



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**INVESTIGACION GEOQUIMICA AMBIENTAL  
EN SUELOS Y PLANTAS.  
1ª FASE**

Nº Explº: 431/91  
Nº SICOAN: 90248



## INDICE

1. INTRODUCCION . . . . .	1
2. OBJETIVOS . . . . .	4
3. CAMPAÑA DE TOMA DE MUESTRAS. PREPARACION Y ANALISIS	6
3.1. Descripción de la zona de estudio . . . . .	6
3.2. Diseño matemático de la campaña . . . . .	6
3.3. Realización de la toma de muestras. Métodos y materiales . . . . .	11
3.4. Preparación en laboratorio y análisis . . . . .	12
3.4.1. Protocolo de preparación física de muestras de suelo . . . . .	12
3.4.2. Protocolo de preparación de muestras de plantas . . . . .	13
3.4.3. Protocolo de preparación química de muestra "total" de suelo . . . . .	13
3.4.4. Protocolo de preparación química de muestra de suelo para análisis edafológico completo. Extracción secuencial . . . . .	13
3.4.5. Análisis de las muestras . . . . .	18
4. TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS . . . . .	19
4.1. Presentación gráfica de los resultados . . . . .	19
4.2. Variabilidad de los datos. Diseño del muestreo para la 2ª Fase . . . . .	39
4.3. Grupos de suelos. Zonas anómalas . . . . .	44
4.3.1. Datos originales . . . . .	44
4.3.2. Definición de poblaciones homogéneas . . . . .	48
4.3.3. Clasificación en grupos significativamente diferentes . . . . .	55
4.3.4. Caracterización de los grupos . . . . .	55
4.3.5. Definición de anomalías . . . . .	70
4.4. Influencia de la ciudad de Madrid . . . . .	76

4.5. Plantas y fracciones de suelo . . . . .	104
5. CONCLUSIONES . . . . .	112
5.1. Elaboración de un mapa geoquímico de elementos traza en suelos . . . . .	112
5.2. Influencia de la ciudad de Madrid . . . . .	113
5.3. Clasificación geoquímica de suelos. Zonas anómalas . . . . .	114
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS . . . . .	117
ANEXO: Estudio de sedimentos marinos en la costa de Málaga y Granada . . . . .	118

alterados en cuanto a sus propiedades. La mayor parte de los elementos traza poseen la desagradable cualidad de ser perniciosos aún en mínimas concentraciones, del orden de partes por millón (p.p.m.).

La proliferación de vertederos, la deposición de contaminantes atmosféricos, el uso indiscriminado de fertilizantes y pesticidas, los vertidos industriales sin depurar y otras acciones ligadas al desarrollo económico de las naciones provocan, en numerosas ocasiones, que los contenidos en elementos traza de los suelos se eleven por encima del límite a partir del cual su incorporación a la cadena trófica resulta nociva.

El efecto de concentraciones anormalmente altas de elementos traza en suelos sobre el desarrollo de plantas y cosechas, los mecanismos de incorporación a las mismas y los procesos de biomagnificación a lo largo de la cadena trófica, así como las consecuencias sobre la salud de los seres superiores han sido, y siguen siendo, estudiadas por su importancia económica y médica.

Un aspecto complementario de este tipo de investigaciones, especialmente desarrollado en Estados Unidos, Canada y Gran Bretaña, es la elaboración de mapas geoquímicos de contenidos de elementos traza en suelos. Pueden citarse tres razones esenciales que hacen de tales mapas geoquímicos un instrumento valioso en los estudios ambientales y que justifican el interés de los Servicios Geológicos de los países anteriormente citados:

- \* Constituyen un elemento claro y veraz de información general.

- \* Permiten detectar áreas contaminadas o merecedoras de una investigación posterior más detallada por los contenidos anómalos en ellas hallados.

## 1. INTRODUCCION.

La preocupación por la degradación del Medioambiente ha sido creciente en la última década, en parte por la imposibilidad de seguir ignorando determinados efectos nocivos de la actividad humana, en parte por el celo con que los medios de comunicación han tratado el tema. Este segundo aspecto, positivo en la medida en que ha servido para concienciar a la sociedad y a los organismos gubernamentales y científicos, ha acarreado, sin embargo, el inconveniente de la desinformación o la información tendenciosa ofrecida por personas con escasa preparación en las ciencias ambientales.

Así, la ascensión del Medioambiente a tema de interés público ha provocado que los medios de comunicación y, en buena parte, la comunidad científica, dedicasen su atención a los aspectos más llamativos y espectaculares del problema: el agujero de ozono, el cambio climático global, etc... levantando, con frecuencia, especulaciones carentes de rigor o fundamento. Otros aspectos, menos impresionantes o más complicados, del mismo problema han sido olvidados, cuando no simplemente ignorados.

Uno de los temas apenas considerados ha sido la contaminación de suelos. Afortunadamente, su importancia ha sido reconocida, si no por los profesionales del periodismo, sí por determinados equipos investigadores de todo el mundo, preocupados por los efectos de la acumulación de sustancias tóxicas o potencialmente peligrosas en el perfil del suelo.

En efecto, los elementos traza constituyen un conjunto de elementos químicos presentes de manera natural en los ecosistemas y necesarios en el desarrollo equilibrado de la mayor parte de los organismos. La actividad humana, en especial a través de la minería y metalurgia, provoca, sin embargo, una concentración anormal de estos elementos, naturalmente dispersos, y, una vez que se ha servido de ellos, los devuelve a los ecosistemas concentrados y, a menudo,

\* Constituyen una referencia de tiempo cero frente a la cual evaluar la situación futura de las zonas estudiadas y a partir de la cual se puede cuantificar el grado de deterioro provocado en años posteriores o la bondad de las medidas de depuración acometidas.

## 2. OBJETIVOS.

El estudio que en este informe se expone responde al interés del Instituto Tecnológico GeoMinero de España (I.T.G.E.) por resolver una serie de cuestiones referentes al Medioambiente, plasmadas en el pliego de condiciones original. Brevemente, es posible resumir los objetivos iniciales de la siguiente manera:

### 1) Estudio de suelos:

- Elaboración de una metodología de muestreo y análisis adecuada a la composición de mapas geoquímicos de elementos traza en suelos.
- Estudio de la relación entre contenidos de elementos traza en suelos, y su forma de especiación, y las cadenas tróficas.
- Investigación de la influencia de Madrid en la contaminación por metales de los suelos situados en su periferia.

### 2) Estudio de sedimentos marinos:

- Investigación de niveles de concentración de elementos traza en los sedimentos de plataforma del litoral malagueño-granadino.
- Elaboración de una metodología general de estudio de sedimentos marinos para la costa mediterránea española.

En el momento de concluir este trabajo cabe decir que las metas propuestas se han alcanzado, habiéndose conseguido:

\* Como objetivo principal, definir un plan de muestreo adecuado a mapas geoquímicos representativos, de escala 1:200.000, a partir del estudio de la variabilidad de concentraciones de 14 elementos traza. Del mismo modo, se ha

elaborado una metodología para la preparación y análisis de muestras de suelo que permita conocer, tanto contenidos totales de elementos traza , como su especiación o distribución entre las diferentes fracciones de un suelo.

\* Como objetivo complementario, identificación de patrones de distribución de concentraciones en función de la distancia a la ciudad de Madrid y explicación de la influencia de la misma sobre los contenidos en elementos traza en los suelos próximos.

\* Por último, como subproducto de la información acumulada, ha sido posible elaborar una metodología que permite llevar a cabo una caracterización geoquímica de suelos e identificar zonas anómalas o contaminadas.

Las conclusiones correspondientes a la incorporación de elementos traza del suelo a plantas y, de ahí, al resto de la cadena trófica, los resultados del estudio de especiación iónica y de la campaña de sedimentos marinos de plataforma no se incluyen en este informe, sino que serán objeto de uno posterior, debido a que los últimos análisis de estas investigaciones no han podido realizarse como consecuencia del incendio sufrido por los laboratorios del I.T.G.E.

### **3. CAMPAÑA DE TOMA DE MUESTRAS. PREPARACION Y ANALISIS.**

Como paso previo al diseño de la campaña de toma de muestras, se procede a la recopilación de bibliografía referente a estudios geoquímicos similares, y de información acerca de las características geológicas, meteorológicas y urbanísticas de la zona de estudio.

#### **3.1. Descripción de la zona de estudio.**

El área investigada ocupa una superficie de 1.200 km<sup>2</sup> y se extiende, en dirección NW-SE, desde la ciudad de Madrid (barrio de Tetuán) hasta Fuentidueña de Tajo, por el Este, y hasta el Cerro de las Quebradas, en la provincia de Toledo, por el Sur (Fig. 1).

Desde un punto de vista geológico, y de modo resumido, aparecen representadas en este dominio las siguientes litologías: yesos y margas yesíferas (Mioceno inferior y medio); Serie del Páramo: calizas, arcillas, areniscas y conglomerados (Pontiense-Plioceno); arenas arcósicas y arcillas pardas y rojizas (Plioceno); gravas, arenas, limos, etc... en llanuras de inundación, fondos endorreicos, terrazas fluviales ... (Pleistoceno y Holoceno).

#### **3.2. Diseño matemático de la campaña.**

La elección del plan de muestreo viene condicionada por las peculiaridades de cada campaña y por los objetivos que se persigan con la misma. Habida cuenta de que la finalidad prioritaria de este proyecto es que se constituya en la fase preparatoria de un mapa geoquímico de elementos traza en suelos de escala 1:200.000, es esencial determinar la variabilidad de los contaminantes investigados para diseñar la unidad base de mapeo y la densidad de muestreo óptimas a la hora de elaborar tal mapa. A partir de este estudio puede

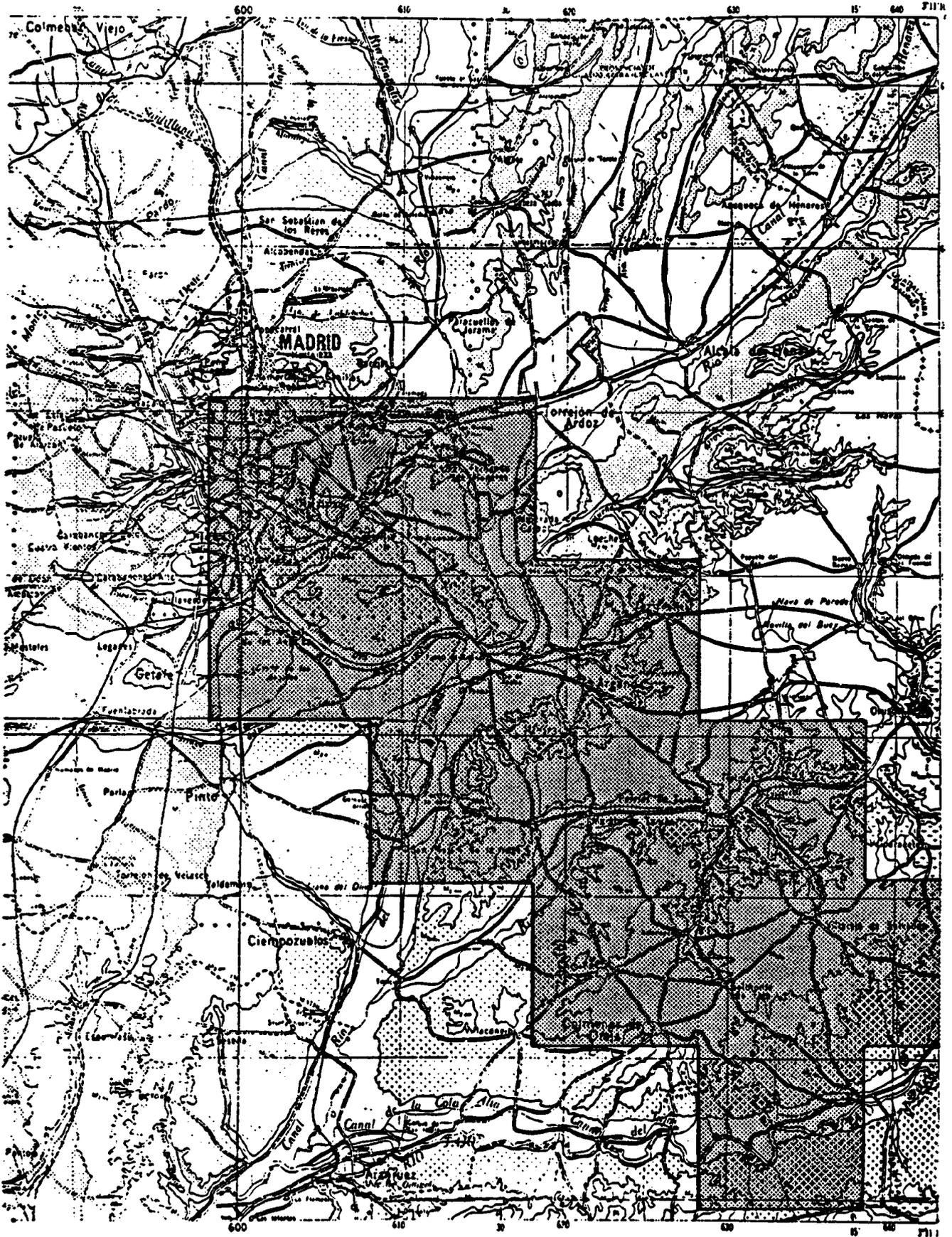


Fig 1. Situación de la zona de estudio.

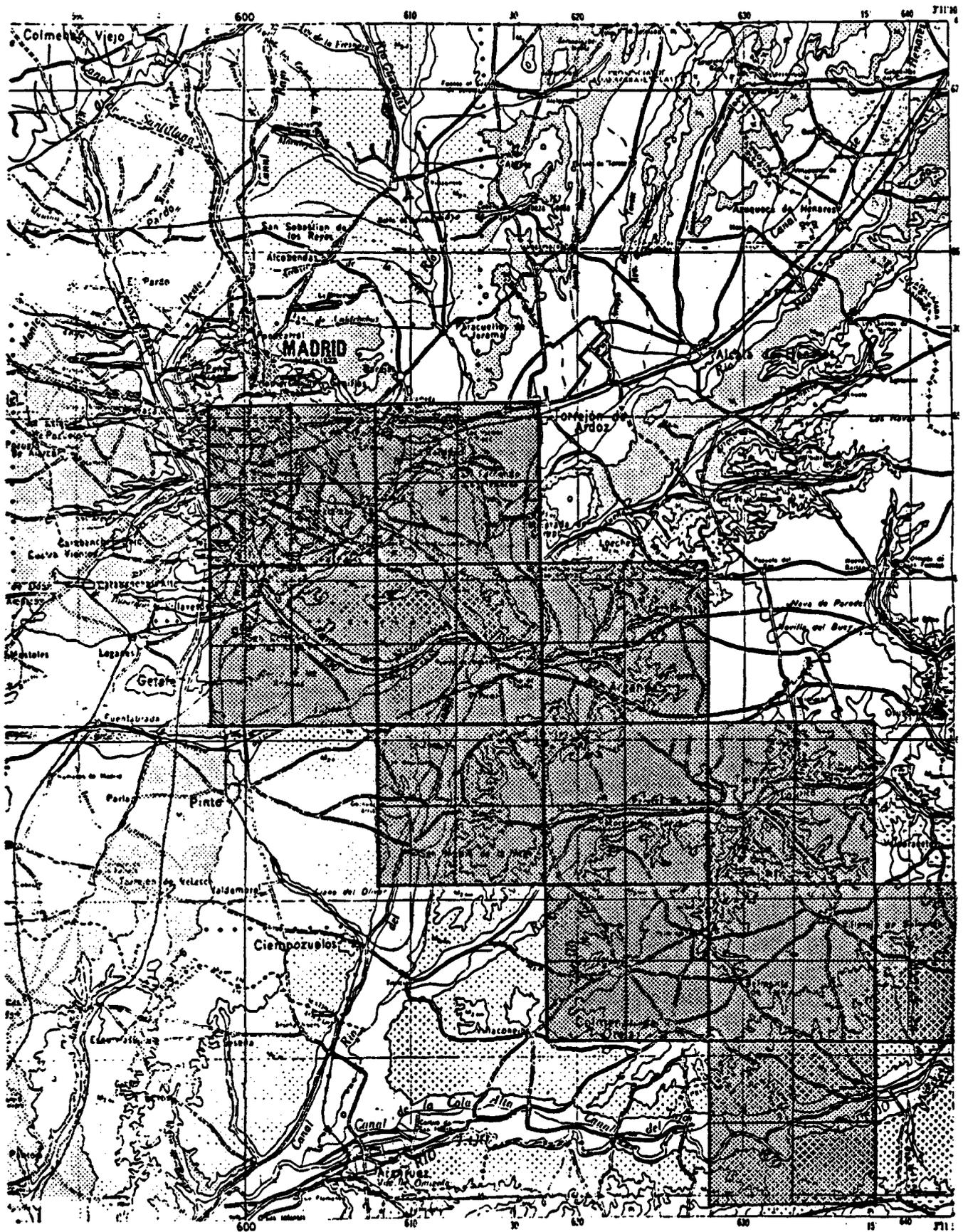


Fig 2. División de la zona de estudio.

llegar a cubrirse el resto de objetivos planteados (investigación de la influencia de Madrid, incorporación de elementos traza a las cadenas tróficas, detección de zonas contaminadas), si bien, en determinados casos, el diseño de muestreo óptimo no sería el adoptado para llevar a cabo la finalidad primera del proyecto.

De hecho, a fin de estudiar la relación entre los contenidos en elementos traza en suelos y plantas, se plantea una segunda fase de muestreo posterior que permita obtener conclusiones acerca de los mecanismos de incorporación, de la influencia del tipo de suelo y de las interrelaciones de elemento traza en los organismos vegetales.

A fin de encontrar respuesta a la cuestión principal planteada, se recurre, pues, a un diseño de la toma de muestras basado en los desarrollos matemáticos del análisis de la varianza (ANOVA) para el caso de varios niveles anidados (Ref. 1 y 2)

Este tipo de diseños puede ser equilibrado o desequilibrado, resultando el segundo en una disminución muy importante del número de muestras que es necesario tomar y en una acumulación de los grados de libertad con que se estiman las varianzas en los primeros niveles (Ref. 3, 4, 5). En este proyecto se recurre a un diseño del segundo tipo.

