2000; Recio et al. 1997)

5.2. CORDILLERAS BÉTICAS

Se subdividen en dos grandes zonas: Externas e Internas, aunque hay que añadir algunos términos complejos o grandes unidades, como la Unidad del Campo de Gibraltar. En las zonas Externas se consideran la Cobertera Tabular, las Zonas

Prebética y Subbética, las unidades intermedias y parcialmente la Depresión del Guadalquivir.

5.2.1. Zonas externas

5.2.1.1. Cobertera Tabular.

Ocupa una franja de dirección NEE-SWW, que descansa sobre paleorelieves paleozoicos, constituidos por margas y calizas. Los suelos más ampliamente representados corresponden a los de la unidad 57 del Mapa de suelos de Andalucía a escala 1:400.000 CSIC-IARA (1989). También ocupa una superficie importante la unidad 48 y también están presentes las unidades 37, 38, 42, 44, 55, 58 y 59.

La Unidad 57 está constituida por la asociación de Luvisoles cálcicos y crómicos, Cambisoles calcáricos y eútricos, Regosoles calcáricos con la inclusión de Leptosoles líticos, y la Unidad 48 está constituida por la asociación de Cambisoles vérticos, Regosoles calcáricos y Vertisoles crómicos, con la inclusión de Cambisoles calcáricos.

5.2.1.2. Zona Prebética.

Los suelos de esta zona son los descritos en el Mapa de Suelos de Andalucía a escala 1:400.000 correspondientes a las unidades 42, 44, 49 y 57, de las cuales la que ocupa una mayor extensión es la Unidad 44, que incluye suelos de muy poco a moderadamente desarrollados, calcáreos o saturados en calcio y desarrollados sobre margocalizas, areniscas, dolomías, calizas y conglomerados o derrubios calizos. Presentan perfiles que van desde los AR (Leptosoles líticos y rendsicos) hasta los de tipo ABC (Cambisoles) incluso con un cierto lavado de carbonato cálcico del solum y acumulación en horizontes inferiores.

Presentan una asociación de Cambisoles calcáricos, calcisoles háplicos, Regosoles calcáricos y leptosoles líticos con la inclusión de Leptosoles rendsicos.

Una información detallada puede obtenerse en el Mapa de Suelos de Cazorla a escala 1:100.000 (Aguilar, et al 2003).

5.2.1.3. Dominio intermedio

Las unidades de suelos más representativos del Mapa de Suelos de Andalucía son la 19, 13, 43 y 44 . En general suelos de poco desarrollo Leptosoles sobre materiales calizos, algunos de ellos Leptosoles rendsicos, Calcisoles cálcicos, y en lugares más o menos removidos Regosoles cálcicos.

5.2.1.4. Zona Subbética.

Se ubica fundamentalmente en la mitad Sur de la Provincia de Jaén y en las provincias de Granada, Málaga, y al N.E de Almería. La gran similitud de materiales con los del Dominio Intermedio hace que de nuevo el Mapa de Suelos de Andalucía considere como más representativas a las Unidades 19, 13, 43 y 44. Incluye, también, la Unidad 14 de Regosoles y Cambisoles calcáreos con pequeñas áreas de Luvisoles crómicos y Fluvisoles cálcicos, sobre todo estos últimos relacionados con los cursos fluviales

5.2.1.5. Términos comunes

Los materiales de esta formación están ampliamente repartidos en la Depresión del Guadalquivir, y están constituidos fundamentalmente por margas, con tupiditas, olistolitos y olistrostomas. Los suelos que se desarrollan son fundamentalmente Calcisoles y Regosoles cálcicos. En las zonas bajas y con drenaje dificultoso se pueden encontrar Vertisoles cálcicos.

5.2.2. Zonas Internas

5.2.2.1. Complejo Malaguide.

Los suelos de esta zona lo forman fundamentalmente la Unidad 34 del Mapa de Suelos de Andalucía, a escala 1:400.000. Esta unidad aparece situada en las áreas montañosas constituidas por esquistos en la orla sur de las provincias de Málaga, Granada y Almería.

El factor que controla básicamente la formación de sus suelos es la litología, con ausencia de carbonatos en el material originario, a excepción de pequeños enclaves sobre caliza cristalina. Predominan los Cambisoles eútricos con texturas franco-arenosas o francas, generalmente con abundancia de fragmentos gruesos. El espesor del solum es moderado, con el horizonte C constituido por rocas metamórficas muy fragmentadas a 25-40 cm. de profundidad. En las áreas más pendientes aparecen Regosoles, condicionados fundamentalmente por la dinámica de la erosión, muchos de ellos son morfológicamente muy parecidos a los Cambisoles, con un horizonte B delgado que no cumple los requerimientos de los horizontes cámbicos. En superficies antiguas relictas, de pendientes moderadas y reservadas de la erosión, aparecen generalmente Luvisoles. Ocasionalmente estos suelos con horizontes Bt argílicos de color rojizo pueden tener un solum de hasta 2 metros de espesor, que manifiesta su pertenencia a reliquias de suelos antiguos. Como inclusiones aparecen Leptosoles líticos en las áreas donde la roca madre compacta es muy somera.

La vegetación es matorral xérico mediterráneo y masas forestales aisladas de Quercus y pinar de repoblación; viñas, almendros e higueras hasta los 1.500 m. de altitud; a partir de esta cota dominan zonas de repoblación forestal y pastos.

La asociación de suelos existente es de Cambisoles eútricos, Regosoles eútricos y Luvisoles crómicos con inclusión de Leptosoles líticos, donde los suelos limitantes son los Cambisoles eútricos y las limitaciones de los suelos de esta unidad se deben a las fuertes pendientes y a la escasa retención de agua debida a la falta de espesor del solum.

5.2.2.2. Complejo Alpujárride.

Los materiales predominantes son pizarras y filitas arcillosas, fácilmente deleznable. Este material, tan desfavorable para el crecimiento vegetal, recibe el nombre popular de *launa* (del mismo incierto origen prerromano de *laja* o *lastra*), y ha sido tradicionalmente usado por los alpujarreños para cubrir e impermeabilizar la cubierta plana de sus viviendas. La orla más exterior está compuesta en superficie por las calizas y dolomías sobre las que se asienta el típico paisaje del *calar* (por el

predominio de las rocas de cal o calizas) que se observa sobre todo en el sector occidental de la sierra.

El conocimiento que se tiene hoy de los suelos de esta zona es muy amplio y variado, se puede acudir a diversas fuentes con distinto grado de detalle: el mapa de suelos de Andalucía a escala 1:400.000 CSIC-IARA (1989) el mapa de suelos de la Alpujarra a escala 1:200.000 de Aguilar et al. (1996), las hojas cartográficas a escala 1:100.000 publicadas por ICONA, Güejar Sierra (1027), Aldeire (1028), Gergal (1029), Lanjarón (1042), Berja (1043), Alhama (1044), Albuñol (1056) y Adra (1057).

Atendiendo al mapa de suelos de Andalucía a escala 1:400.000 están representadas en este complejo las unidades 15, 18, 19, 25, 28, 30, 32, 36, 42, 44, 47, 53 y 54 con dominio de la Unidad de 19 seguido de la Unidad 32.

La asociación de suelos más representativa es la de Leptosoles líticos y Regosoles calcáricos, con 472,8 km², lo que representa el 11,0% del área total. Es de una enorme complejidad, tanto por la gran variedad de materiales sobre los que se desarrolla, como por la actuación diferencial que los procesos erosivos han tenido sobre ella. Se desarrolla sobre calizas, margocalizas, conglomerados, areniscas y margas arenosas, así como sobre cuarcitas y filitas salpicadas de calizas y dolomías. Las pendientes son variables, en general entre el 10 y el 35%, y la cobertura vegetal suele ser relativamente densa, pero siempre de pequeño porte, típicamente representada por un matorral-pastizal xerofítico.

5.2.2.3. Complejo Nevado-Filábride.

La amplia variabilidad litológica, de este complejo (micasquistos de diversos tipos) no parece tener una influencia significativa en la diferenciación de los suelos, ya que las características de éstos responden más bien a variaciones del clima, de la vegetación y del relieve. En concreto, las variaciones climáticas relacionadas con la altitud hacen que se puedan diferenciar, cinco grandes macrounidades de suelos, correspondientes a otras tantas franjas altitudinales.

La primera de ellas se localiza por encima de los 2.700-2.900 metros de altitud, por lo que viene a corresponderse con el piso crioromediterráneo. Predominan los

afloramientos rocosos y pedregales en los que el desarrollo del suelo es prácticamente nulo, o en el mejor de los casos, incipiente.

La segunda de estas franjas se sitúa en cotas superiores a los 2.500 metros, pero inferiores a los 2.700, desarrollándose bajo unas condiciones climáticas también extremas. En estas condiciones los suelos desarrollan, en los casos más favorables, un epipedón úmbrico en superficie, que no supera los 25 cm (Leptosol úmbrico, ócrico o dístrico), que se sitúa sobre un material fuertemente fragmentado por los procesos de meteorización física.

Entre los 2.000 y los 2.500 metros de altitud, se observa un incremento en los procesos de meteorización química, que conduce al desarrollo de un horizonte de alteración. Sobre este horizonte cámbico suele desarrollarse un Cambisol húmico, o simplemente Leptosoles úmbricos o Regosoles dístricos, en función de que presenten o no el epipedón úmbrico, respectivamente. Tanto en esta franja como en la anterior es relativamente frecuente encontrar suelos ligados a determinadas posiciones topográficas, como son los Gleysoles. Estos suelos se localizan en depresiones endo y exorreicas, o en puntos donde se acumulan las aguas del deshielo.

Un caso específico, que puede observarse en esta franja altitudinal, lo constituyen los afloramientos de rocas básicas, como las peridotitas del cerro del Almirez. En estos materiales se forman Cambisoles crómicos, y en las zonas más afectadas por la erosión Leptosoles líticos y eútricos.

Una cuarta franja se sitúa por debajo de los 2.000 metros de altitud, y en ella están representados los pisos supra y mesomediterráneo. La línea divisoria entre ambos pisos, que se localiza en las proximidades de los 2.500 metros, no parece establecer diferencias apreciables en las características de los suelos que se sitúan por encima o por debajo de ella. Sus condiciones climáticas más cálidas, permiten encontrar, en las zonas de elevada densidad vegetal, un epipedón móllico, lo que lleva a clasificar a los suelos como Phaeozems háplicos. Sin embargo, estos suelos no son los más abundantes, ya que en muchas ocasiones las actuaciones humanas han llevado a la destrucción del horizonte móllico de superficie, que queda entonces como ócrico, lo que lleva a la catalogación de los suelos como Cambisoles eútricos. En ocasiones, la

erosión ha sido tan intensa que también ha desaparecido el horizonte de alteración, con lo que el suelo pasa a denominarse Regosol eútrico. En casos extremos, cuando la roca se encuentra a menos de treinta centímetros de la superficie, el suelo se denomina Leptosol eútrico.

Esta unidad se encuentra salpicada también de Luvisoles crómicos, representantes de una época climática distinta de la actual, y que se han conservado a favor de situaciones topográficas más o menos protegidas de la erosión.

Por último, dentro del piso mesomediterráneo, al norte-nordeste en Sierra Nevada, se localiza la quinta franja altitudinal, caracterizada por desarrollarse sobre materiales coluviales y aluviales procedentes de la erosión de suelos situados en cotas más altas. Estos materiales son los que han servido de roca madre a los suelos que se han formado: Regosoles eútricos, asociados a pequeños reductos de Cambisoles eútricos y Fluvisoles.

5.2.2.4. Complejo Dorsaliano.

Están representados en esta zona dos Unidades del Mapa de Suelos de Andalucía, a escala 1:400.000. La Unidad 19 que es la dominante con Leptosoles líticos y Regosoles calcáricos y la Unidad 2 que se caracteriza por el dominio absoluto de Fluvisoles calcáricos, con algunos Fluvisoles eútricos como inclusión.

5.2.3. *Unidad del Campo de Gibraltar*

Desde el punto de vista edáfico, puesto que en la génesis de los suelos de esta unidad pueden ser diferentes algunos factores formadores (clima, material de partida e incluso vegetación), es conveniente dividirla en cinco subzonas: *areniscas silíceas de las sierras del Aljibe y Algeciras*, *Flash margoso arenoso de Algeciras*, *margas yesíferas del Trías*, *valles de las sierras del Aljibe y Algeciras* y *unidades de morfogénesis fluvial y fluvicolumial*. (C.E.B.A.C., 1963; Paneque et al., 1997; Jordán, 2000)

En la amplia zona ocupada por las *areniscas silíceas del Aljibe y Algeciras* se encuentran representadas todas las clases de pendiente entre el 0 y el 76 %. En general, la morfogénesis intensa y actual de los procesos erosivos y la gran variabilidad local de factores como la temperatura, la humedad o la insolación, es causa de una gran diversidad de unidades de suelo. Estos suelos están bien representados en extensión pero son poco diferenciables a escala 1:50000.

La vegetación está dominada por un denso bosque de alcornocal, que ocupa de forma continua un área comprendida entre la Sierra de Ubrique y el Estrecho de Gibraltar. El sotobosque está formado por extensos helechales, brezales y especies de genisteas, fundamentalmente. En aquellas cumbres donde por factores como el viento o la fertilidad es difícil el establecimiento del bosque, el estrato presente es el herbáceo o el matorral de brezos.

En las cumbres o en laderas pronunciadas la pendiente limita con frecuencia el desarrollo de los suelos, que son del tipo de los Leptosoles y los Regosoles, siendo muy abundantes los afloramientos rocosos. En las laderas de zonas medias y altas, bajo bosque denso de *Quercus* o con matorral estabilizado, los suelos alcanzan mayor desarrollo. Así, los principales suelos de estas situaciones son el Cambisol y Luvisol. Con menor importancia, existen inclusiones de Greyzems, Phaeozems y Regosoles.

En los valles estrechos que se intercalan en las sierras del Aljibe se aprecian afloramientos en superficie de distintos tipos de arcillas. En estas situaciones los suelos son Vertisoles y Regosoles (Paneque et al., 1997).