Conforme a lo expuesto hasta el momento, la zona de estudio se divide en 12 áreas de  $(10 \times 10)$  km<sup>2</sup>, las cuales, a su vez, se subdividen en cuatro sectores de  $(5 \times 5)$  km<sup>2</sup> (Fig. 2). En cada área, dos sectores se eligen al azar, tomándose en cada uno de ellos dos muestras situadas, también, al azar. El modelo ANOVA correspondiente consta de tres niveles a los que se añaden dos más al final del diseño, con la finalidad de calcular, mediante replicación de muestras en campo y en laboratorio, los errores que introducen, tanto el método de adquisición de muestras, como las prácticas de análisis y laboratorio empleadas (Fig. 3):

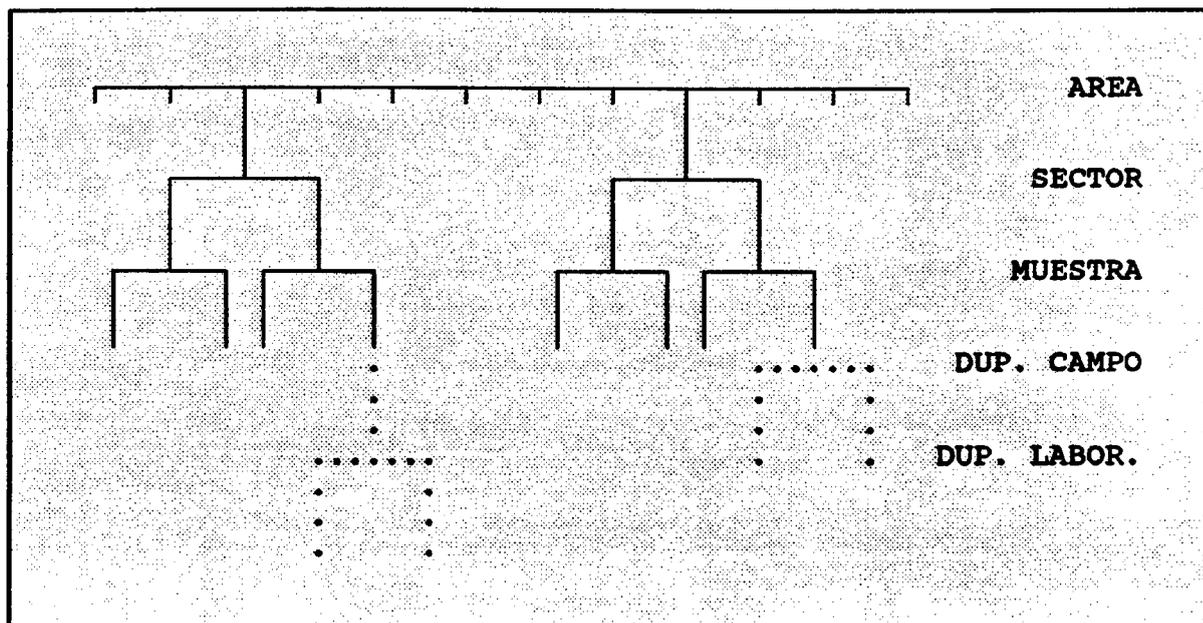


Fig. 3 : Diseño ANOVA de un plan de muestreo.

Los dos últimos niveles de este modelo, correspondientes a las duplicaciones en campo y laboratorio, han sido diseñados mediante un programa de ordenador de etiquetado aleatorio. De este modo se consigue soslayar los potenciales errores sistemáticos en la preparación y análisis de las muestras, distribuir al azar las estaciones que deben ser muestreadas por duplicado y controlar cómo contribuyen a la varianza total de los resultados las prácticas de laboratorio y el método de toma de muestras empleados.

La campaña de así planificada permite, con un número reducido de muestras (60, incluidas las duplicaciones) conocer la varianza correspondiente a los diferentes niveles en que se ha subdividido el área de estudio. A partir de ello se puede estudiar la heterogeneidad de la zona de estudio a diferentes escalas y comprobar si las superficies de terreno elegidas como unidad de mapeo son significativamente diferentes entre sí o si los métodos de muestreo y análisis empleados introducen errores tolerables o no en los resultados finales.

Con el propósito de conocer más en detalle la variabilidad de concentración de los contaminantes, las muestras (tercer nivel) son recogidas a distancias fijas de 1.000m., 2.200m., 3.000m. y 4.300m. de modo que permita determinar la varianza dentro de cada sector (estas distancias resultan de hallar la distancia media de cada uno de los cuatro grupos, con igual número de individuos, de pares de puntos generados aleatoriamente dentro de una superficie equivalente a la de un sector).

La elección de una superficie de (10x10) km<sup>2</sup> como base de la cartografía obedece, por una parte, a una necesidad de adecuación al tamaño de las unidades geológicas homogéneas presentes en la zona de estudio y, por otra, a la densidad de puntos mínima aceptable para la elaboración de un mapa de isocontenidos.

### 3.3. Realización de la toma de muestras. Métodos y materiales.

La campaña de toma de muestras se divide en dos fases. La primera se realiza entre el 2.08.90 y el 14.08.90 y en ella se recogen las muestras de suelo correspondientes a todo el área de estudio. La segunda fase es llevada a cabo durante el mes de diciembre de 1.990, con el objeto de tomar muestras de plantas en 15 estaciones seleccionadas, así como de suelo en las mismas localizaciones para someterlas a un análisis edafológico completo.

Cada muestra de suelo es resultado de la unión y homogeneización de cinco incrementos tomados en cruz a una distancia de diez metros entre sí (la variabilidad a menor escala no es objeto de estudio en este proyecto), en los cuales se recogen los 15cm. superiores del suelo. La planta escogida en el muestreo es la *Diploaxis Erucoides* (L. DC.), única que, durante la época de muestreo se encontraba en flor y suficientemente representada en la zona de estudio. En cada estación se procedió a recoger un número suficiente de ejemplares como para minimizar la variabilidad inherente a la propia planta.

Las muestras de suelo son tomadas mediante un toma-muestras tipo "Auger" de cuchillas enfrentadas en cabeza, que proporciona buen rendimiento en una amplia gama de terrenos. Las plantas han sido recuperadas completas a fin de integrar el contenido en metales pesados acumulados en cada una de las partes de que se compone.

#### 3.4. Preparación en laboratorio y análisis.

La preparación en el laboratorio y el análisis de las muestras se desarrollan desde el final de la primera campaña de recogida de muestras hasta poco antes de comenzar la redacción del informe final.

Sobre esta etapa de la campaña se ha ejercido un control externo de calidad mediante la replicación aleatoria de un 10% de las muestras.

##### 3.4.1. Protocolo de preparación física de muestras de suelos.

Las muestras tomadas en campo son almacenadas en bolsas de plástico con cierre para su traslado al laboratorio. Una parte de la muestra es separada para eventuales comprobaciones, otra para determinación de pH, y una tercera para determinación analítica de concentraciones de elementos. Estas últimas son secadas en estufa durante 48 horas a una temperatura de, aproximadamente, 45°C. Tras ello se procede a su homogeneización, cuarteo y duplicación, en los casos que sea necesario, previamente al tamizado con mallas plásticas de 100  $\mu\text{m}$ . de luz. La muestra final es enviada a análisis en botes de plástico con doble cierre.

La fracción menor de 100  $\mu\text{m}$ . se encuentra justo por debajo del límite de impermeabilidad y marca la frontera a partir de la cual el material estudiado empieza a estar constituido por granos individuales de minerales.

### 3.4.2. Protocolo de preparación de muestras de plantas.

Las plantas recogidas son llevadas al laboratorio y puestas a secar sobre papel el mismo día de la toma. Una vez secas son limpiadas para retirar la tierra y posibles impurezas que las acompañen. Se lleva a cabo, entonces, su secado en estufa durante 24 horas a una temperatura de, aproximadamente, 45°C y, a continuación, son carbonizadas en horno a 450°C durante tres horas. La muestra final es enviada a análisis en botes de plástico con doble cierre.

### 3.4.3. Protocolo de preparación química de muestra "total" de suelo.

De las muestras de granulometría menor de 100 $\mu$ m se pesa 1g. en un reactor de teflón, al tiempo que se mezcla con unas gotas de agua. Se añaden 5ml. de HNO<sub>3</sub> y 5ml. de HClO<sub>4</sub>, y se agita ligeramente.

Se añaden 10ml. de HF en cada reactor y se sitúan los mismos en un baño de arena o placa calefactora, sin que la temperatura sobrepase los 200°C, hasta llegar a sequedad. A continuación se añade HCl 6M para disolver el residuo y se transfiere la disolución a un matraz de 100ml, resultando un factor de dilución, tras el proceso, de 100.

### 3.4.4. Protocolo de preparación química de muestra de suelo para análisis edafológico completo. Extracción secuencial.

Desde un punto de vista medioambiental, cuando lo que interesa es estudiar la posibilidad de contaminación de un suelo y su efecto sobre la cadena trófica, no parece la solución más adecuada llevar a cabo un estudio edafológico clásico, por horizontes y granulometrías. De hecho, tampoco los contenidos totales de elementos traza en el perfil del suelo ofrecen exactamente la información buscada. En efecto, no son las concentraciones globales, sino aquella porción de las mismas

que puede ser movilizada, intercambiada o incorporada a los organismos vegetales, la que representa un riesgo potencial para el ecosistema.

Por todo ello se decide realizar, en este estudio, un análisis edafológico basado en la separación secuencial de cinco fracciones distintas en cada una de las quince muestras tomadas durante la segunda campaña de muestreo. Si bien sería muy optimista pretender que un análisis de este tipo ofreciese una imagen clara de la especiación geoquímica real, sí ofrece una buena visión acerca de los aspectos de movilidad y potencial de alteración ambiental de los contenidos medidos de elementos traza. Las cinco fracciones extraídas son:

**\* Fracción cambiante:** Fracción correspondiente al contenido de metales traza adsorbidos en posiciones de intercambio de minerales arcillosos y sobre hidróxidos de Fe y Mn. Los procesos de sorción-desorción de estos elementos están gobernados por los cambios de composición del agua.

**\* Fracción ligada a carbonatos:** Fracción correspondiente al contenido de metales traza asociados a suelos o sedimentos carbonatados. Esta fracción es controlada, fundamentalmente por cambios en el pH de las aguas.

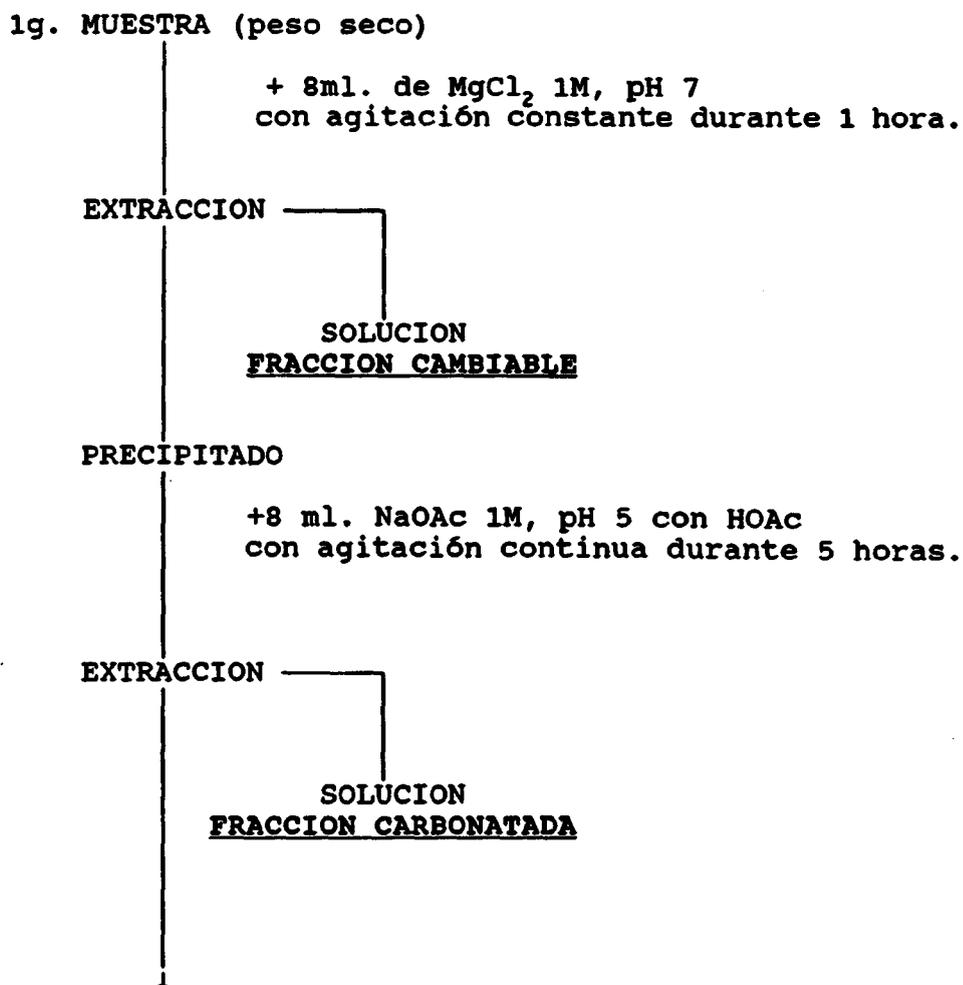
**\* Fracción ligada a óxidos de Fe y Mn:** En suelos y sedimentos existe cierta cantidad de óxidos de Fe y Mn en forma de concreciones, cementos o recubrimientos, los cuales son capaces de "secuenciar" determinadas cantidades de elementos traza. Tales óxidos son inestables en condiciones de bajo pH y es el potencial redox el principal factor de control de los procesos de disolución de los elementos traza asociados a estos compuestos.

**\* Fracción ligada a materia orgánica:** Existen numerosas formas de asociación de los elementos traza a la materia orgánica mediante formación de ligandos o complejos, compuestos organometálicos, etc... sobre detritus orgáni-

cos, organismos vivos, etc..., pero revisten especial importancia, en cuanto a acumulación de metales, los fenómenos de complejación con ácidos fúlvicos o húmicos. Bajo condiciones oxidantes puede producirse degradación de la materia orgánica con liberación de estos metales.

\* **Fracción residual:** El contenido en elementos traza no explicado por la fracciones anteriores está ligado a minerales primarios y secundarios, encontrándose incluidos en posiciones estructurales de las redes cristalinas que los constituyen. Consecuentemente, no es de esperar que esta fracción sea liberada durante procesos de alteración natural de los suelos (6).

La marcha analítica seguida en la extracción secuencial se resume en el siguiente esquema:



↓  
PRECIPITADO

+ 20 ml. de una solución (0.04 M de  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$  al 25% en vol. en acético).  
A  $96^\circ\text{C}$  con agitación esporádica durante 6 horas.

EXTRACCION

SOLUCION  
FRACCION LIGADA A OXIDOS  
DE Fe Y Mn

PRECIPITADO

+ 3ml. de  $\text{HNO}_3$  0.02 M  
+ 5ml. de  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30%, a pH 2 con  $\text{HNO}_3$

Calentar a  $85^\circ\text{C}$  durante 2 horas con agitación esporádica.

+ 3ml. de  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 30%, a pH 2 con  $\text{HNO}_3$

Calentar a  $85^\circ\text{C}$  durante 3 horas con agitación esporádica.

Enfriar y añadir 5ml. de  $\text{NH}_4\text{OAc}$  3.2 M al 20% en volumen en  $\text{HNO}_3$ .

Diluir hasta 20ml.

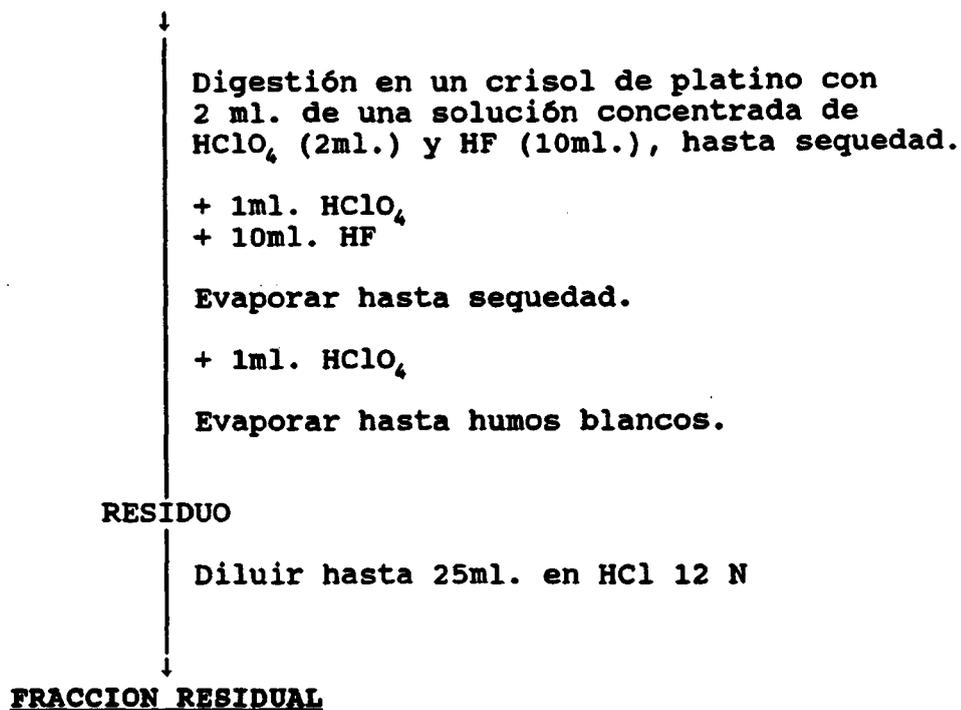
Agitar continuamente durante 30 mn.

EXTRACCION

SOLUCION  
FRACCION LIQUIDA LIGADA  
A MATERIA ORGANICA

PRECIPITADO

Secado  
↓



Las extracciones selectivas se realizaron en tubos de centrifugación de propileno de 50ml. Entre las sucesivas extracciones la separación se efectuó a 10.000 r.p.m. durante 30mn. mediante centrifugación.

### 3.4.5. Análisis de las muestras.

El análisis de las muestras se realiza en un equipo de Emisión de Plasma por Corriente Inducida, modelo Jarrell-Ash, ICAP-61. Se determinan, simultáneamente, las concentraciones de los siguientes elementos:

Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, Ti, Ag, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Mn, Nb, Ni, P, Pb, V, Y y Zn.