La subzona *flash margoso arenoso de Algeciras* está atravesada por la red fluvial del río Guadiaro y de su afluente el Genal. La vegetación está formada en su estrato arbóreo por alcornocal y acebuchal; el estrato arbustivo lo representa el matorral mediterráneo de densidad media. La superficie dedicada a cultivo agrícola es superior a la de otras unidades análogas, existiendo zonas de cultivos herbáceos de secano con barbecho.

Los suelos asignados a estas unidades pertenecen a distintas unidades edáficas de acuerdo con la distribución de pendientes. Así, entre 0 y 21 % se ha asignado la

unidad de Regosoles calcáreos y Calcisoles háplicos con Leptosoles mólicos. A partir del 21 %, es la unidad de Leptosoles mólicos y Regosoles calcáreos. En zonas de pendiente por debajo del 8 %, aparecen Cambisoles vérticos; mientras que entre las pendientes del 8 y 21 % los suelos son Calcisoles háplicos con inclusiones de Regosoles calcáreo. (Paneque, et al, 1997)

Los cerros de *margas yesíferas del Trias* ocupan extensiones importantes al SE de Arcos de la Frontera, en la mitad occidental de Algar y Alcalá de los Gazules. La pendiente media de estos cerros es elevada, y se encuentra en los rangos del 21 al 31 y del 31 al 46 %. La mayor superficie está dedicada a pasto. Sin embargo, sobre pendientes mayores del 21 % existen algunas extensiones ocupadas por matorral almohadillado de acebuches (*Olea europaea*) y lentiscos (*Pistacia lentiscus*). Los suelos que se encuentran son Regosoles calcáreos, Cambisoles cálcicos y Kastanozems cálcicos.

Los suelos de la subzona *valles de las sierras del Aljibe y Algeciras* sobre materiales arcillosos son Cambisol vértico, Vertisol éútrico y Regosol éútrico e inclusiones de Phaeozem háplico. Los suelos que se desarrollan sobre calcarenitas y margas son Calcisoles háplicos y Regosoles éútricos y calcáreos. (Paneque et al., 1997), (Jordan, 2000)

Finalmente sobre las unidades *fluviales y fluvio-cóluviales* los suelos que se generan son fundamentalmente Fluvisoles cuando la deposición de sedimentos está íntimamente ligada a los flujos de agua, y Regosoles en casos no tan claros y asociados a otros aportes.

Destacamos por su extensión e importancia agrícola la Laguna de la Janda desecada tras un largo proceso iniciado en 1829 (Recio *et al.*, 1997) y actualmente se utiliza para cultivos de secano, de regadíos y arrozales. El sustrato de la unidad está formado por materiales de relleno de laguna (arcillas y limos, fundamentalmente). Los suelos están representados por Vertisoles éútricos, con inclusiones de Fluvisoles calcáreos, Vertisoles cálcicos y Antrosoles ácricos.

5.3. CUENCAS POSTOROGÉNICAS

5.3.1. Cuenca del Guadalquivir

Los suelos que se sitúan en esta zona están íntimamente ligados a la historia geológica de Guadalquivir, de algunos de sus afluentes principales (Guadaira, Corbones y Genil) y de algunos ríos que en la actualidad tienen cuencas independientes (Piedras, Tinto, Odiel y Guadalete). Por esta razón se hace necesario para describir los suelos dividir la Depresión del Guadalquivir en subzonas desde un punto de vista edáfico.

Depósitos terciarios

En las proximidades de Gibraleón la naturaleza química y las propiedades físicas del sustrato no consolidado condicionan la actuación de los procesos edafogénicos, que originan suelos poco desarrollados, del tipo de los Regosoles.

La tipología de usos es diversa, aunque el cultivo de herbáceos de secano es el uso dominante. Frutales y regadíos también ocupan una extensión significativa, así como algunas formaciones forestales importantes de eucaliptos y pinos.

Como inclusión, se ha considerado la presencia de suelos artificiales (Antrosoles cumúlicos) dedicados al cultivo de cítricos.

En el Condado de Huelva, el paisaje está caracterizado por una fisiografía con pendientes comprendidas entre el 0 y el 8%. El uso predominante es el cultivo de herbáceos de secano (gramíneas), así como algunas explotaciones de tipo hortícola, frutales y olivar. Los suelos son de poco desarrollo, presentando un perfil profundo de tipo Ap-Ck, en ocasiones A-C. Los suelos más frecuentes son Calcisoles háplicos y Regosoles eútricos.

Al Sur de la zona de Ossa Morena y entre los ríos Guadiamar y Guadalquivir se sitúa la comarca del Aljarafe. Es un área muy poblada cuyo uso de suelo es eminentemente agrícola con cultivos variados donde domina el olivar, las viña y los frutales. Los suelos más desarrollados de la comarca son Luvisoles cálcicos que alternan en función de la fisiografía del terreno con Leptosoles, Calcisoles y Regosoles.

En la margen izquierda del Guadalquivir entre los términos de Carmona y Dos Hermanas se sitúa la comarca de Los Alcores donde la roca formadora de los suelos son calizas toscas formadas por restos gruesos de moluscos siendo Leptosoles y Luvisoles cálcicos muy degradados los suelos más frecuentes.

Al Este de esta comarca y en el espacio comprendido entre las localidades de Utrera, El Coronil, Puebla de Cazalla, Marchena y Arahál sobre margas calizas los suelos son Calcisoles y Vertisoles cálcicos. Se trata de una zona de gran vocación agrícola con cultivos herbáceos de secano estacionales.(C.S.I.C., 1989).

La Campiña de Córdoba es la zona de terrenos de secano típicos de la provincia. Constituye una comarca formada por suaves ondulaciones con suelos arcillosos correspondientes a sedimentos margosos. En estos terrenos predominan los Vertisoles. Los municipios más importantes de esta comarca son los de Fernán Núñez, Bujalance, Lopera, La Rambla y Lopera.

Depósitos cuaternarios

Los suelos de terrazas cuaternarias se extienden a lo largo de los cursos de los ríos, especialmente en la margen izquierda del Guadalquivir.

La vegetación de estos suelos es eminentemente agrícola. Los suelos de las terrazas más jóvenes del Guadalquivir tienen un uso complejo, casi siempre en regadío, de frutales y cultivos fundamentalmente hortícolas. Por el contrario, los suelos de sus afluentes y del Guadalete, se emplean en cultivos herbáceos en secano con ciclos estacionales. En las terrazas más antiguas se alternan los cultivos herbáceos con el olivar y frutales.

En las terrazas recientes de todos los ríos son los Fluvisoles los suelos más frecuentes. Son suelos de las márgenes de los ríos, constituidos por materiales jóvenes poco transformados que pueden inundarse en épocas lluviosas. En función del contenido en carbonatos los Fluvisoles varían de eútricos a calcáricos.

Los suelos más frecuentes en las otras terrazas son fundamentalmente Cambisoles, Luvisoles, y Vertisoles; sin embargo la proporción relativa de esos suelos varía siguiendo

el curso del Guadalquivir. Así, en el tramo Guadaira-Carbones, en la terraza segunda, predominan Cambisoles crómicos y el resto de terrazas Luvisoles crómicos, háplicos, etc., y en menor proporción vertisoles. Entre los ríos Carbones y Genil el suelo dominante es el Vertisol cálcico seguido de Luvisoles. Por último entre el río Genil y Villa del Río dominan ampliamente Vertisoles cálcicos y Vertisoles crómicos. (C.E.B.A.C., 1962; C.S.I.C., 1989)

Marismas y Litoral

De entre las marismas existentes en la zona, las marismas del Guadalquivir son las más extensas con una superficie que abarca desde Puebla del Río hasta el mar. Esta marisma formada por relleno de sedimentos en un antiguo estuario del río, tiene cierta influencia mareal.