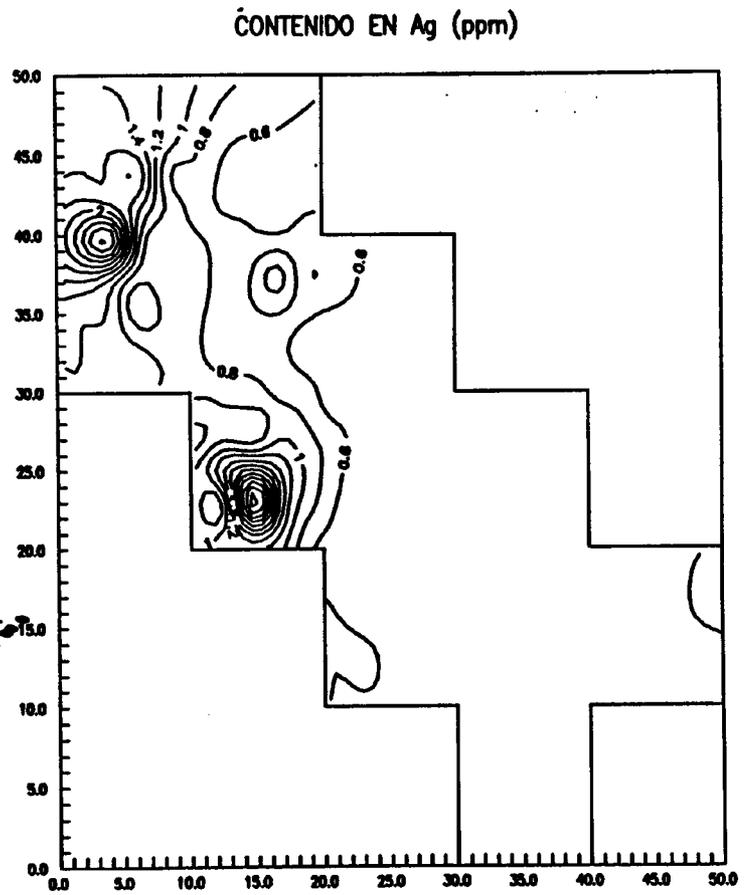
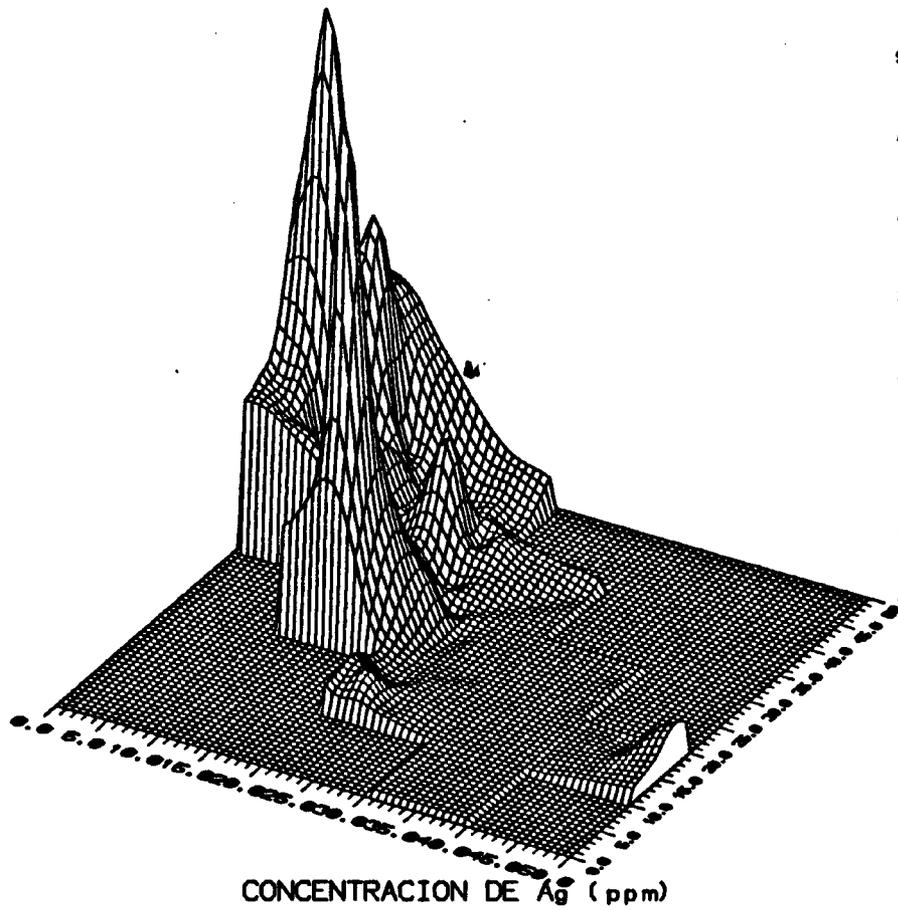
#### 4. TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS.

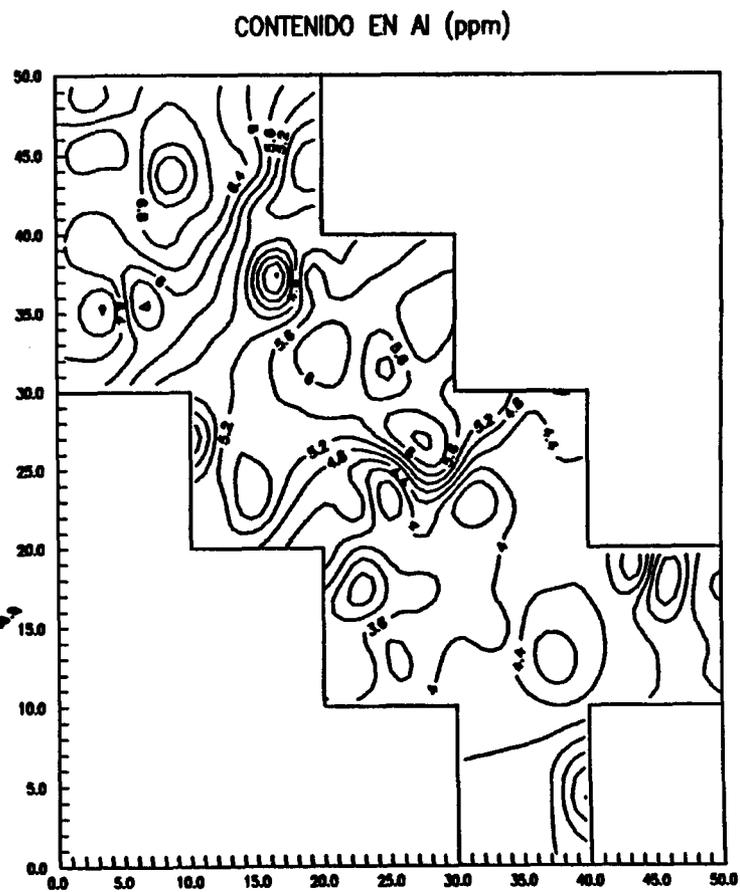
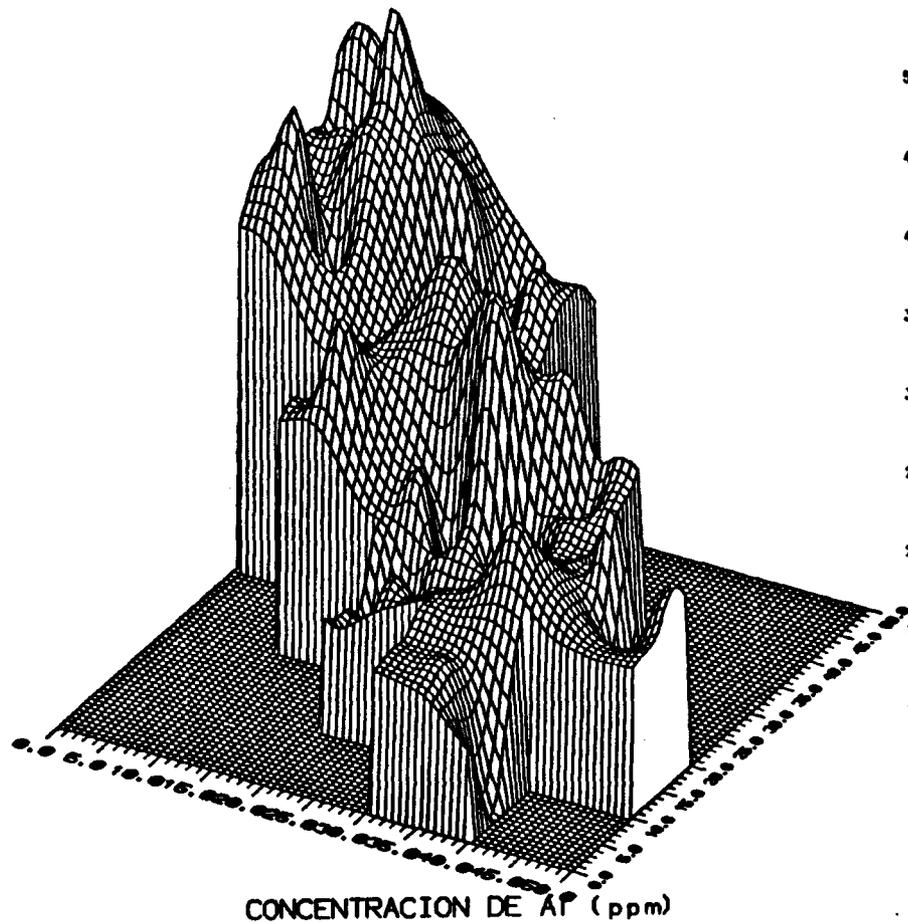
##### 4.1. Presentación grafica de los resultados

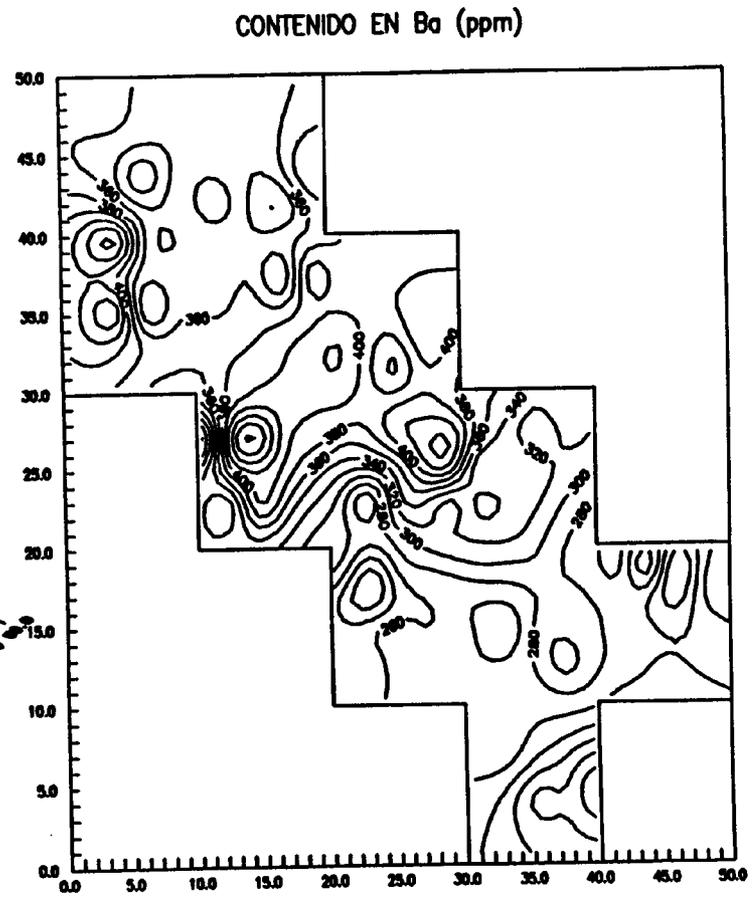
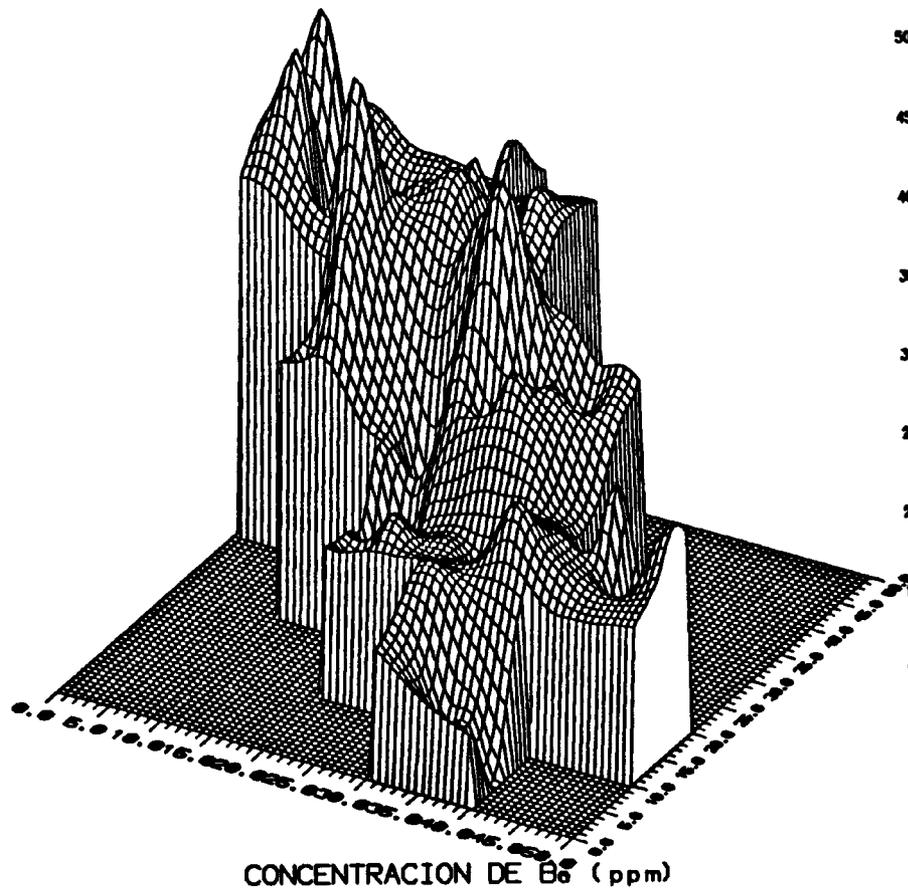
Las concentraciones en los diferentes elementos traza y mayoritarios de las muestras analizadas se presentan en las Tablas 3 y 4, dentro del Apartado 4.3.1. En el epígrafe que ahora nos ocupa se pretende tan sólo mostrar de un modo más accesible la distribución de contenidos en elementos traza en la zona de estudio, para lo cual se han representado los mismos con ayuda de un programa de gráficos por ordenador.

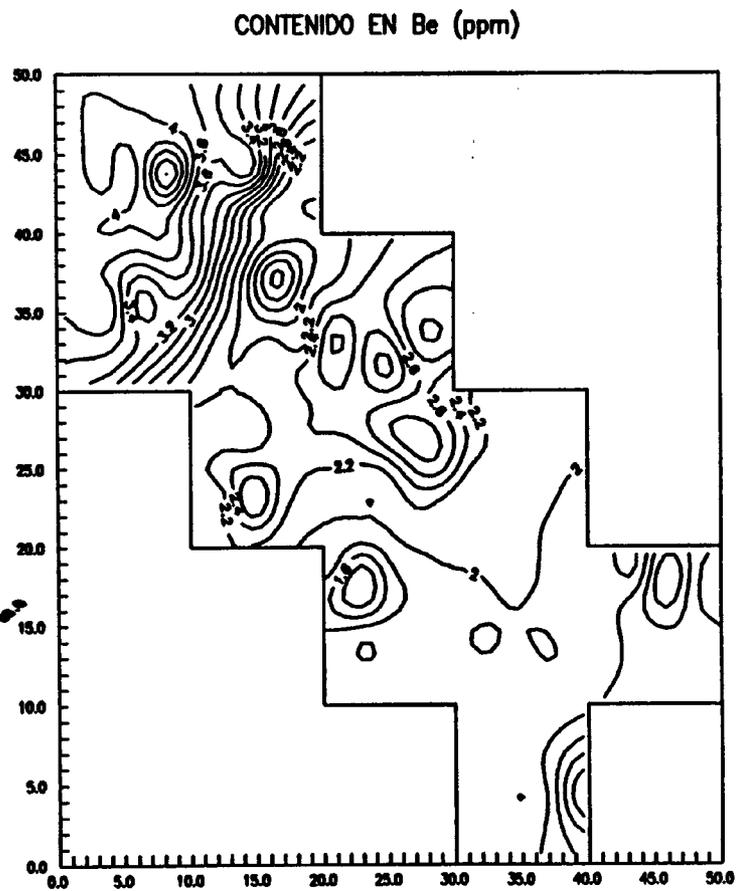
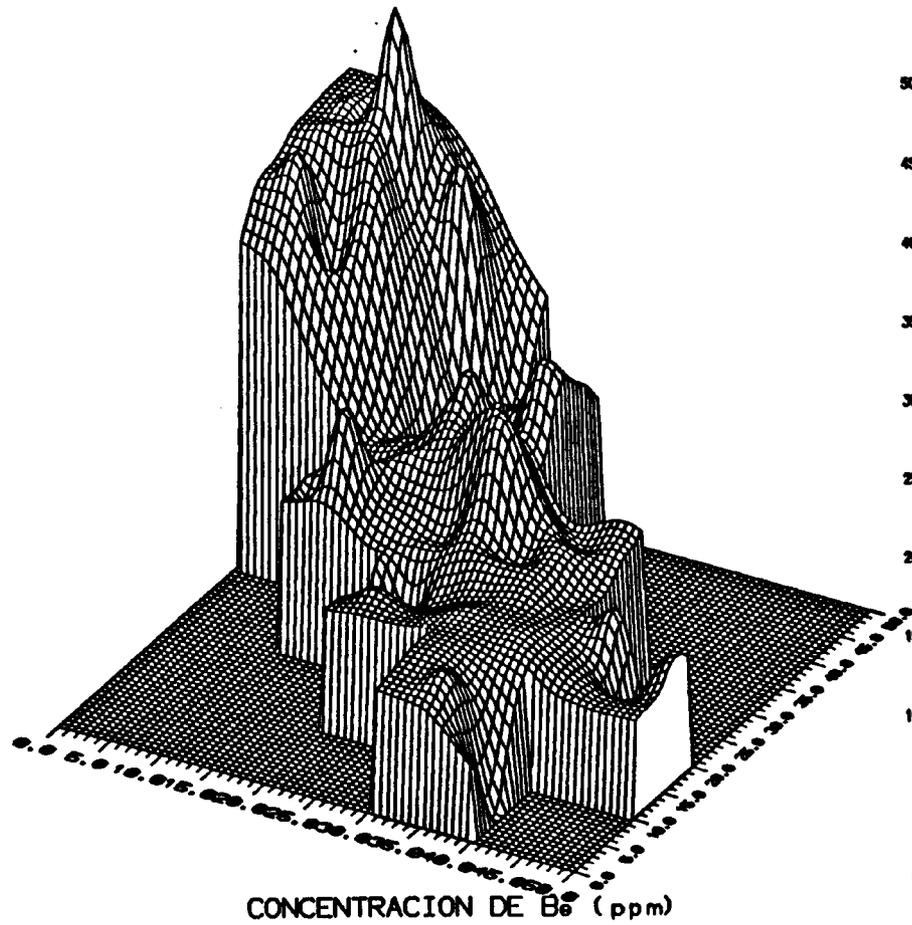
Es necesario hacer hincapié en el hecho de que las figuras que a continuación se presentan no guardan ninguna relación con los mapas de isocontenidos que se espera elaborar, en una investigación posterior, a partir de las conclusiones alcanzadas en este estudio. Tales mapas estarán basados en una cuadrícula de  $(10 \times 10) \text{ km}^2$ , que en el mapa se reflejará como un valor puntual, obtenido a partir de niveles de muestreo inferiores, en la manera que se expone en el Apartado 5.1. del Capítulo de "Conclusiones".