Los suelos son casi en su totalidad Solonchaks cálcicos. Son suelos enriquecidos en sales sódicas y cálcicas que presentan esflorescencias salinas en superficie.

En la mayor parte de estos suelos se utilizan técnicas de manejo para disminuir la salinización, estando la mayor parte ellos dedicados al cultivo del arroz, remolacha, algodón, etc.

Las marismas del Guadalete, Tinto, Odiel y Piedras son de menor extensión y desde el punto de vista morfogenético son formaciones a medio camino entre las marismas mareales y de estuario. Los suelos son salinos, con marcado carácter gleyco, generalmente Solonchack gleycos y Gleysoles móllicos.

La proporción de sales en el suelo es elevada debido al aporte continuo realizado por la marea, por ello la vegetación es típicamente halófila abundando especies de los género *Spartina* o *Salicornia*.

Las formaciones de litoral, están constituidas por acumulaciones de partículas arenosas más o menos finas no consolidadas, dispuestas en franjas paralelas a la línea de costa. La vegetación está constituida por formaciones especialmente herbáceas típicas de los sistemas arenosos de costa. Los suelos más frecuentes en la zona son Arenosoles, y Regosoles eútricos o dystricos. (Bellinfante et al. 2002)

5.4. ROCAS VOLCÁNICAS DEL CABO DE GATA

La unidad del Cabo de Gata se restringe a las Sierras del Cabo de Gata (Almería) cuyos materiales originales son rocas volcánicas, con intercalaciones de sedimentos marinos calcáreos y arenosos.

Los suelos dominantes sobre andesitas y dacitas son Leptosoles líticos, excepto en los piedemontes y derrubios de ladera, donde predominan suelos rojos bien desarrollados Luvisoles) y enclaves de suelos con características vérticas.

Más información de todas las unidades y suelos se pueden obtener de la publicación del Proyecto LUCDEME a escala 1:100.000, por ICONA y los Mapas a escala 1:50.000, existentes.

5.5. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar et al. 2003. Mapa de suelos de Cazorla E: 1:100.000. Ministerio de Medio Ambiente-Universidad de Granada. Madrid.
- Aguilar,J., Fernandez,J., Marañon,A., y Martinez,A. 1996. Mapade suelos de la Alpujarra a escala 1:200.000. 1ª Conferencia Internacional. Sierra Nevada 11-25.
- Aguilar,J., Delgado, G., Delgado, R., et al. 1987. Mapa de suelos de la Provincia de Jaén a escala 1:200.000. Serv. Publi. Universidad de Granada 163pp.
- Aguilar J. et al. 1987. Mapa de suelos de Aldeira (1.028) a escala 1:100.000. ICONA-Universidad de Granada.Madrid.
- Aguilar J. et al. 1986 a. Mapa de suelos de Adra (1.057)a escala 1:100.000. ICONA-Universidad de Granada. Madrid.
- Aguilar J. et al. 1986b. Mapa de suelos de Berja (1.043) a escala 1:100.000. ICONA-Universidad de Granada. Madrid.
- Aguilar J. y Simón M. 1985. Sierra Nevada y La Alpujarra. Tomo V. 1313-1328.Ed. Andalucía. Granada
- Bellinfante N., et al. 2003. Levantamiento de información ecológica básica referida a unidades geomorfoedáficas en el ámbito Sur de la provincia de Sevilla, Oeste de Cádiz y Sierra Morena Occidental de Córdoba.E 1:50.000. Universidad de Sevilla-Junta de Andalucía,Consejería de Medio Ambiente. En preparación.

- Bellinfante N. et al. 2002. Levantamiento de información ambiental referidas a unidades geomorfoedáficas en el ámbito fronterizo del Guadiana E 1:50.000. Universidad de Sevilla-Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente
- C.E.B.A.C. 1971. Estudio Agrobiológico de la Provincia de Córdoba. C.S.I.C. Sevilla
- C.E.B.A.C. 1963. Estudio Agrobiológico de la Provincia de Cádiz. C.S.I.C. Sevilla.
- C.E.B.A.C. 1962 Estudio Agrobiológico de la Provincia de Sevilla. C.S.I.C. Sevilla
- C.S.I.C.-Junta de Andalucía. 1989. Mapa de suelos de Andalucía escala 1:400.000. 95pp.
- Delgado R., et al. 1993. Mapa de suelos de Lanjarón.(1.042) escala 1:100.000. ICONA-Universidad de Granada. Madrid.
- Delgado R., et al. 1989. Mapa de suelos de Güejar Sierra (1.027) escala 1:100.000- ICONA-Universidad de Granada. Madrid
- Gil J. et al., 1997. Cartografía y delimitación de unidades geomorfoedáficas del Parque Natural Sierra Norte de Sevilla. Universidad de Córdoba- Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía
- Jordán A. 2000. EL Medio Físico del Campo de Gibraltar: unidades geomorfoedáficas y riesgos de erosión. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- Ortega E. et al. 1987. Mapa de suelos de Jergal (1.029) escala 1:100.000. ICONA-Universidad de Granada. Madrid.
- Paneque G., Bellinfante N. et al. 2000. Levantamiento de información ambiental en materia de suelos en el sector Sierra Morena Occidental-Alentejo. E : 1 :50.000. Universidad de Sevilla-Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente.
- Paneque G., Bellinfante N. et al. 1997. Unidades geomorfoedáficas del Parque Natural Los Alcornocales y su entorno. Universidad de Sevilla-Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.
- Pérez Pujalte A. et al. 1988. Mapa de suelos de Albuñol (1.056) escala 1 :100.000
ICONA-Universidad de Granada. Madrid.
- Recio JM. et al. 1997 Levantamiento de unidades geomorfoedáficas en el Parque Natural Sierra de Aracena-Picos de Aroche. E: 1:50.000. Universidad de Córdoba- Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente.

VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. FONDOS GEOQUÍMICOS DE LOS SUELOS DE ANDALUCÍA

De los elementos traza analizados, sólo se han encontrado de forma sistemática *arsénico, cobalto, cromo, cobre, níquel, plomo y cinc*. De los restantes elementos se han detectado: a) *cadmio* en un 12% de las muestras y en cantidades variables entre 0,3 y 4,5 ppm; b) *mercurio* en un 0,5% de las muestras, oscilando entre 1 y 10 ppm; y c) *selenio* en aproximadamente el 1% de las muestras en cantidades variables de 3 a 6 ppm. En consecuencia se han establecido los niveles de fondo y las anomalías sólo para As, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn (Tabla 6.1).

Los niveles de fondo representados por las *mediana* son valores que pueden calificarse de normales, inferiores en todos los casos a los descritos en la literatura como valores de referencia en otros países. Además son muy semejantes los fondos calculados para el nivel superior y el inferior, lo que indica que apenas existe una “contaminación antrópica”. Las relaciones nivel superior/nivel inferior oscilan entre 1 (Ni) y 1,2 (Pb).