Las Figs. 4 a 22 muestran conjuntamente una representación tridimensional de los contenidos de cada elemento traza y un mapa de isolíneas de la zona de estudio, coincidiendo la orientación de la figura con la orientación geográfica del terreno (Madrid se encuentra situado en el vértice superior izquierdo).

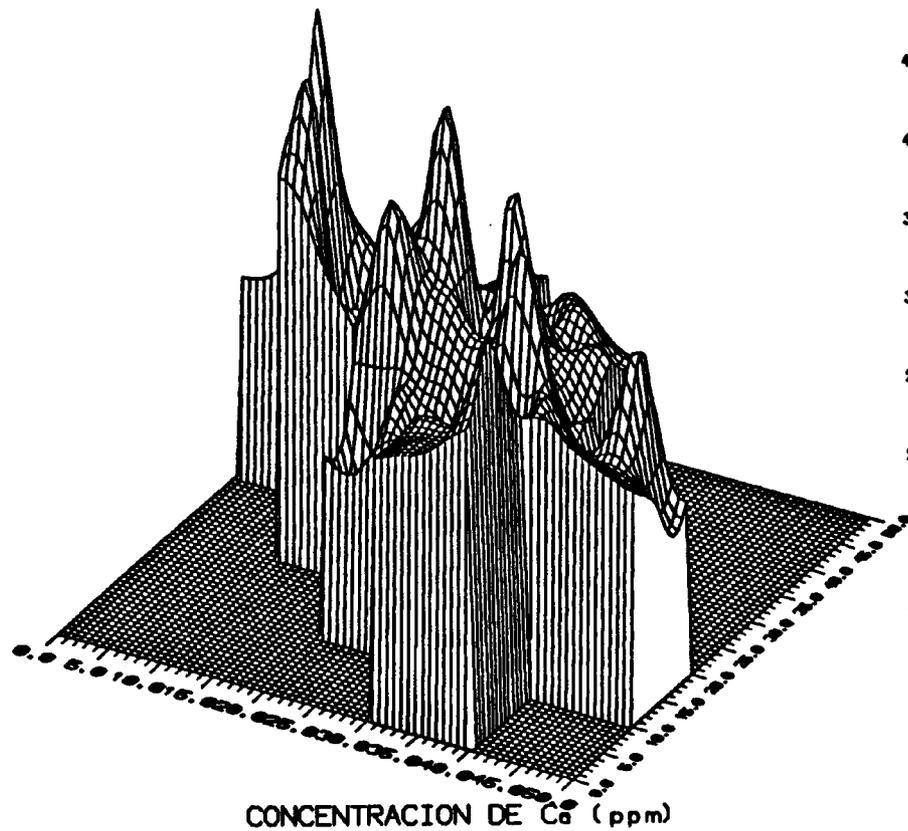
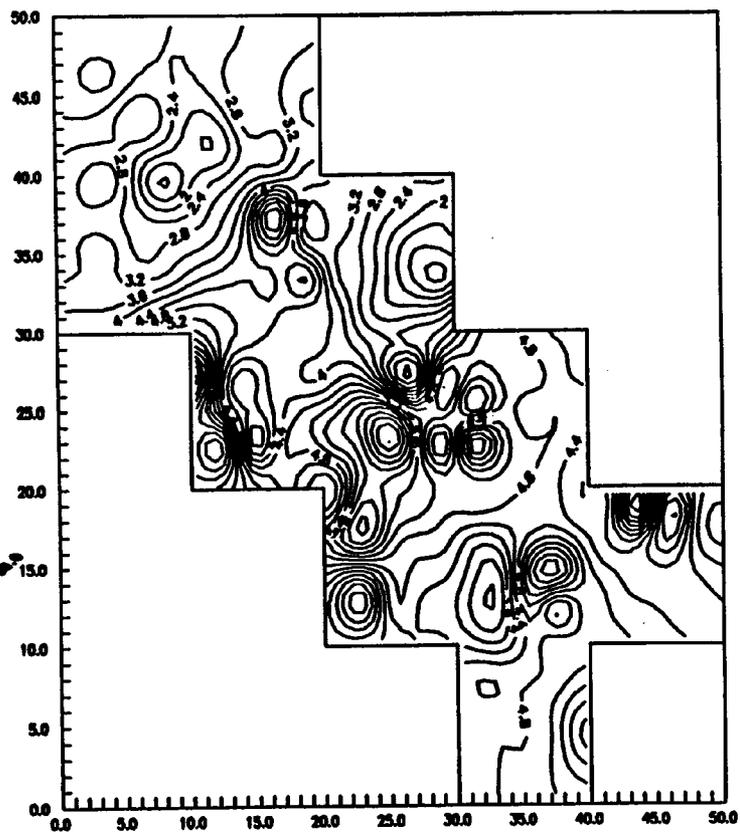




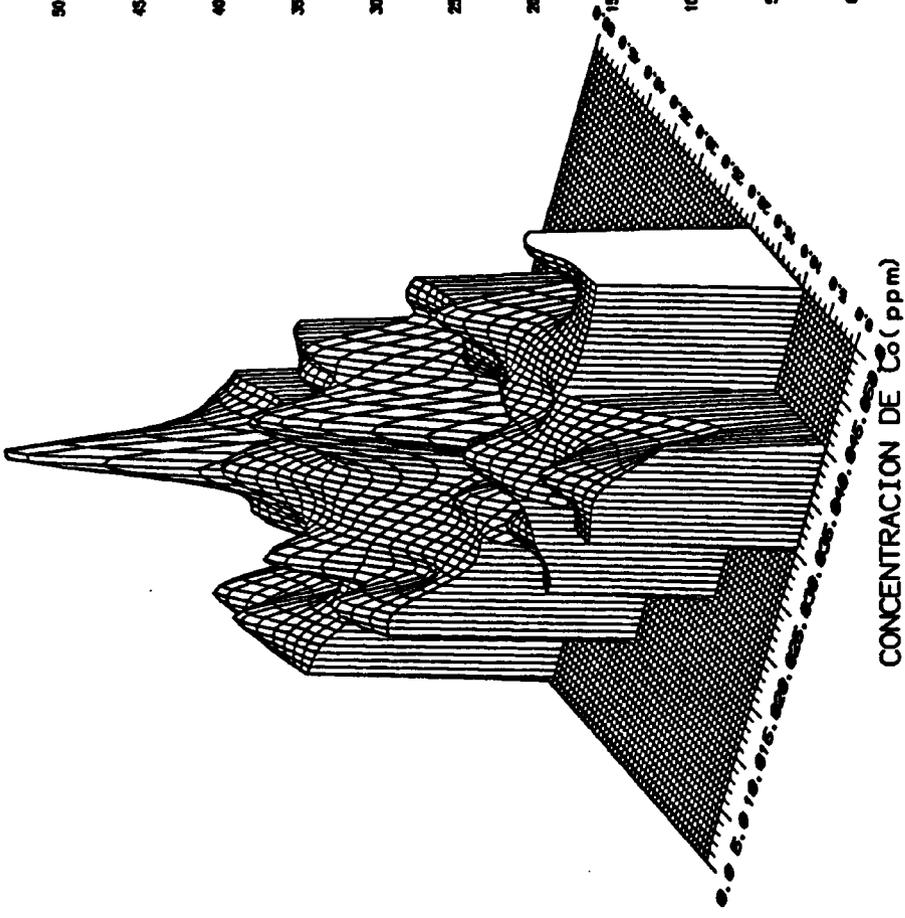
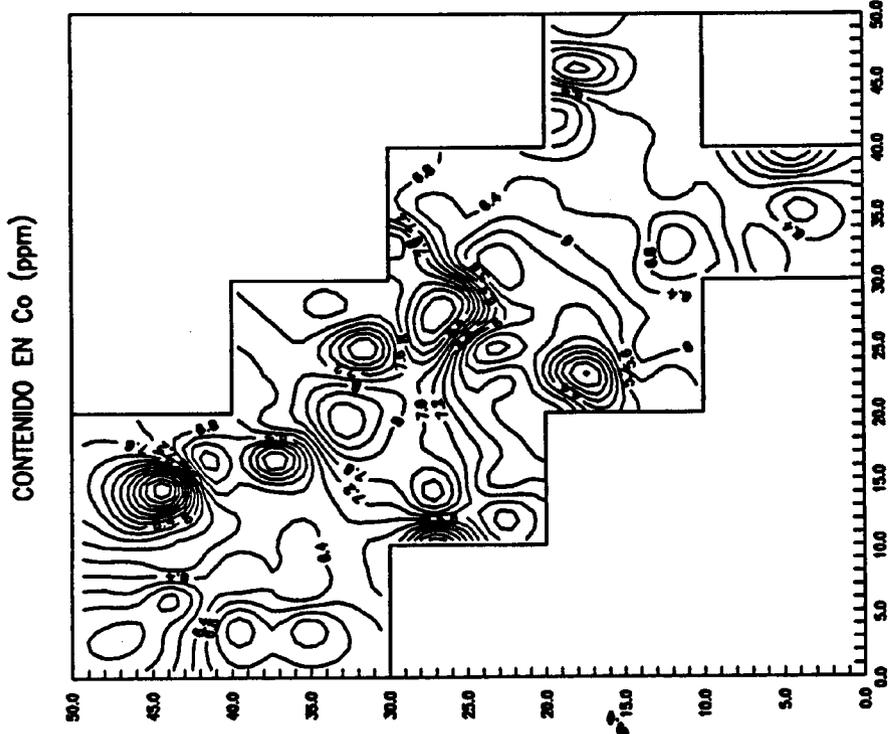


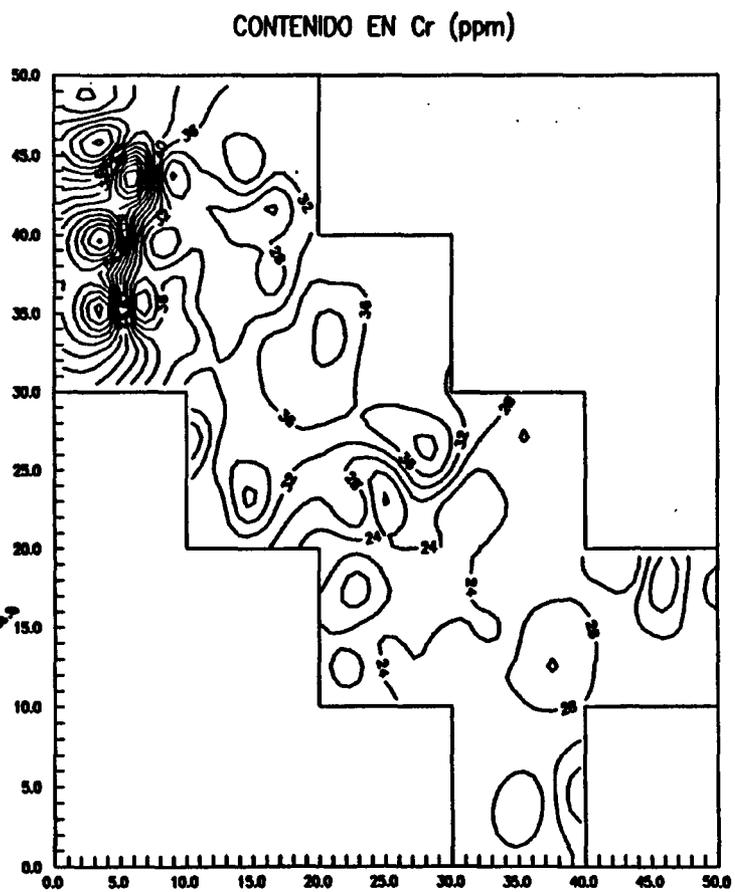
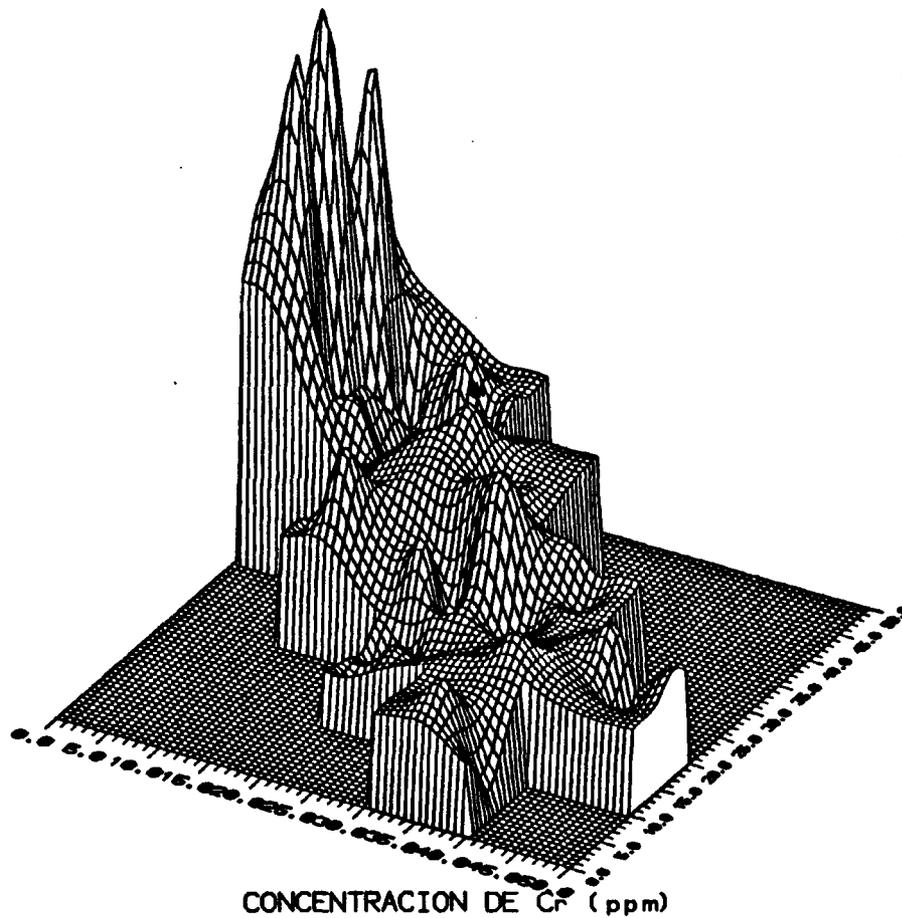


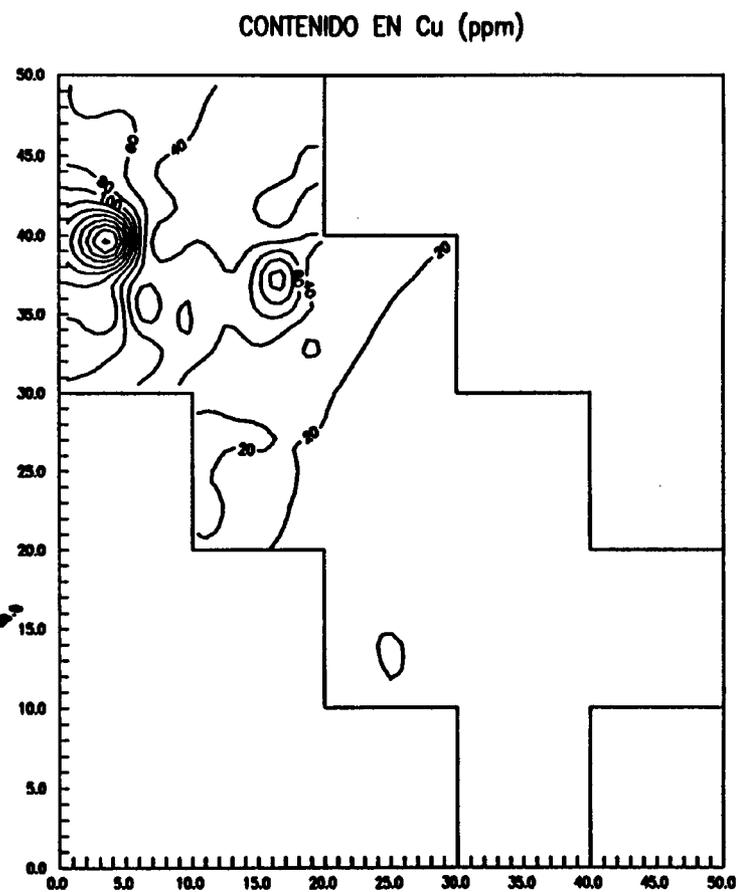
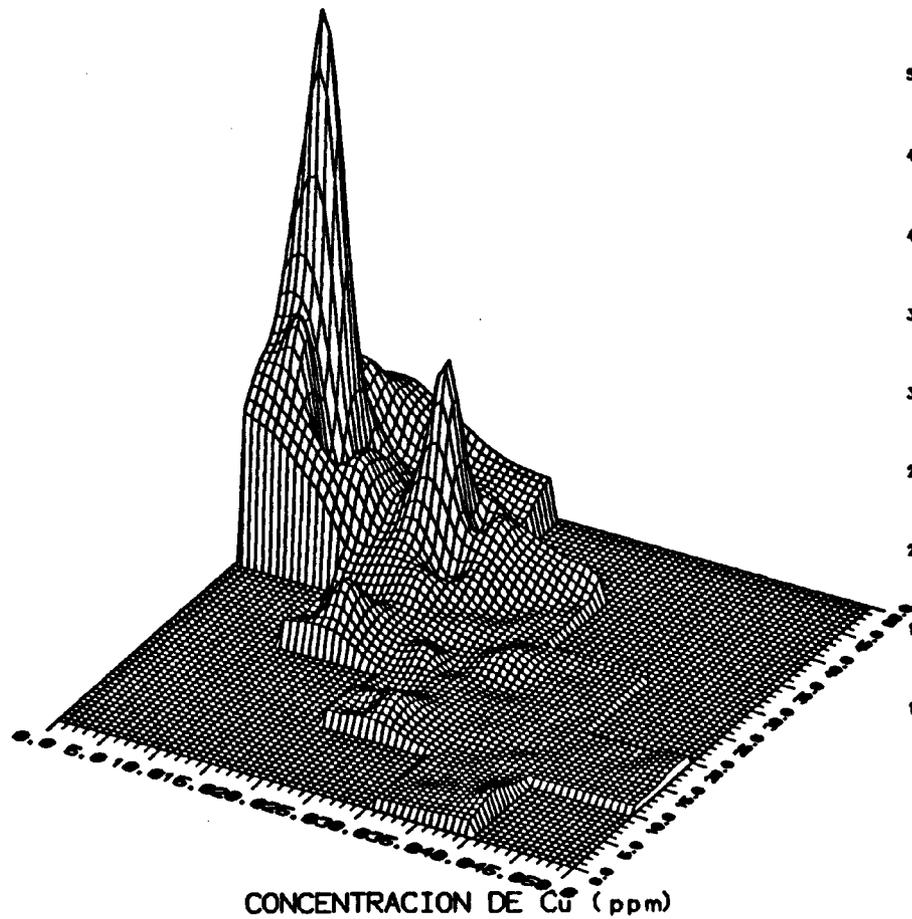
CONTENIDO EN Ca (ppm)

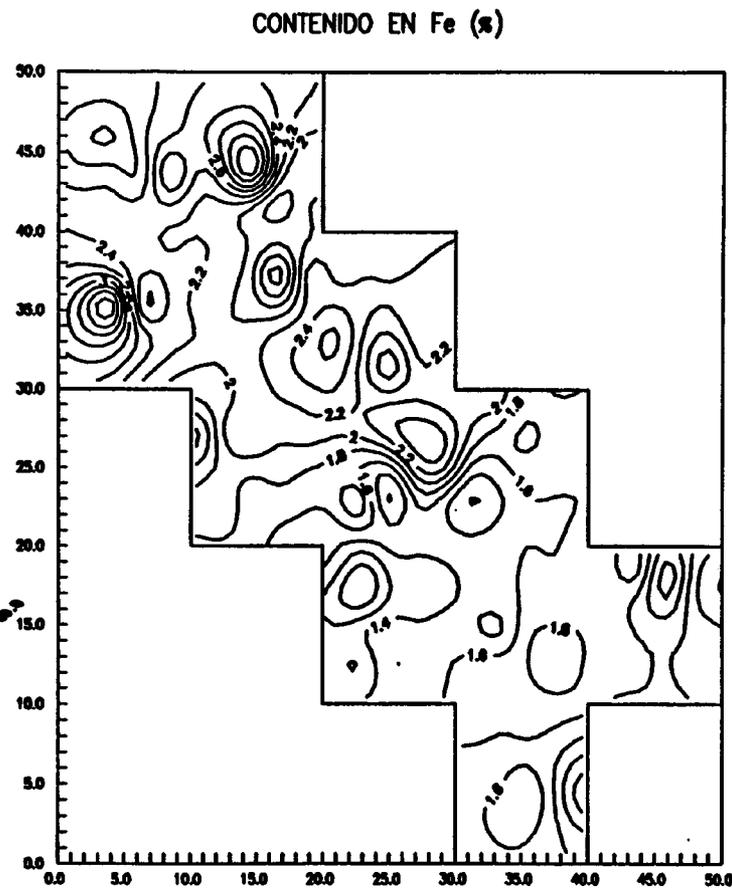
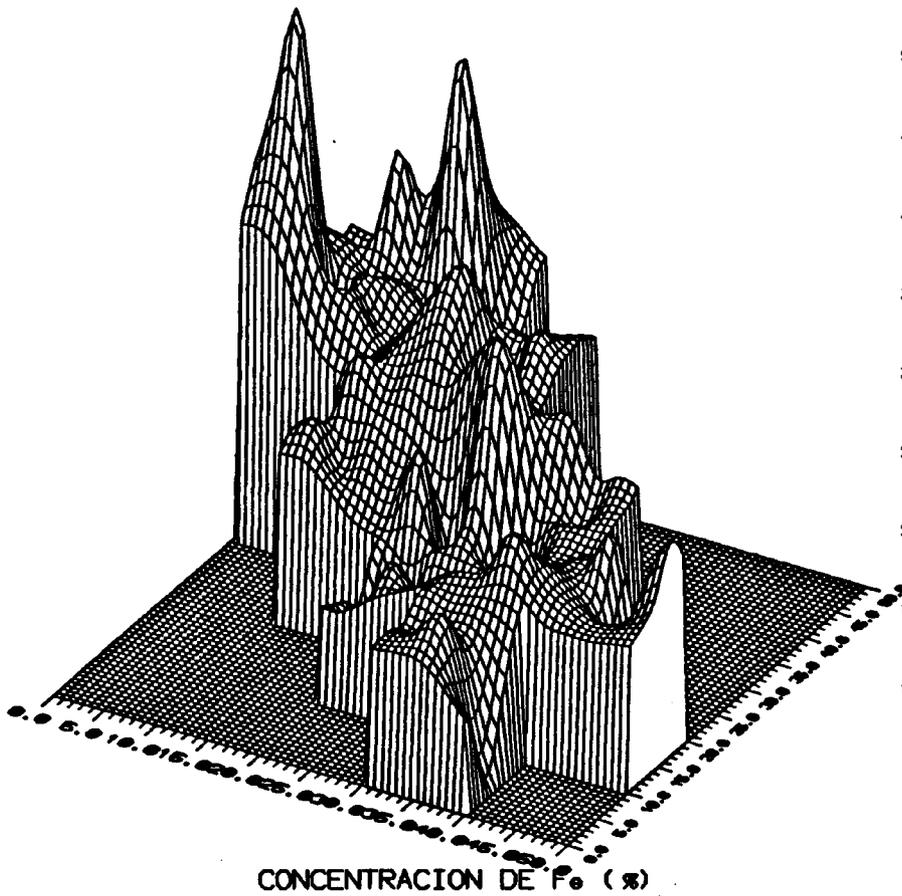


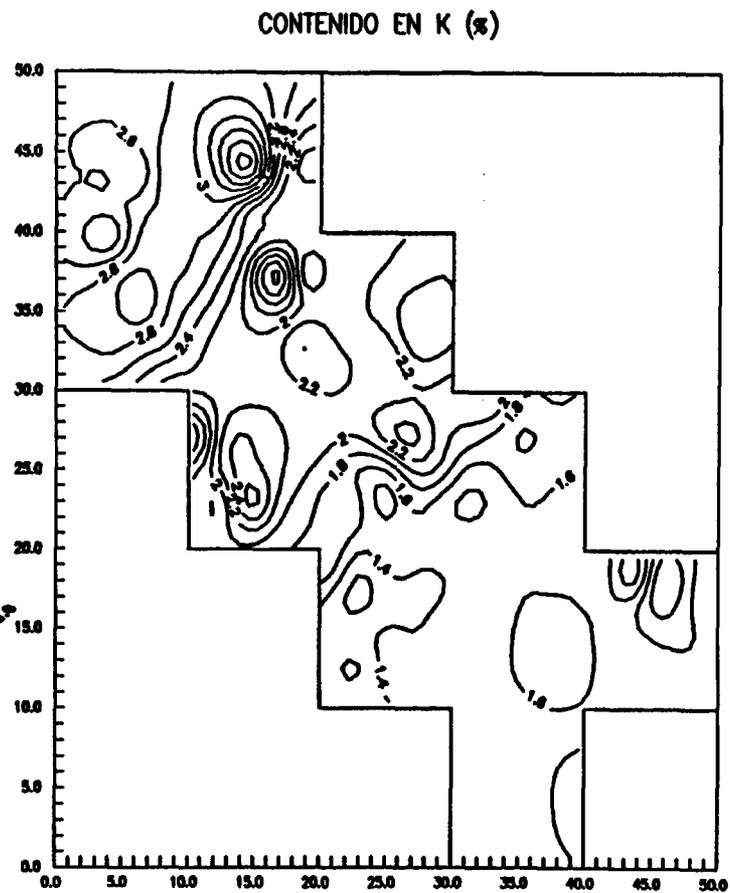
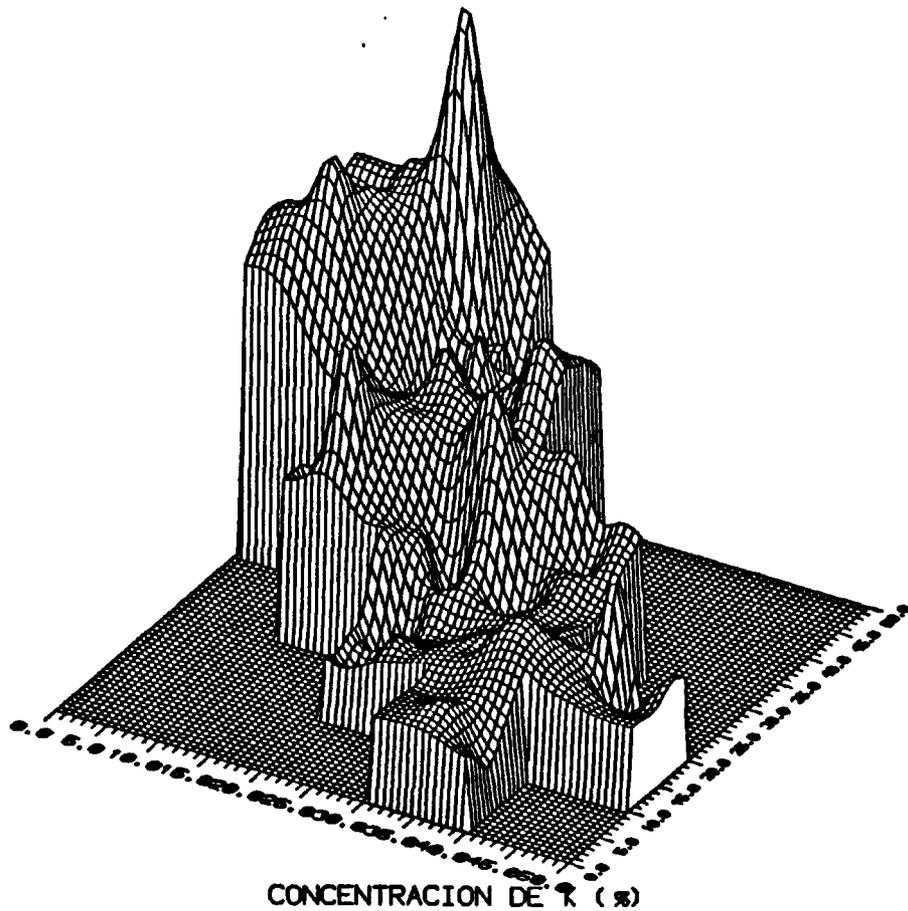
CONCENTRACION DE Ca (ppm)



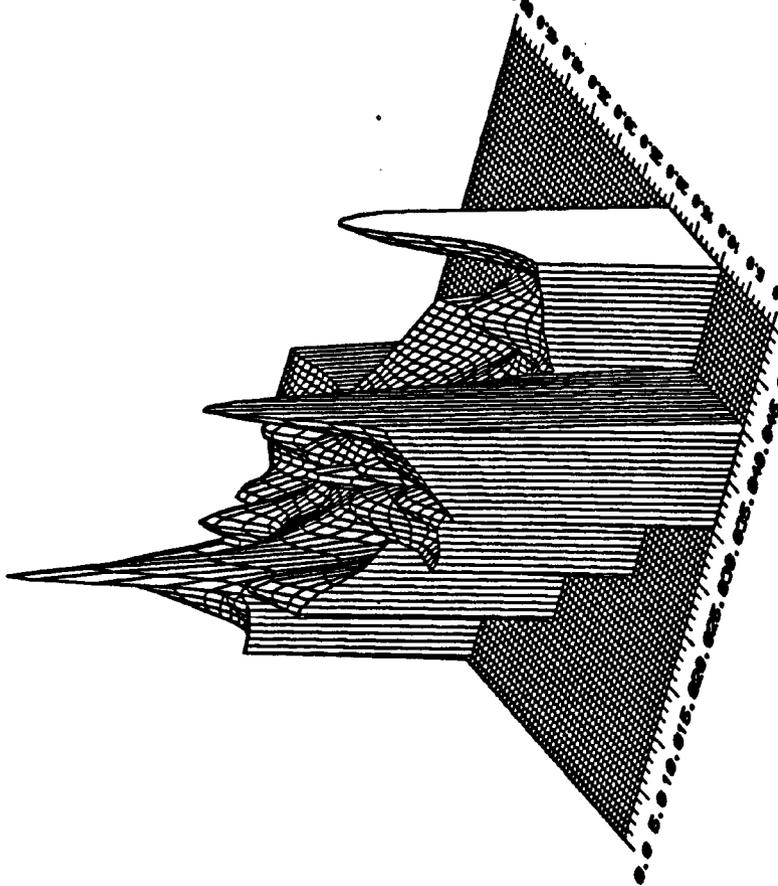
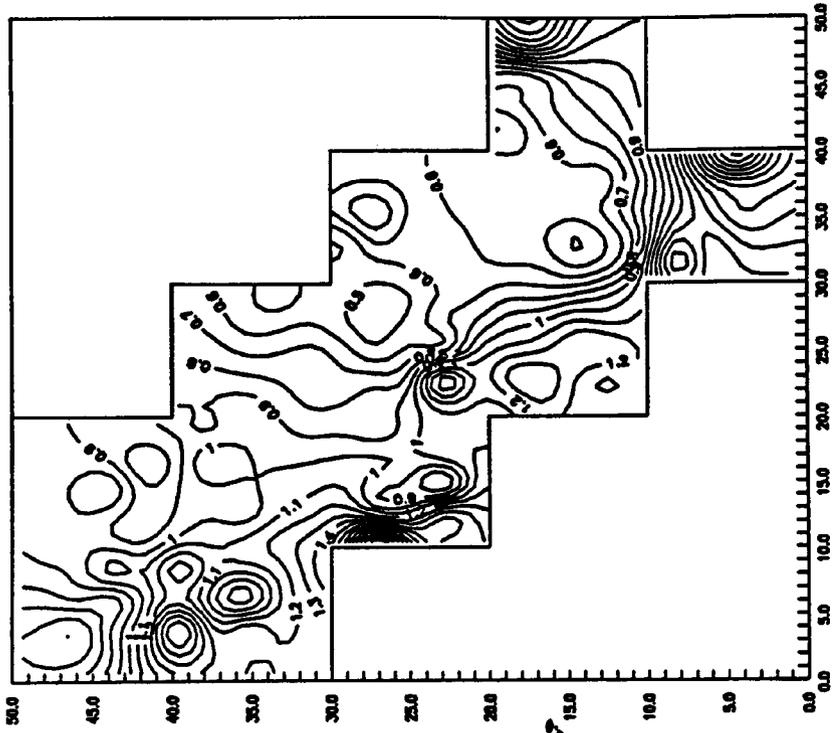