Se deben destacar las anomalías para As que se sitúan por encima de 54 ppm para As (48 ppm en el nivel inferior) y para el Cr superior a 144 ppm (151 ppm en el nivel inferior). Estos dos elementos presentan ya un percentil 95 que puede considerarse dentro de los valores en los que muchos países aconsejan la intervención o la investigación obligatoria. De forma esporádica se pueden tener también ciertos valores altamente anómalos para otros elementos, como es el caso de Cu (hasta 4913 ppm), Pb (hasta 3449 ppm), Zn (hasta 1831 ppm), pero en unas consideraciones globales, estas muestras tienen escasa influencias, si bien los lugares que representan deben ser objeto de posteriores estudios.

Tabla 6.1.- Valores de Fondo para los Suelos de Andalucía.

NIVEL SUPERIOR (0-20 cm)				
Toda Andalucía (750 muestras)				
	Mediana	(Mediana- p90]	(p90-p95]	>p95
As	≤ 10	(10-36]	(36-54]	>54
Co	≤ 12	(12-24]	(24-32]	>32
Cr	≤ 70	(70-120]	(120-144]	>144
Cu	≤ 24	(24-48]	(48-62]	>62
Ni	≤ 29	(29-56]	(56-69]	>69
Pb	≤ 24	(24-67]	(67-109]	>109
Zn	≤ 56	(56-119]	(119-145]	>145

NIVEL INFERIOR (20-40 cm)				
Toda Andalucía (600 muestras)				
	Mediana	(Mediana- p90]	(p90-p95]	>p95
As	≤ 9	(9-33]	(33-48]	>48
Co	≤ 11	(11-21]	(21-31]	>31
Cr	≤ 68	(68-121]	(121-151]	>151
Cu	≤ 21	(21-43]	(43-52]	>52
Ni	≤ 29	(29-56]	(56-71]	>71
Pb	≤ 20	(20-57]	(57-83]	>83
Zn	≤ 51	(51-99]	(99-123]	>123

Estos resultados se han representado en siete mapas de Andalucía a escala 1:400.000, en donde se pueden observar la situación de las anomalías antes referidas (Figuras 6.1 a 6.7).

En un análisis más profundo de los valores anómalos, se encuentra que los altos contenidos de As se sitúan en zonas cercanas a áreas mineras o en áreas muy concretas del aluvial reciente de Huelva (cercano al polo industrial). Hay que destacar que para este elemento las anomalías no deben ser antrópicas (excepto en algunas muestras cercanas al polo químico de Huelva), ya que en la mayor parte de los casos se trata de leptosoles y las anomalías estarán condicionadas por la litología de la zona (rocas vulcanosedimentarias y /o calizas marmóreas y arenas rojas de alteración, con altos contenidos en óxidos de hierro).

Algo similar ocurre para el Cu, los valores altos están asociados a zonas de anomalías geoquímicas de la Faja Pirítica, o a zonas industriales cercanas de la ría del Tinto. Los escasos suelos con niveles altos de Cu en depósitos terciarios y cuaternarios están posiblemente relacionados con acciones antrópicas.

Las anomalías de Cr y también de Ni y Co están ligadas de forma directa con la roca madre (peridotitas en la provincia de Málaga). En estos casos es donde las concentraciones pueden llegar hasta 300 ppm para Co, 7000 ppm para Cr y 3000 ppm para el Ni.

Las anomalías de Pb-Zn generalmente están asociadas a la roca madre y a las mineralizaciones existentes en estos elementos en Andalucía (Ver capítulo IV).

Puede deducirse, de forma genérica, que la mayor parte de las anomalías de los suelos de Andalucía están condicionadas por la litología de las rocas madres y/o las mineralizaciones asociadas. No obstante se evidencian también la influencia antropogénica en ciertas anomalías de Cu, Pb y Zn.

La comparación de los resultados obtenidos para la mediana con los datos existentes en otras comunidades autónomas (Tabla 6.2) no es fácil, dado que el diseño para el muestreo (distribución, densidad, profundidad, etc.) difiere bastante de un caso a otro. Aún así, se puede observar que para el As los **niveles de fondo** son similares en todas las comunidades. Los valores obtenidos en Andalucía para Co, Cu y Ni son ligeramente superiores a los obtenidos en otras Comunidades. Lo mismo ocurre para Pb y Zn, pero en estos casos son muy semejantes a los del País Vasco. Para el caso del

Cr los valores pueden superar hasta en tres veces los obtenidos en otras Autonomías. Es evidente que la presencia y/o abundancia de ciertas rocas en Andalucía (por ejemplo peridotitas, vulcanitas) con un contenido geoquímico particular influye en estos valores, con respecto a las regiones referidas en la Tabla 6.2. Es conocido que el potencial minero de Andalucía es muy superior al de las tres Comunidades españolas con las que se ha comparado.

Tabla 6.2.- “Niveles de fondo” en algunas Comunidades españolas

	Madrid	Aragón	País Vasco	Andalucía
Profundidad	0-20 cm	0-50cm	No definido	⁽¹⁾ 0-20 cm ⁽²⁾ 20-40 cm
Nº muestras/ densidad	349 1/9 Km ²	133 1/338 Km ²	58 perfiles	750 nivel 1/ 650 nivel 2 1/100 Km ²
As	9.9	11.8		10 (0-20cm) 9 (20-40cm)
Cd	0.1	0.75	0.35	
Co	5.6	7.0	9.6	⁽¹⁾ 12 ⁽²⁾ 11
Cr	14.9	21	28.5	⁽¹⁾ 70 ⁽²⁾ 68
Cu	9.5	10.3	13.3	⁽¹⁾ 24 ⁽²⁾ 21
Hg	0.03		0.23	
Mo	0.3		1.25	
Ni	9	19.3	17	⁽¹⁾ 29 ⁽²⁾ 29
Pb	15.6	8.3	25.4	⁽¹⁾ 24 ⁽²⁾ 20
Tl	0.2			
Zn	3.3	55.6	64	⁽¹⁾ 56 ⁽²⁾ 51
Sn		8.5		

Si es difícil la comparación dentro de España, más complicado resulta cualquier comentario en relación con otros países europeos. No obstante, en general se observa que los valores de los elementos en Andalucía (Tabla 6.3) son del mismo orden de magnitud que los del resto de los países europeos. Una excepción lo constituye la Península de Kola, donde los valores son sensiblemente más bajos que en el resto de los países europeos.