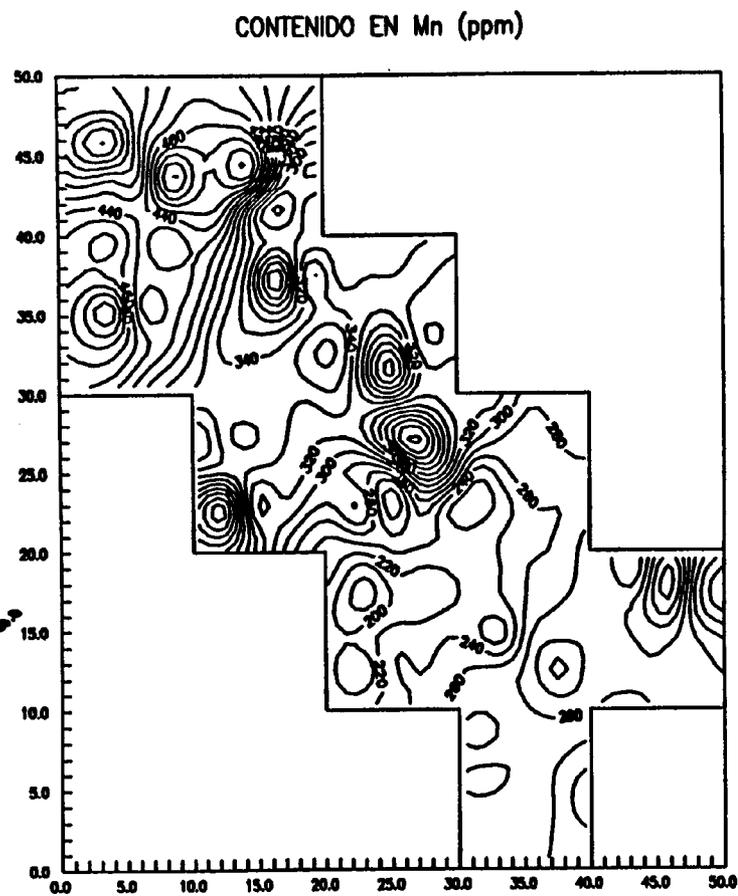
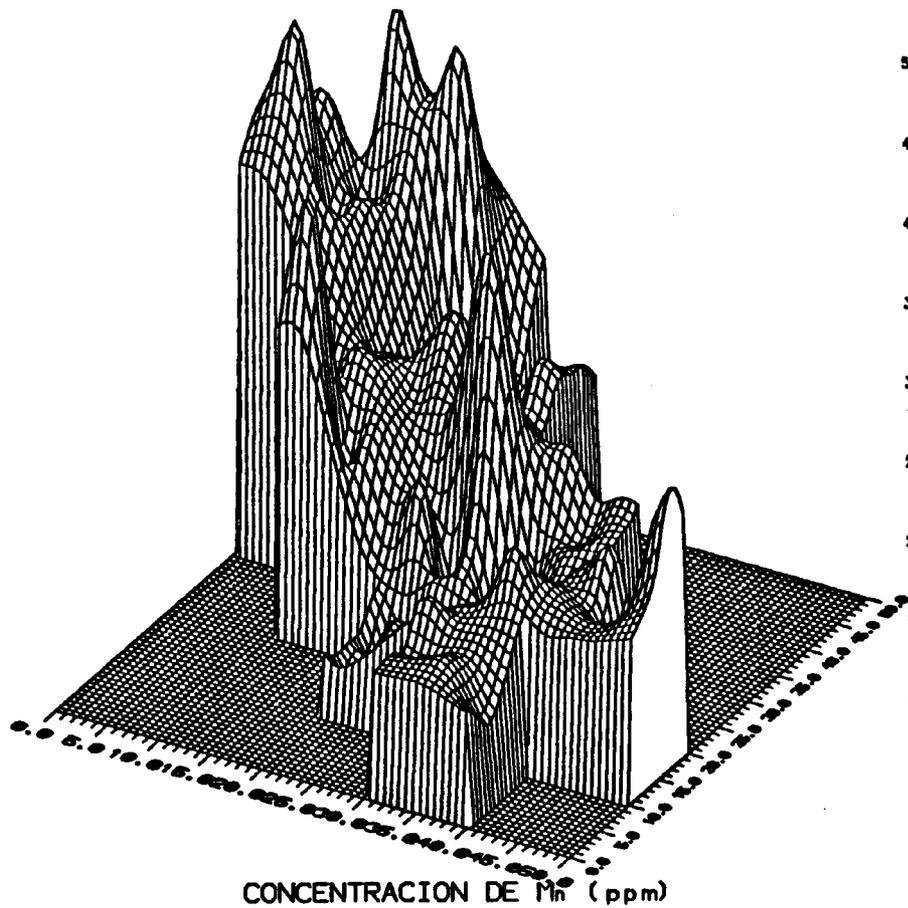


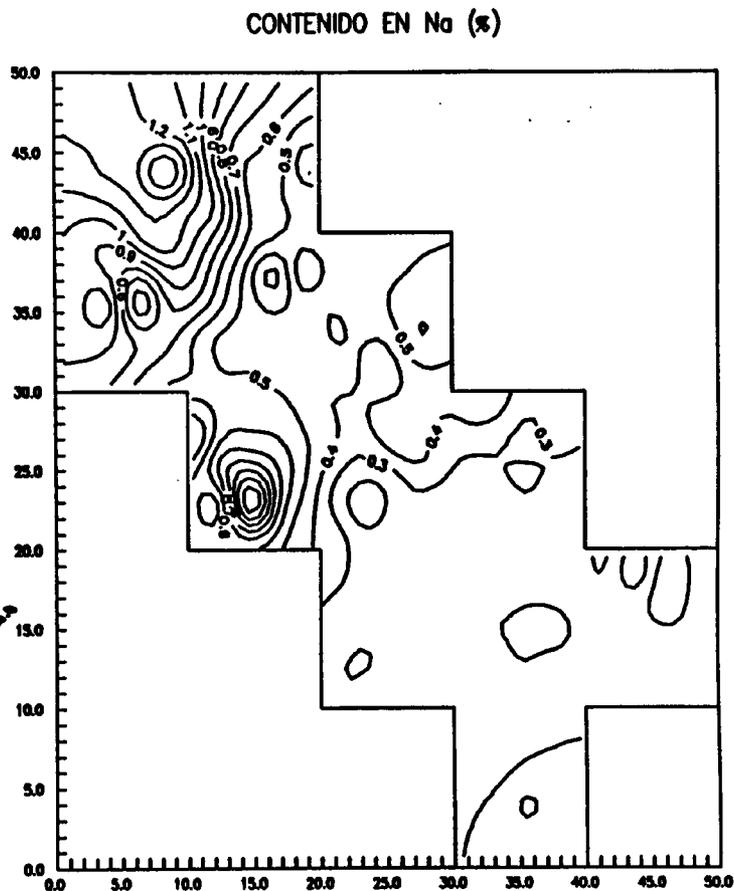
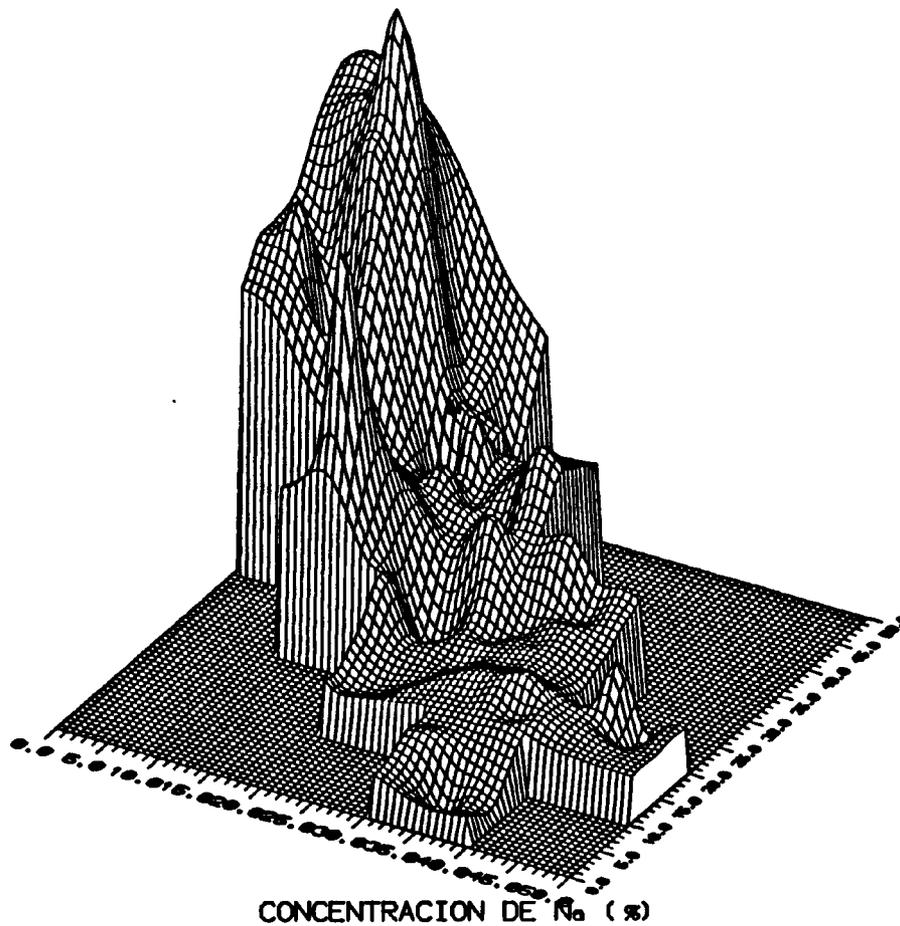


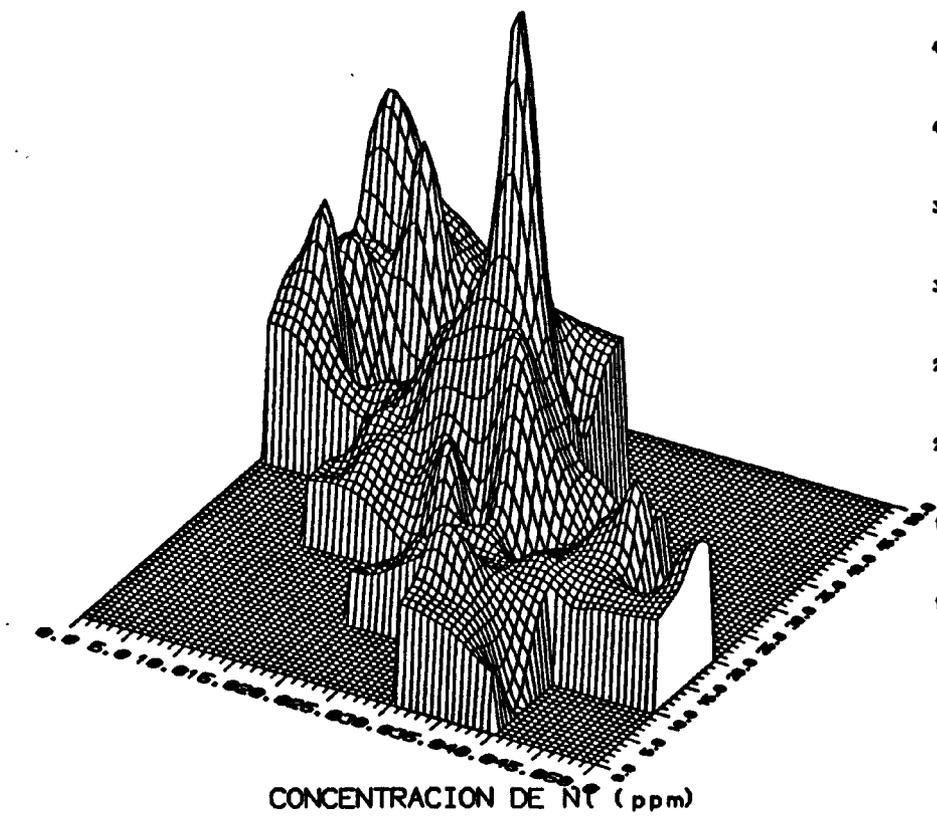
CONTENIDO EN Mg (%)



CONCENTRACION DE Mg (%)

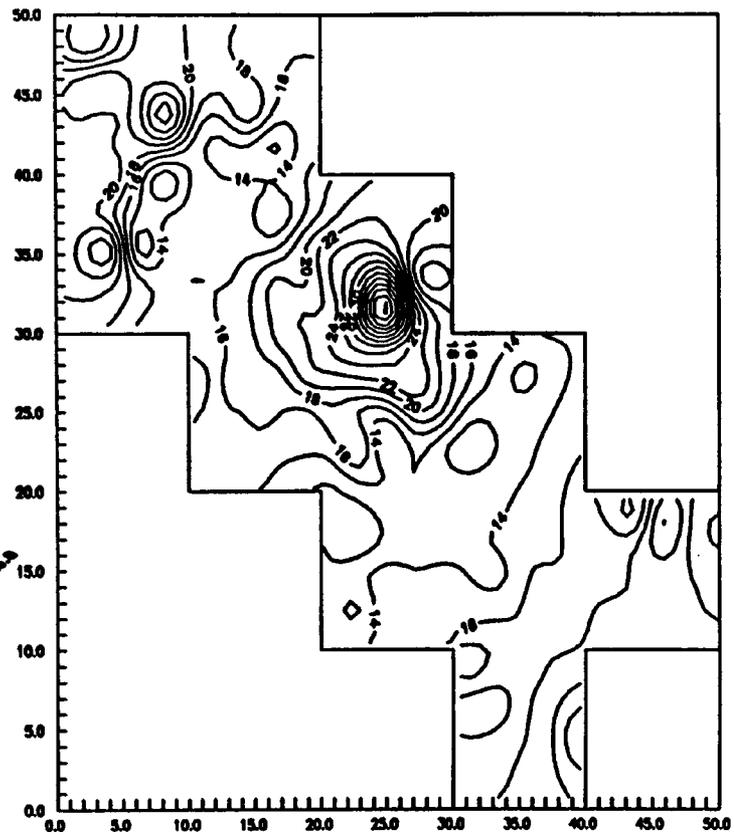


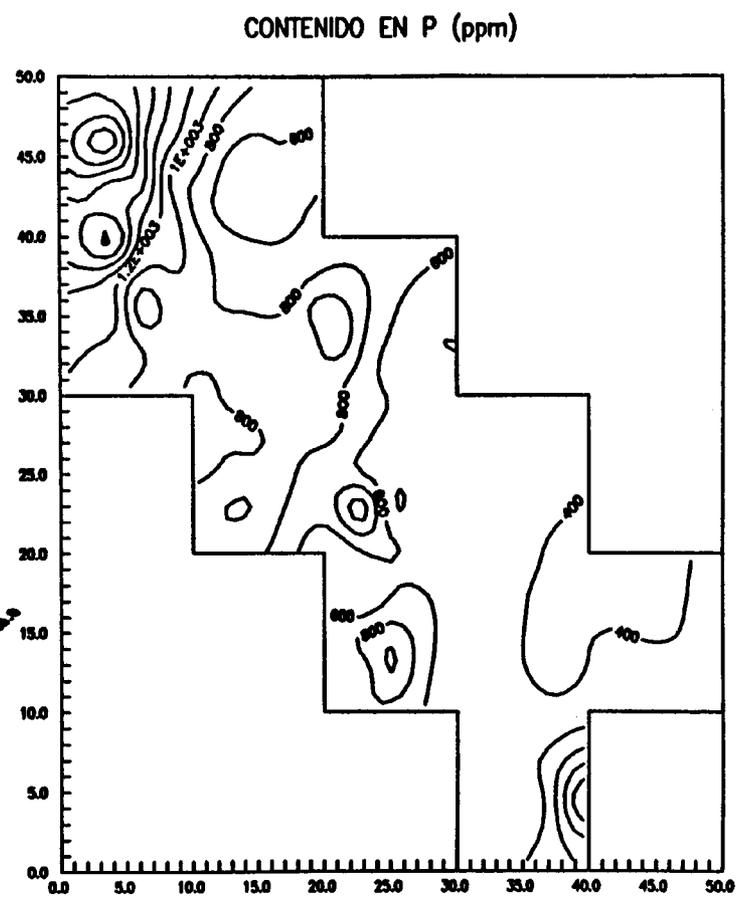
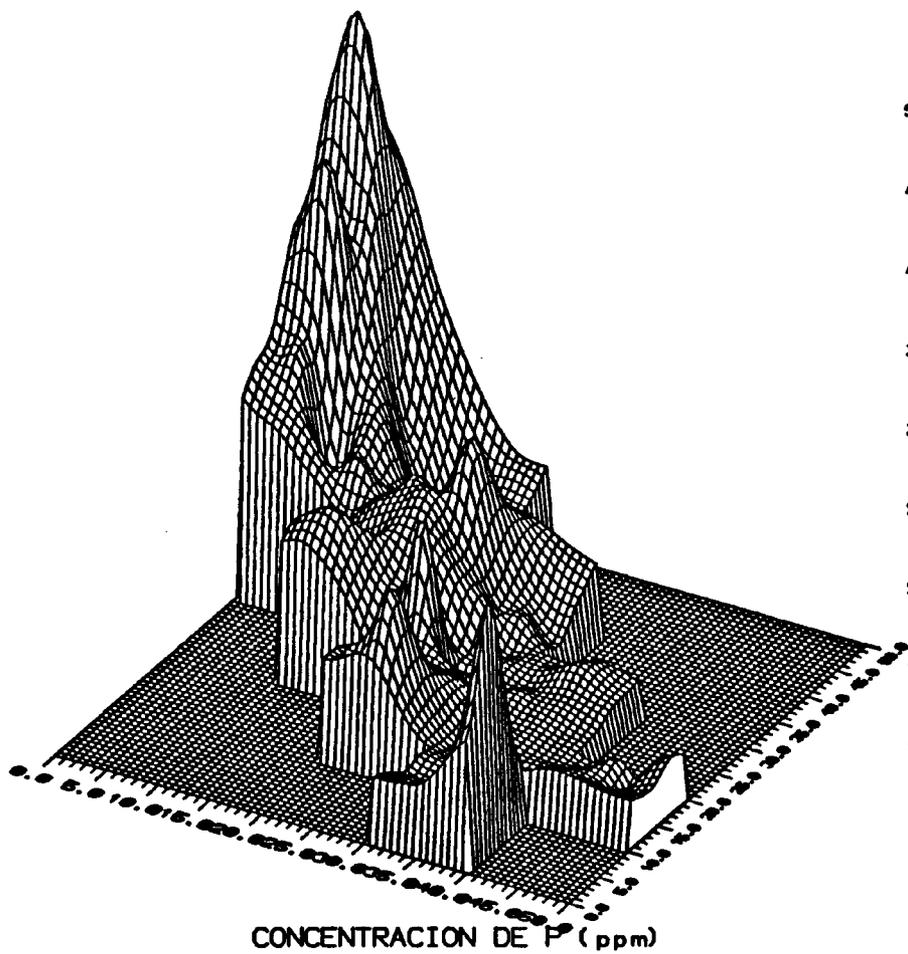


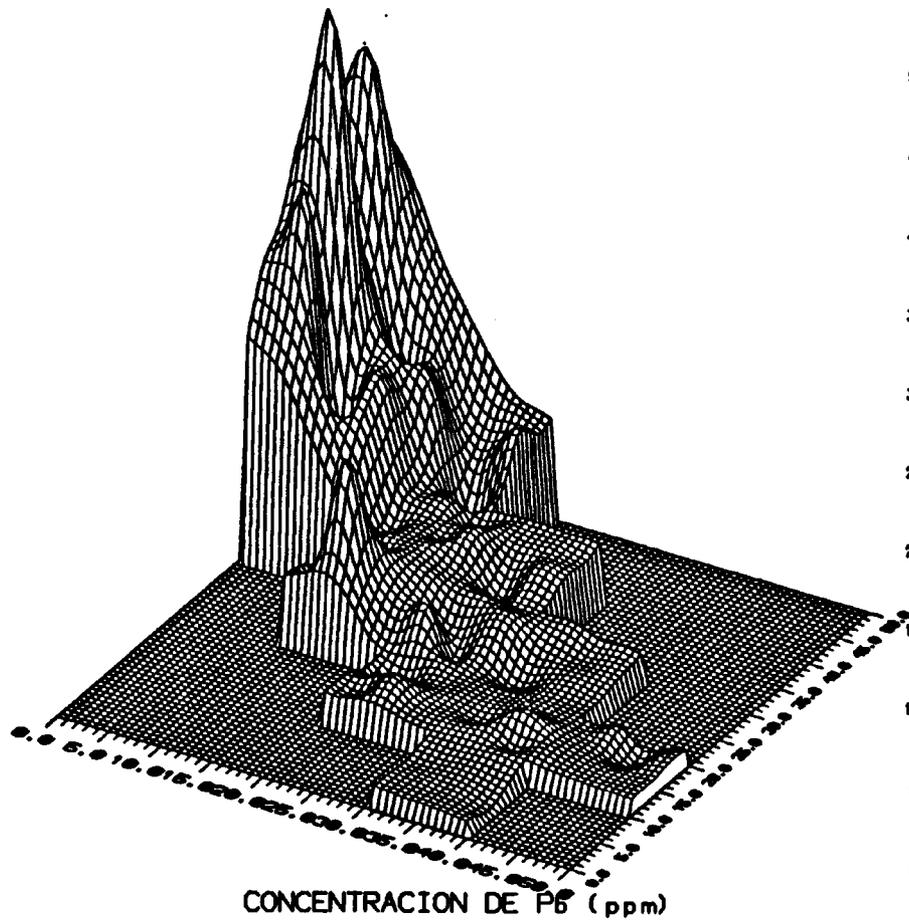


CONCENTRACION DE NT ( ppm)

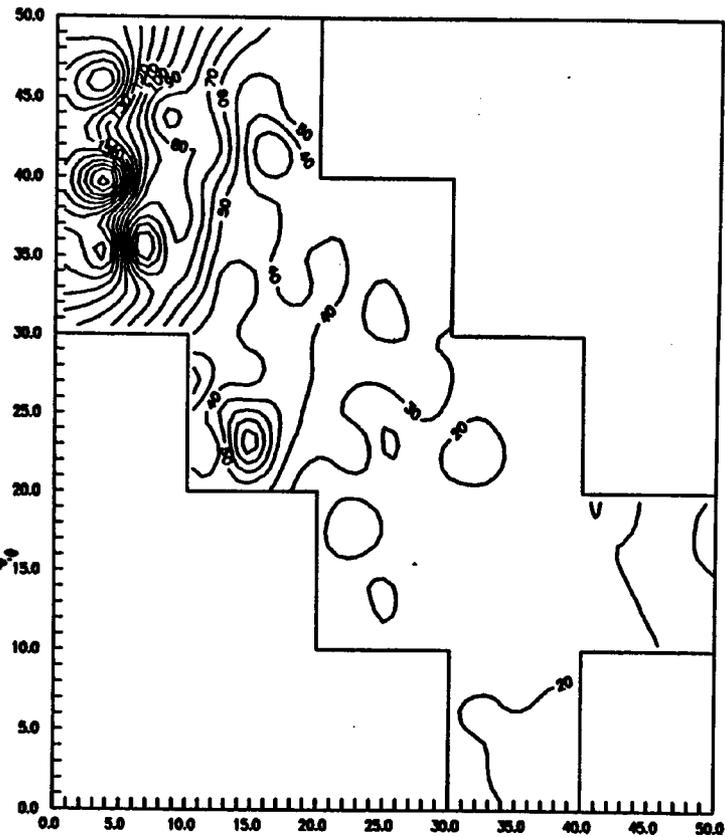
CONTENIDO EN Ni (ppm)

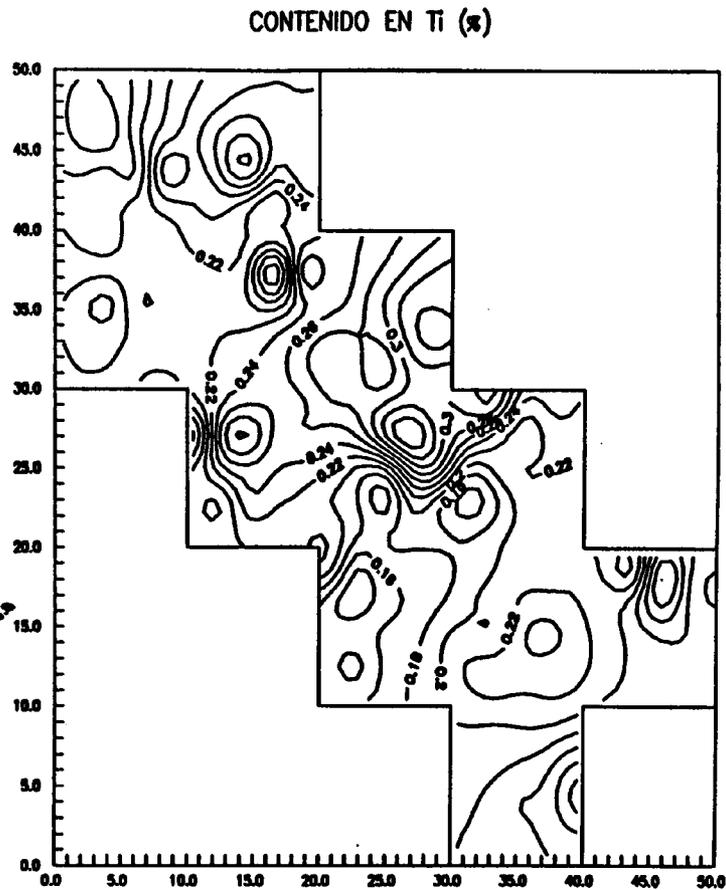
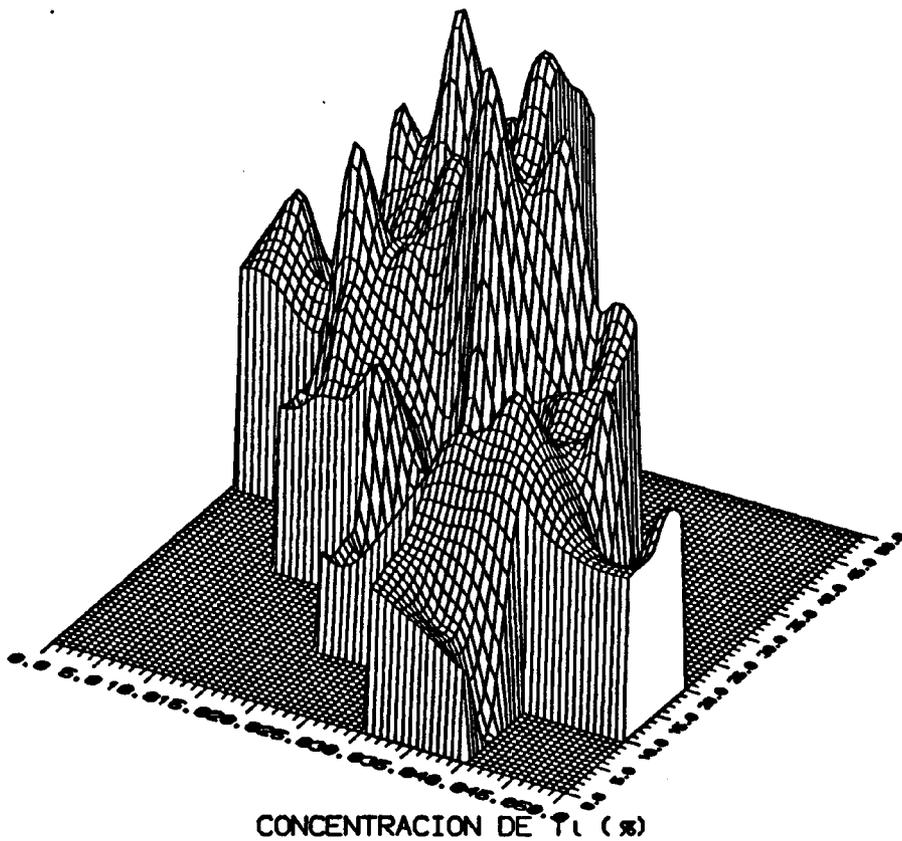


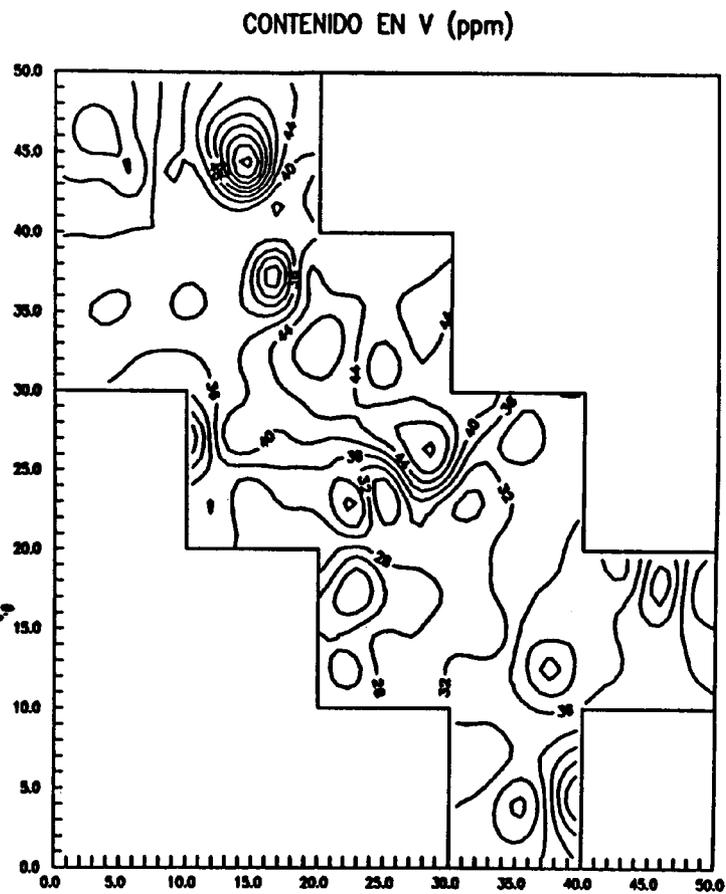
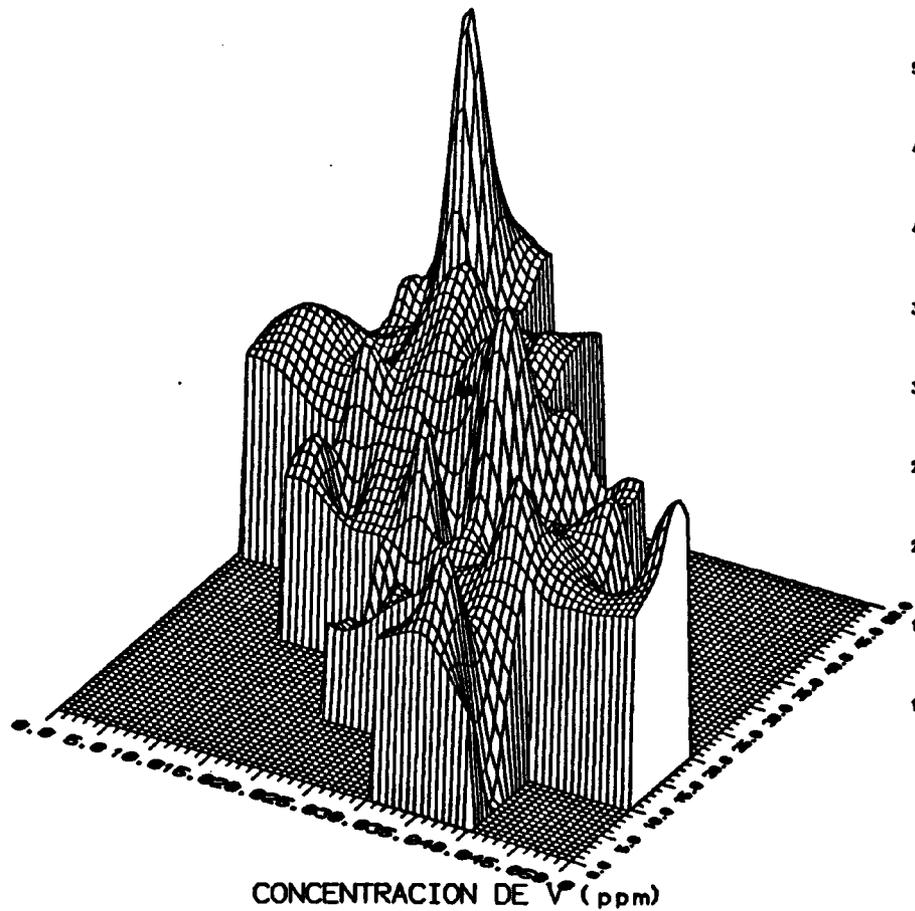


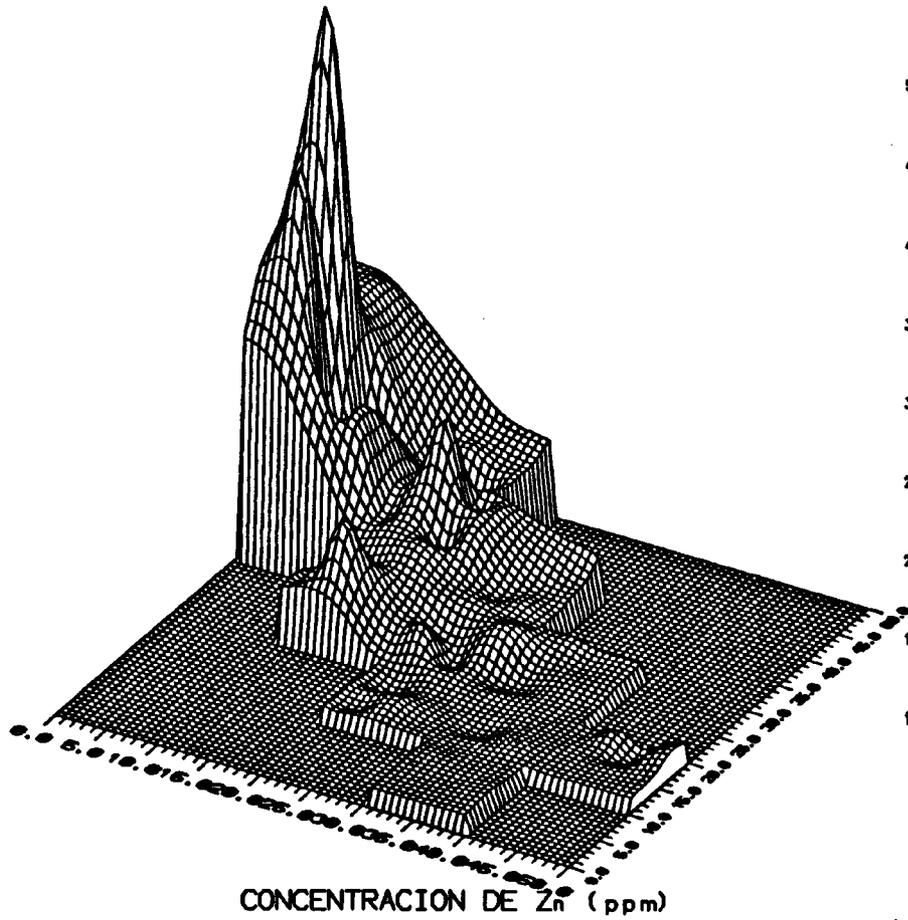


CONTENIDO EN Pb (ppm)



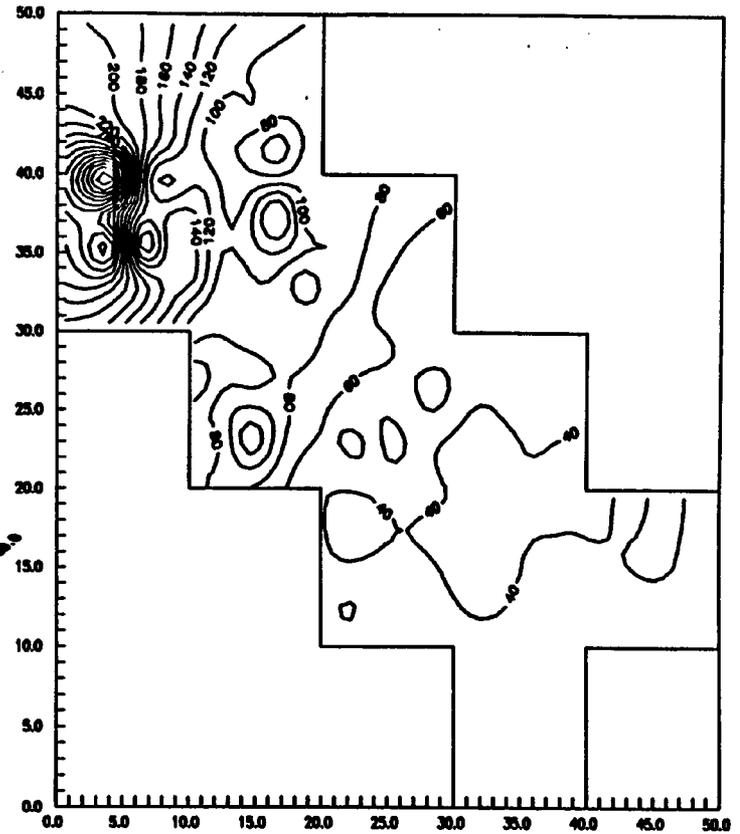






CONCENTRACION DE Zn (ppm)

CONTENIDO EN Zn (ppm)



#### 4.2. Variabilidad de los datos. Diseño del muestreo para la 2ª Fase.

El análisis de la varianza se lleva a cabo tras una transformación logarítmica de los datos, destinada a reducir la asimetría del conjunto de los mismos. La varianza estimada correspondiente a cada uno de los niveles aparece reflejada en la Tabla 1.

	AREA	SECTOR	MUESTRA	DUPLICACION	
				CAMPO	LABORATORIO
Ag	0.02248	0.00265	0.02217	0.00000	0.00625
Ba	0.00727	0.00267	0.00578	0.00000	0.00094
Be	0.01557	0.00337	0.00923	0.00000	0.00258
Co	0.00000	0.00241	0.01689	0.00091	0.00204
Cr	0.00269	0.01072	0.02514	0.00000	0.00144
Cu	0.07255	0.03279	0.04155	0.00000	0.00254
Mn	0.00499	0.00498	0.01496	0.00000	0.00167
Nb	0.00000	0.00118	0.00150	0.00000	0.00012
Ni	0.00103	0.00660	0.00000	0.01229	0.00773
P	0.04182	0.00666	0.02927	0.00010	0.00096
Pb	0.07658	0.01753	0.03313	0.00000	0.00211
V	0.00100	0.00000	0.02932	0.00000	0.00091
Y	0.00594	0.00460	0.01485	0.00032	0.00124
Zn	0.06148	0.01971	0.01731	0.00000	0.00119

Tabla 1 : Análisis de la Varianza

De los resultados expuestos, se deduce, en primer lugar, que los métodos de toma de muestras y de preparación y análisis de las mismas no introducen una componente significativa en la varianza total asociada a los datos, lo que valida su empleo.