Tabla 6.3. Valores de la mediana países Europeos

	Portugal	Francia	Hungría	Eslovaquia	Suecia	Kola Noruega- Finlandia- Rusia	Andalucía
Profundidad	0-20 cm	Dos niveles No diferen	0-10 50-60 cm	50 suelos	Tillitas Litología Variada	Horizontes 0 0-5cm C	0-20 cm 20-40 cm
Nº muestras/ densidad	653 1/135 Km ²	237	1/225 Km ²	50 1/10 Km ²	758	630 1/300 Km ²	750 puntos 1/100 Km ²
As	17		11			1.16 0.05 0.05	10 9
Cd		0.13	0.65	0.2		0.30	
Co	10	13.9	8.7		17	1.57 5 13	12 11
Cr	26	64.8	25	85 86		2.91 53 99	70 68
Cu	21	12.4	25	17 17	14	9.69	24 21
Hg			0.11				
Mo			1.25			0.26 0.26	
Ni	22	29.7	22		12	9.2 <20 <20	29 29
Pb	26	31.2	21		28	18.8 3.05 1.6	24 20
Tl		0.29					
Zn	59	72	79	51 54	49	46 <50 66	56 51

6.2. FONDOS GEOQUÍMICOS DE LOS SUELOS DE ANDALUCÍA DE ACUERDO CON LOS DOMINIOS GEOTECTÓNICOS

De lo comentado anteriormente para Andalucía se deduce que una discusión de los resultados de acuerdo con las grandes unidades geológicas presentes en la Comunidad podría ser más conveniente. A pesar de ello dentro de esas unidades existe una gran variación litológica, que se debe tener en cuenta en su caso para la explicación de algunos valores donde existen grandes anomalías geoquímicas. Para facilitar esta discusión los datos de pH y el contenido en As, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn de las muestras clasificados por dominios geotectónicos se presentan en el Anexo II. Por otra parte los resultados del estudio estadístico en estos dominios geotectónicos para cada elemento traza aparecen en el Anexo III. Los valores se han representado de nuevo, pero con las leyendas apropiadas a cada caso en mapas geológicos provinciales, uno para cada elemento y provincia (Figuras 6.8 a 6.61).

A continuación se discuten los resultados más relevantes para cada elemento traza.

Arsénico (Figuras 6.8 a 6.15)

Las variaciones de los valores de fondo por dominios varían desde 6 ppm para la Cuenca del Guadalquivir a 24 ppm para la zona Centro Ibérica frente a 10 ppm para toda Andalucía (Tabla 6.4). Resulta claro que los valores superiores a la media de Andalucía se encuentran en suelos desarrollados en rocas del Macizo Ibérico (Sierras Norte de Huelva, Sevilla, Córdoba y Jaén). Los valores altamente anómalos (color rojo) pueden superar un nivel mínimo de 157 ppm en la zona Surportuguesa (niveles 0-20 cm), lo que de alguna forma indica que los suelos de esta zona pueden ya contener altas anomalías geogénicas. Merecen un estudio más detallado ciertos valores encontrados en la provincia de Huelva.

Los valores del nivel inferior pueden alcanzar más de 95 ppm en la zona Centro Ibérica, lo que obviamente también indica una fuerte anomalía geogénica, que se refleja en los niveles superiores, aunque además pueden tener una fuerte contribución antrópica en algunos sectores (provincias de Córdoba y Jaén).

Para el resto de los dominios sólo en las Zonas Béticas Internas se alcanzan valores moderadamente altos (provincias de Almería y Málaga).

Parece claro que contextualizando el emplazamiento, valores de 50 o 60 ppm pueden no resultar especialmente significativos en el Macizo Ibérico, sobretodo en las Zonas Centro Ibérica y Surportuguesa, pero sí los serían en la Cuenca del Guadalquivir, o en el Campo de Gibraltar.

Cobalto (Figuras 6.16 a 6.23)

Se detecta un cierto aumento de los niveles de fondo en Macizo Ibérico (Zonas Ossa-Morena y Surportuguesa), y en las Béticas Internas frente al resto de las zonas (prácticamente se duplica el fondo) (Tabla 6.7). Además las máximas anomalías se producen en las citadas zonas, procediendo esencialmente de las rocas madres de los suelos, o sea el origen geogénico es el que más influye en estas anomalías. En todo caso, excepto algunos valores locales, más del 95% de los datos están por debajo de los niveles aceptados internacionalmente para investigación y muy por debajo de los de intervención. Conviene, no obstante profundizar en ciertas anomalías encontradas de la provincia de Málaga, donde los valores (obviamente influenciados por la litología) exceden las 300 ppm en el nivel superior.

Cromo (Figuras 6.24 a 6.31)

De nuevo en Ossa-Morena (contenido máximo 237 ppm), Surportuguesa (contenido máximo 300 ppm) existen anomalías geogénicas (rocas volcánicas básicas), en algunos casos de gran importancia, que pueden y deben ser investigadas (Tabla 6.6)

Conviene resaltar para este elemento que en las Béticas Internas, en la provincia de Málaga, hay valores de Cr anómalos (243, 624, 2950, 2970, 3390, 3510, 4370, 5000, 6130 y 7530 ppm), que en gran medida pueden justificarse por la presencia de rocas ultrabásicas, que tienen mineralizaciones de Cr y Ni. Se recomienda para estos puntos un estudio de detalle enfocado especialmente a la transferencia de Cr al medio ambiente y la determinación de su estado de oxidación.

Con un origen no fácilmente explicable, excepto por la influencia eólica, pueden considerarse ciertas anomalías encontradas en la provincia de Cádiz, en las unidades del Campo de Gibraltar, próximas a Málaga, y que pueden llegar hasta las 300 ppm. Este dominio presenta, extrañamente dada su litología (calizas y areniscas), niveles superiores a los de Andalucía.

Cobre (Figuras 6.32 a 6.39)

De nuevo se pueden detectar anomalías en las zonas Centro Ibérica, Ossa-Morena y Surportuguesa, que claramente tienen un origen geogénico. En todo caso, sólo algunos valores superiores al percentil 95 (4914 ppm en Jaén y 728 ppm en Córdoba y superiores a las 155 ppm en Huelva) para el nivel superior, sería conveniente investigarlos (Tabla 6.7).

Níquel (Figuras 6.40 a 6.47)

Este elemento sigue un modelo semejante al del Cromo, pero con valores inferiores, y en ningún caso preocupantes (Tabla 6.8), excepto para la provincia de Málaga. De nuevo en suelos de esta provincia pueden encontrarse numerosos valores superiores a las 1000 ppm (máximo 3400 ppm) en el nivel superior, que son aún mayores para el correspondiente nivel inferior (lo que claramente denota el origen geogénico, derivado de la existencia de peridotitas).

También, como en el caso del Cr, existen algunas anomalías para suelos desarrollados sobre rocas volcánicas y pizarras en la provincia de Córdoba.

Es de señalar (como para el Cr) ciertas anomalías en el Dominio del Campo de Gibraltar, y cuya explicación, teniendo en cuenta la litología de estas unidades y la ausencia de mineralizaciones, no resulta fácil.

Plomo (Figuras 6.48 a 6.55)

Las tres zonas geotectónicas del Macizo Ibérico contienen una anomalía geoquímica en plomo, que es esencialmente notable en las zonas Centro Ibérica y Surportuguesa. En la primera parece clara además la existencia de cierta contaminación de origen antrópico (Tabla 6.9). Existen valores anormalmente altos (inclusive

teniendo en cuenta la proximidad a zonas mineras de este metal), que superan las 1000 ppm por lo que deben ser objeto de investigación (provincias de Jaén, Córdoba y Huelva).

También son numerosas las anomalías de este plomo en la provincia de Almería (200-1200 ppm) encontradas en algunos materiales postorogénicos y en las Béticas Internas, así como asociadas a rocas volcánicas del Cabo de Gata. De menor entidad, y también asociados a las Béticas Internas o a materiales postorogénicos, se encuentran anomalías para este metal en la provincia de Granada.

Cinc (Figuras 6.56 a 6.63)

Los valores de Zn son muy variables de una zona a otra (Tabla 6.10). Destacan los encontrados en suelos de las zonas Surpotuguesa, Ossa-Morena y Centro Ibérica, donde si bien resulta obvio por una parte la influencia geogénica (minería de Zn), puede ser importante localmente el origen antrópico (provincia de Córdoba).

También, al igual que en el caso del plomo, existen importantes anomalías en las provincias de Almería y Granada, coincidiendo básicamente con éstas. Además, en la provincia de Málaga pueden darse anomalías esporádicas de hasta 1300 ppm (Béticas Internas) junto a otras de menor envergadura (150 a 250 ppm).

Es de resaltar también algunas anomalías en Cádiz, asociadas a las Béticas Externas y Cuenca del Guadalquivir, que pueden llegar a las 280 ppm, y que pueden tener origen antrópico.

En conclusión: a partir de este estudio sectorial se detectan claramente influencias geogénicas para todos los elementos estudiados, especialmente para As, Cr, Cu, Pb y Zn en las zonas del Macizo Ibérico, y de Cr y Ni en las Béticas Internas. En ningún caso, excepto anomalías muy locales derivadas de un tipo de roca y/o para unas mineralizaciones concretas, se dan valores que aconsejen investigaciones posteriores.

Para la selección de áreas a investigar con mayor detalle, se han tenido en cuenta que: a) superen los valores del percentil 95 calculados para Andalucía y b) sean

superiores al percentil 90, contextualizados en su dominio específico. De esta forma los estudios de la 2ª etapa se han centrado en aquellas anomalías que cumplan los siguientes requisitos:

Arsénico: Anomalías que superen 62 ppm en la zona Centro Ibérica y 157 en la zona Surportuguesa, o bien sean superiores a 54 ppm para el resto de Andalucía.

Cobalto: Anomalías que superen 40 ppm en la zona Ossa Morena, y 36 ppm en las Béticas Internas, o bien sean superiores a 32 ppm para el resto de Andalucía.

Cromo: Anomalías que superen 156 ppm en la zona Ossa Morena, 209 ppm en la zona Surportuguesa, 193 ppm en las Béticas Internas y 176 ppm en las Unidades del Campo de Gibraltar, o bien 144 ppm en el resto de Andalucía.

Cobre: Anomalías que superen las 95 ppm en la zona de Ossa Morena y 138 ppm en la zona Surportuguesa, o bien 62 ppm para el resto de Andalucía.

Níquel: Anomalías que superen las 95 ppm en las Béticas Internas y 71 ppm en la Unidades del Campo de Gibraltar, o bien sean mayores de 69 ppm en el resto de Andalucía.

Plomo: Anomalías que superen las 130 ppm en la zona Centro Ibérica y las 117 ppm en la zona Surportuguesa, o bien sean mayores de 109 ppm en el resto de Andalucía.

Cinc: Anomalías superiores a 165 ppm en la zona Centro Ibérica y 226 ppm en la zona Ossa Morena, o bien sean superiores a 145 ppm en el resto de Andalucía.

Se conjugan así los valores obtenidos para Andalucía y los particularizados para cada dominio. De forma puntual se han tenido en cuenta también la presencia de ciertas anomalías de Cd, Hg y Se.

Hay que señalar finalmente que es normal que se presente en un mismo punto más de una anomalía (por ejemplo Pb-Zn, Cr-Ni, As-Cu-Pb-Zn, etc.) por lo que el número de anomalías a estudiar es menor del que pueda deducirse a primera vista de la observación individualizada por elementos, bien sobre los mapas o en las tablas.

Tabla 6.4 - Comparación del valor de fondo para el As en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos

NIVEL SUPERIOR											
<i>Andalucía</i>		<i>Centro Ibérica</i>	<i>Ossa Morena</i>	<i>Surportuguesa</i>	<i>Béticas Externas</i>	<i>Béticas Internas</i>	<i>Campo Gibraltar</i>	<i>Cuenca del Guadalquivir</i>	<i>Otras Cuencas</i>		
≤10	≤24	≤17	≤20	≤7	≤10	≤7	≤6	≤9			
(10-36]	(24-33]	(17-24]	(20-30]	(7-9]	(10-17]	(7-10]	(6-9]	(9-13]			
(36-54]	(33-62]	(24-49]	(30-157]	(9-17]	(17-53]	(10-14]	(9-16]	(13-36]			
>54	>62	>49	>157	>17	>53	>14	>16	>36			
NIVEL INFERIOR											
<i>Andalucía</i>		<i>Centro Ibérica</i>	<i>Ossa Morena</i>	<i>Béticas Externas</i>	<i>Béticas Internas</i>	<i>Campo Gibraltar</i>	<i>Cuenca del Guadalquivir</i>	<i>Otras Cuencas</i>			
<9	<18	<7	<5	<10	<6	<8	<9				
(9-33]	(18-27]	(7-11]	(5-7]	(10-17]	(6-9]	(8-11]	(9-14]				
(33-48]	(27-99]	(11-48]	(7-14]	(17-49]	(9-13]	(11-18]	(14-36]				
>48	>99	>48	>14	>49	>13	>18	>36				

Tabla 6.5 - Comparación del valor de fondo para el Co en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos

NIVEL SUPERIOR											
<i>Andalucía</i>		<i>Centro Ibérica</i>	<i>Ossa Morena</i>	<i>Surportuguesa</i>	<i>Béticas Externas</i>	<i>Béticas Internas</i>	<i>Campo Gibraltar</i>	<i>Cuenca del Guadalquivir</i>	<i>Otras Cuencas</i>		
≤12	≤7	≤17	≤16	≤9	≤17	≤8	≤9				
(12-24]	(7-12]	(17-21]	(16-20]	(9-12]	(17-21]	(8-13]	(9-11]	(9-11]			
(24-32]	(12-25]	(21-40]	(20-34]	(12-18]	(21-36]	(13-30]	(11-17]	(11-18]			
>32	>25	>40	>34	>18	>36	>30	>17	>18			
NIVEL INFERIOR											
<i>Andalucía</i>		<i>Centro Ibérica</i>	<i>Ossa Morena</i>	<i>Béticas Externas</i>	<i>Béticas Internas</i>	<i>Campo Gibraltar</i>	<i>Cuenca del Guadalquivir</i>	<i>Otras Cuencas</i>			
<11	<10	<19	<7	<14	<10	<9	<8				
(11-21]	(10-12]	(19-23]	(7-10]	(14-18]	(10-14]	(9-11]	(8-11]				
(21-31]	(12-19]	(23-49]	(10-18]	(18-43]	(14-27]	(11-17]	(11-18]				
>31	>19	>49	>18	>43	>27	>17	>18				

Tabla 6.6.- Comparación del valor de fondo para el Cr en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos

NIVEL SUPERIOR									
<i>Andalucía</i>		<i>Centro Ibérica</i>	<i>Ossa Morena</i>	<i>Surportuguesa</i>	<i>Béticas Externas</i>	<i>Béticas Internas</i>	<i>Campo Gibraltar</i>	<i>Cuenca del Guadalquivir</i>	<i>Otras Cuencas</i>
≤70	<49	≤79	≤85	≤47	≤85	≤64	≤66	≤53	
(70-120]	(49-76]	(79-95]	(85-109]	(47-63]	(85-104]	(64-91]	(66-84]	(53-67]	
(120-144]	(76-128]	(95-156]	(109-209]	(63-97]	(104-193]	(91-176]	(84-100]	(67-94]	
>144	>128	>156	>209	>97	>193	>176	>100	>94	

NIVEL INFERIOR									
<i>Andalucía</i>		<i>Centro Ibérica</i>	<i>Ossa Morena</i>	<i>Béticas Externas</i>	<i>Béticas Internas</i>	<i>Campo Gibraltar</i>	<i>Cuenca del Guadalquivir</i>	<i>Otras Cuencas</i>	
≤68	≤82	≤87	≤44	≤95	≤73	≤61	≤43		
(68-121]	(82-103]	(87-105]	(44-59]	(95-117]	(73-103]	(61-77]	(43-59]		
(121-151]	(103-130]	(105-273]	(59-99]	(117-195]	(103-183]	(77-101]	(59-95]		
>151	>130	>273	>99	>195	>183	>101	>95		

Tabla 6.7.- Comparación del valor de fondo para el Cu en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos

NIVEL SUPERIOR									
<i>Andalucía</i>		<i>Centro Ibérica</i>	<i>Ossa Morena</i>	<i>Surportuguesa</i>	<i>Béticas Externas</i>	<i>Béticas Internas</i>	<i>Campo Gibraltar</i>	<i>Cuenca del Guadalquivir</i>	<i>Otras Cuencas</i>
≤24	≤16	≤22	≤31	≤20	≤21	≤22	≤24	≤17	
(24-48]	(16-25]	(22-31]	(31-41]	(20-28]	(21-27]	(22-32]	(24-33]	(17-23]	
(48-62]	(25-49]	(31-95]	(41-108]	(28-48]	(27-42]	(32-53]	(33-49]	(23-35]	
>62	>49	>95	>108	>48	>42	>53	>49	>35	

NIVEL INFERIOR									
<i>Andalucía</i>		<i>Centro Ibérica</i>	<i>Ossa Morena</i>	<i>Béticas Externas</i>	<i>Béticas Internas</i>	<i>Campo Gibraltar</i>	<i>Cuenca del Guadalquivir</i>	<i>Otras Cuencas</i>	
≤21	≤11	≤17	≤15	≤20	≤16	≤23	≤16		
(21-43]	(11-18]	(17-28]	(15-23]	(20-26]	(16-25]	(23-30]	(16-22]		
(43-52]	(18-54]	(28-81]	(23-46]	(26-43]	(25-47]	(30-42]	(22-33]		
>52	>54	>81	>46	>43	>47	>42	>33		

Tabla 6.8 - Comparación del valor de fondo para el Ni en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos
NIVEL SUPERIOR

Andalucía		Centro Ibérica	Ossa Morena	Surportuguesa	Béticas Externas	Béticas Internas	Campo Gibraltar	Cuenca del Guadalquivir	Otras Cuenas
≤29	≤26	≤45	≤27	≤24	≤35	≤23	≤30	≤23	
(29-56]	(26-37]	(45-56]	(27-40]	(24-31]	(35-46]	(23-33]	(30-38]	(23-29]	
(56-69]	(37-60]	(56-61]	(40-62]	(31-50]	(46-95]	(33-71]	(38-42]	(29-46]	
>69	>60	>61	>62	>50	>95	>71	>42	>46	

NIVEL INFERIOR

Andalucía		Centro Ibérica	Ossa Morena	Béticas Externas	Béticas Internas	Campo Gibraltar	Cuenca del Guadalquivir	Otras Cuenas
≤29	≤21	≤32	≤25	≤37	≤20	≤24	≤22	
(29-56]	(21-27]	(32-43]	(25-33]	(37-49]	(20-31]	(24-33]	(22-30]	
(56-71]	(27-46]	(43-94]	(33-51]	(49-95]	(31-71]	(33-42]	(30-48]	
>71	>46	>94	>51	>95	>71	>42	>48	

Tabla 6.9 - Comparación del valor de fondo para el Pb en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos
NIVEL SUPERIOR

Andalucía		Centro Ibérica	Ossa Morena	Surportuguesa	Béticas Externas	Béticas Internas	Campo Gibraltar	Cuenca del Guadalquivir	Otras Cuenas
≤24	≤44	≤24	≤31	≤16	≤29	≤22	≤17	≤27	
(24-67]	(44-56]	(24-34]	(31-41]	(16-23]	(29-38]	(22-27]	(17-24]	(27-37]	
(67-109]	(56-130]	(34-94]	(41-117]	(23-43]	(38-86]	(27-36]	(24-43]	(37-59]	
>109	>130	>94	>117	>43	>86	>36	>43	>59	

NIVEL INFERIOR

Andalucía		Centro Ibérica	Ossa Morena	Béticas Externas	Béticas Internas	Campo Gibraltar	Cuenca del Guadalquivir	Otras Cuenas
≤20	≤30	≤11	≤13	≤24	≤16	≤17	≤21	
(20-57]	(30-43]	(11-22]	(13-18]	(24-32]	(16-21]	(17-24]	(21-29]	
(57-83]	(43-71]	(22-76]	(18-35]	(32-59]	(21-30]	(24-34]	(29-58]	
>83	>71	>76	>35	>59	>30	>34	>58	

Tabla 6.10.- Comparación del valor de fondo para el **Zn** en Andalucía con los valores de fondo de los distintos dominios geotectónicos

NIVEL SUPERIOR											
<i>Andalucía</i>		<i>Centro Ibérica</i>	<i>Ossa Morena</i>	<i>Surportuguesa</i>	<i>Béticas Externas</i>	<i>Béticas Internas</i>	<i>Campo Gibraltar</i>	<i>Cuenca del Guadalquivir</i>	<i>Otras Cuencas</i>		
≤6		≤45	≤57	≤72	≤38	≤79	≤37	≤56	≤57		
(56-119]		(45-62]	(57-81]	(72-90]	(38-55]	(79-101]	(37-55]	(56-70]	(57-77]		
(119-145]		(62-165]	(81-226]	(90-134]	(55-83]	(101-123]	(55-107]	(70-89]	(77-115]		
>145		>165	>226	>134	>83	>123	>107	>89	>115		
NIVEL INFERIOR											
<i>Andalucía</i>		<i>Centro Ibérica</i>	<i>Ossa Morena</i>	<i>Béticas Externas</i>			<i>Béticas Internas</i>	<i>Campo Gibraltar</i>	<i>Cuenca del Guadalquivir</i>	<i>Otras Cuencas</i>	
≤51		≤39	≤45	≤33			≤73	≤40	≤39	≤42	
(51-99]		(39-51]	(45-59]	(33-48]			(73-94]	(40-60]	(39-57]	(42-63]	
(99-123]		(51-97]	(59-134]	(48-74]			(94-112]	(60-106]	(57-85]	(63-116]	
>123		>97	>134	>74			>112	>106	>85	>116	