En segundo lugar, la distribución de varianza entre los diferentes niveles sugiere que existan dos tipos de comportamiento entre los elementos traza estudiados:

\* (Ag) - Ba - Be - Cu - P - Pb - Zn :

La mayor contribución a la varianza total de los resultados es la del nivel de AREA.

Parece, en una primera impresión, que responden a modelos de movilización de suficiente alcance a partir de la fuente.

\* Co - Cr - Mn - (Nb) - V - Y :

El nivel de MUESTRA acapara el mayor porcentaje de la varianza total. Son elementos que presentan una distribución bastante homogénea en todos los terrenos, mostrando algún enriquecimiento puntual con movilización de pequeña escala alrededor del foco, insuficiente para ser detectada a distancias superiores a las que separan las muestras dentro de cada sector.

El Ni, a diferencia del resto de los elementos, presenta el mayor porcentaje de varianza asociado a las duplicaciones en campo. Este hecho sugiere, no que existan inconvenientes en el procedimiento de toma de muestras, sino que en la distribución de concentraciones de Ni se pone de manifiesto un "efecto de pepita" o de variación puntual.

En la determinación de los elementos Ag y Nb podría ocurrir que el límite de detección no hubiera sido lo suficientemente bajo para ser adecuado a las concentraciones encontradas en este estudio.

Para evaluar la importancia de los términos de varianza introducidos por cada uno de los distintos niveles geográficos del estudio se recurre al cálculo del denominado "ratio de varianza", R, (cociente entre la varianza estimada asociada al nivel superior y la suma de las asociadas al resto de niveles).

Cuanto mayor es el ratio, más significativa es la componente regional de la varianza y más reproducible es el mapa de baja resolución que se prepare. En este caso, las unidades elegidas en el diseño del muestreo como base del mapa son homogéneas y significativamente diferentes entre sí. Cuando, por el contrario, el ratio es pequeño, el mapa de isolíneas que utiliza los valores medios de cada AREA como unidad de representación gráfica no resulta adecuado debido a la importante contribución de la varianza a pequeña escala.

El ratio de varianza definido puede relacionarse con la distribución F-Fischer según:

$$F_{1,2n-2} = 1 + nR \quad (1)$$

Ello permite determinar el número efectivo,  $n$ , de muestras que deben tomarse al azar dentro de cada AREA para distinguir las diferencias de composición entre dos de ellas a un determinado nivel de significación.

En la Tabla 2 se presentan los valores de  $n$  obtenidos para los diferentes elementos analizados y para dos niveles de significación, del 80% y del 95%, determinados a partir de la representación gráfica de la expresión (1), según aparece recogida por MIESCH (Ref. 3).

<u>Elemento</u>	<u>n (95%)</u>	<u>n(80%)</u>
Ag	6	3
Ba	6	3
Be	5	3
Co	-	-
Cr	-	-
Cu	5	3
Mn	14	5
Nb	-	-
Ni	-	-
P	5	3
Pb	4	2
V	-	-
Y	12	4
Zn	4	2

**Tabla 2 : Número de muestras para cada elemento.**

Es obvio que los patrones de distribución de concentraciones de los catorce elementos traza analizados no son coincidentes, en muchos casos, siquiera similares. Debido a ello no es posible definir un plan de muestreo común.

\* Para los elementos Co, Cr y V no resulta adecuado el tamaño de unidad base elegido para la elaboración del mapa. El plan de muestreo de la 2ª fase no debería apoyarse en una densidad de muestras mucho más elevada, sino en una cuadrícula base de menor tamaño.

\* Para el resto de elementos, sin considerar Ag, Nb y Ni por las peculiaridades antes mencionadas, se propone un plan de muestreo como el de la Fig. 23:

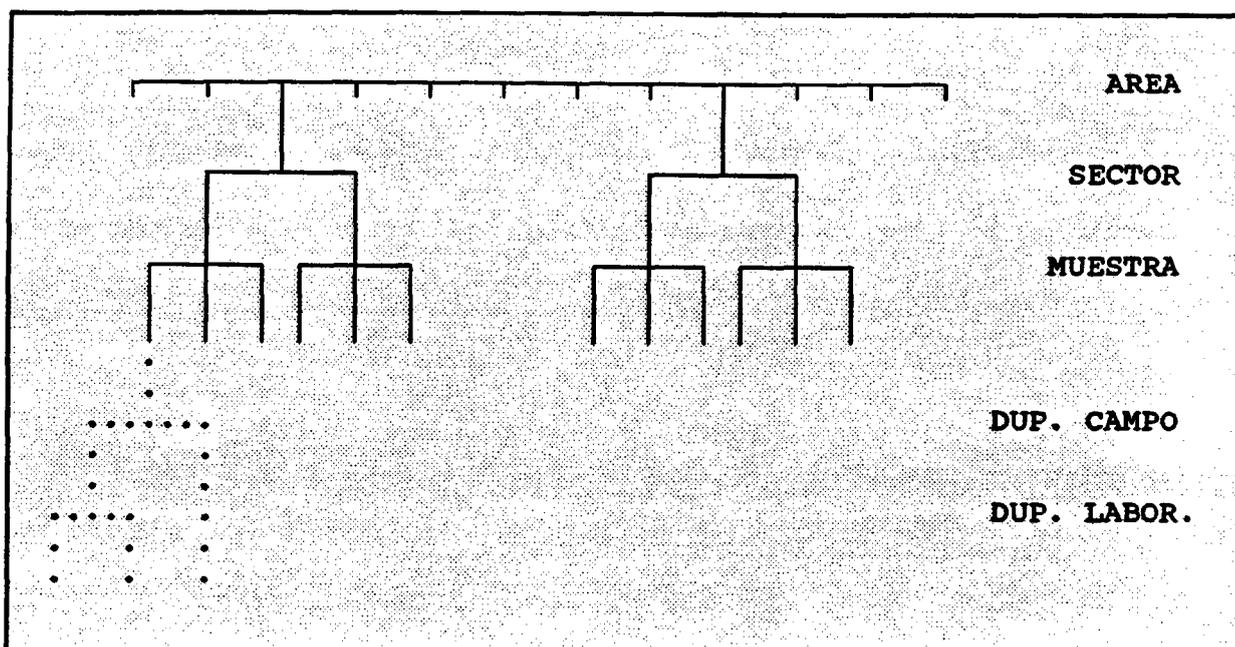


Fig. 23 : Diseño del muestreo de la segunda fase.

La estructura del muestreo se mantiene respecto a la utilizada en la primera fase, con la salvedad de que se toman tres muestras por SECTOR, incrementando, así, la densidad de muestreo a  $n=6$ , y reduciendo la varianza a nivel de MUESTRA, con lo que se reduce la contribución de la variabilidad local o a pequeña escala (segunda en importancia, y, en algunos casos primera, tras la varianza entre AREAS).

Con este diseño, las diferencias de composición entre AREAS quedarán bien reflejadas en el mapa para los elementos:

Ag, Ba, Be, Cu, P, Pb y Zn (para un nivel de confianza en la estimación de  $n$  del 95%), a los que se añaden Mn e Y, para un nivel de confianza del 80%.

#### 4.3. Grupos de suelos. Zonas anómalas.

Para definir una muestra como "anómala" o "contaminada" (anomalía de origen antrópico), ha de caracterizarse, primero, una población homogénea frente a la cual enfrentar dicha muestra. Existen dos problemas fundamentales:

a) La existencia de más de una población natural (una muestra puede parecer anómala frente a una población, simplemente por pertenecer a otra de características diferentes).

b) El rango de variabilidad natural de una población, que hace difícil discernir entre los individuos "normales" que presentan contenidos elevados y las anomalías inducidas por causas ajenas a los procesos naturales.

La combinación de estos dos factores conduce a que los contenidos naturales en elementos pesados en suelos pueden multiplicarse por factores superiores a diez dentro de un mismo país.

##### 4.3.1. Datos originales.

A partir de las Tablas 3 y 4 que presentan, respectivamente, las concentraciones en elementos mayoritarios y traza de las muestras recogidas, se han elaborado las Tablas 5 y 6 en las que se exponen los estadísticos univariantes de media, desviación típica, asimetría y curtosis.

Se debe destacar el hecho de que Cu, Pb y Zn y, en menor proporción, Ag, Cr y P, presentan elevados valores de desviación estándar. Este hecho, junto con el conocimiento geoquímico de la zona, permite suponer que el conjunto original de datos no proviene de un único "background" homogéneo, sino de varias poblaciones con características diferentes respecto al contenido de metales en suelos.

Muestras	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	Ti
1	7.49	2.06	2.01	2.71	0.53	1.28	0.15
2	5.87	1.80	1.67	2.50	0.46	1.21	0.14
3	6.61	3.25	2.02	2.44	0.75	1.29	0.18
4	8.23	2.77	2.89	2.95	1.17	1.56	0.28
5	6.94	0.67	1.85	2.95	0.69	1.10	0.24
6	6.52	3.40	3.79	4.26	1.15	0.53	0.35
7	3.94	3.68	1.81	1.88	0.87	0.35	0.28
8	4.6	12.47	1.61	2.09	0.67	0.50	0.20
9	7.32	3.40	3.87	2.93	1.27	1.06	0.25
10	6.12	3.62	2.36	2.18	1.78	0.90	0.19
11	6.9	1.02	2.16	2.91	1.38	1.18	0.21
12	4.93	12.58	1.95	3.25	0.65	0.47	0.20
13	1.94	28.00	0.90	0.58	1.18	0.14	0.06
14	6.51	1.90	2.51	2.73	0.84	0.70	0.32
15	6.06	11.00	2.83	1.81	1.31	0.24	0.19
16	6.07	5.84	2.39	2.46	0.90	0.52	0.27
17	6.61	4.73	2.71	2.44	0.61	0.47	0.35
18	4.88	12.00	1.56	1.93	0.74	0.32	0.26
19	6.36	0.90	2.36	2.59	0.55	0.61	0.34
20	6.05	0.69	2.24	2.49	0.45	0.58	0.35
21	3.69	18.77	1.31	1.22	2.46	0.28	0.13
22	5.56	3.03	2.26	2.47	0.85	0.61	0.32
23	6.27	2.23	1.64	2.85	0.56	1.38	0.24
24	5.00	8.42	1.96	1.74	1.61	0.41	0.17
25	6.69	0.50	2.61	2.61	0.44	0.54	0.38
26	6.8	7.00	2.75	2.15	0.41	0.36	0.33
27	2.8	19.00	0.96	1.17	0.53	0.18	0.13
28	4.54	16.34	1.91	1.65	1.49	0.15	0.18
29	5.72	5.27	2.14	2.19	0.46	0.48	0.34
30	4.05	15.10	1.52	1.53	0.92	0.27	0.20
31	3.4	20.00	1.23	1.28	0.59	0.18	0.14
32	3.15	18.30	1.16	1.36	0.67	0.28	0.15
33	2.23	17.73	0.65	1.02	1.48	0.24	0.11
34	4.21	13.01	1.47	1.85	1.01	0.41	0.24
35	4.67	15.48	1.90	1.63	1.47	0.21	0.18
36	2.82	20.40	1.00	1.04	0.98	0.19	0.12
37	3.76	13.02	1.33	1.48	0.36	0.30	0.20
38	4.26	12.15	1.76	1.51	0.37	0.26	0.24
39	4.8	9.03	1.78	1.79	0.54	0.38	0.26
40	5.14	13.47	2.05	1.72	0.56	0.24	0.23
41	4.43	14.10	1.75	1.51	0.35	0.18	0.23
42	5.03	10.63	1.87	1.94	0.57	0.37	0.24
43	2.3	16.57	0.89	0.79	0.65	0.11	0.09
44	4.61	12.72	2.12	1.56	1.91	0.23	0.21
45	4.23	14.73	1.71	1.42	1.84	0.23	0.20
46	3.84	14.87	1.44	1.43	1.25	0.27	0.18
47	2.35	16.60	0.87	1.22	2.45	0.12	0.11
48	3.95	14.81	1.75	1.53	1.70	0.09	0.16

Tabla 3 : Concentraciones de los elementos mayoritarios.

muestra	Ag	Ba	Be	Co	Cr	Cu	Mn	Nb	Ni	P	Pb	V	Y	Zn
1	1.4	380	4	5	54	53	374	10	29	2047	152	28	21	201
2	1.6	351	4	5	21	73	275	10	17	2668	199	25	17	202
3	1.8	302	4	5	78	47	401	12	21	1716	97	28	21	183
4	0.8	339	5	7	25	32	561	19	29	955	61	41	28	148
5	0.5	386	3	7	24	20	472	11	10	435	88	33	22	72
6	0.5	336	4	13	42	27	557	16	21	471	38	79	19	102
7	0.5	400	2	7	35	17	272	10	15	566	61	39	14	89
8	0.5	315	2	5	22	9	235	10	11	417	16	34	13	43
9	1.2	461	4	8	84	114	564	12	26	1286	155	41	24	354
10	3.0	476	4	8	88	263	492	12	22	2086	225	36	19	485
11	0.8	337	4	6	23	28	399	12	10	1077	84	36	22	90
12	0.5	314	3	6	21	16	408	10	10	586	27	40	17	67
13	1.3	287	1	3	22	143	133	10	11	548	45	11	5	196
14	0.5	441	2	8	36	14	411	10	16	782	27	50	20	64
15	0.6	385	3	9	54	37	351	10	34	2205	58	56	13	145
16	0.5	408	2	9	36	17	366	10	18	754	36	48	17	63
17	0.5	448	3	9	38	18	416	11	19	617	38	50	25	68
18	0.5	345	2	5	31	12	179	10	47	517	22	35	18	54
19	0.5	420	3	8	34	13	355	11	17	484	38	45	23	54
20	0.5	403	3	8	33	11	359	11	15	391	36	44	22	51
21	0.5	250	2	4	20	10	298	10	12	594	14	21	12	44
22	0.5	507	2	9	34	15	369	10	17	735	34	46	19	69
23	3.5	414	3	6	44	43	285	10	16	1041	100	26	26	148
24	0.5	297	2	8	28	18	519	10	14	1017	33	37	13	75
25	0.5	435	3	10	41	12	507	12	25	441	34	51	26	60
26	0.5	484	3	10	45	19	402	11	21	467	36	59	21	72
27	0.5	330	2	4	16	8	172	10	10	344	15	19	9	29
28	0.5	241	2	6	32	18	299	10	18	1121	39	41	12	65
29	0.5	358	2	9	31	11	329	11	15	426	30	42	20	51
30	0.5	303	2	6	23	9	261	10	11	531	22	28	13	41
31	0.5	252	2	4	20	8	154	10	10	341	18	25	9	31
32	0.5	361	2	5	20	8	217	10	11	480	15	27	10	33
33	0.5	182	1	2	12	8	154	10	10	390	11	13	8	29
34	0.5	296	2	6	22	8	225	10	11	376	20	30	16	37
35	0.5	301	2	7	29	30	274	10	18	1353	39	35	12	59
36	0.7	227	2	5	16	9	157	10	10	527	21	19	9	35
37	0.5	244	2	6	23	11	205	10	13	433	20	28	13	34
38	0.5	262	2	8	28	8	277	10	16	407	25	35	15	39
39	0.5	293	2	7	29	8	285	10	16	403	35	37	17	42
40	0.5	311	2	6	33	11	334	10	17	315	19	47	16	46
41	0.5	247	2	8	30	9	304	10	19	342	20	41	14	38
42	0.5	314	2	7	30	10	304	10	20	401	22	39	17	45
43	0.5	198	1	4	13	9	176	10	10	245	11	22	7	27
44	0.7	309	2	7	30	14	399	10	19	555	22	46	14	56
45	0.5	277	2	7	26	10	306	10	14	489	22	32	14	45
46	0.5	270	2	5	26	9	237	10	23	403	18	28	14	45
47	0.5	161	1	4	17	18	227	10	10	1369	15	16	9	47
48	0.5	194	2	7	31	13	271	10	16	462	19	41	11	44

Tabla 4 : Concentraciones de los elementos traza.

Respecto a la normalidad de los datos cabe señalar que, si bien para la mayoría de los elementos mayoritarios se cumple esta hipótesis (0.71 para la asimetría y 1.41 para la curtosis, al 95%), no ocurre así para los elementos traza. Con ellos se lleva a cabo una transformación logarítmica que reduce significativamente la asimetría y, especialmente, la curtosis. De ahí que para los análisis estadísticos de los elementos traza que requieran hipótesis de normalidad de los datos se recurrirá a los valores logarítmicos en lugar de los originales.

	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	Ti
<b>MEDIA</b>	5.00	9.98	1.90	1.99	0.97	0.50	0.22
<b>DESV. TIPICA</b>	1.55	6.88	0.68	0.73	0.54	0.38	0.08
<b>ASIMETRIA</b>	-0.11	0.24	0.68	0.53	1.03	1.23	0.22
<b>CURTOSIS</b>	-0.87	-0.90	0.81	0.25	0.33	0.35	-0.80

Tabla 5 : Media, Desviación típica, Asimetría y Curtosis de las concentraciones de los elementos mayoritarios.

	Ag	Ba	Be	Co	Cr	Cu	Mn	Nb	Ni	P	Pb	V	Y	Zn
<b>MEDIA</b>	0.73	330.2	2.4	6.5	32.2	27.6	323.4	10.6	17.0	762.8	46.4	36.0	16.1	85.7
<b>DESV. TIPICA</b>	0.61	83.23	0.90	2.06	16.20	43.46	114.5	1.61	7.22	560.8	47.46	12.71	5.49	85.77
<b>ASIMETRIA</b>	3.19	0.13	0.80	0.39	1.87	3.85	0.39	3.70	1.79	1.74	2.24	0.57	0.15	2.86
<b>CURTOSIS.</b>	10.20	-0.68	0.10	0.50	3.61	16.34	-0.63	14.80	4.45	2.25	4.53	1.18	-0.80	9.07

Tabla 6 : Media, Desviación típica, Asimetría y Curtosis de las concentraciones de los elementos traza.

#### 4.3.2. Definición de poblaciones homogéneas.

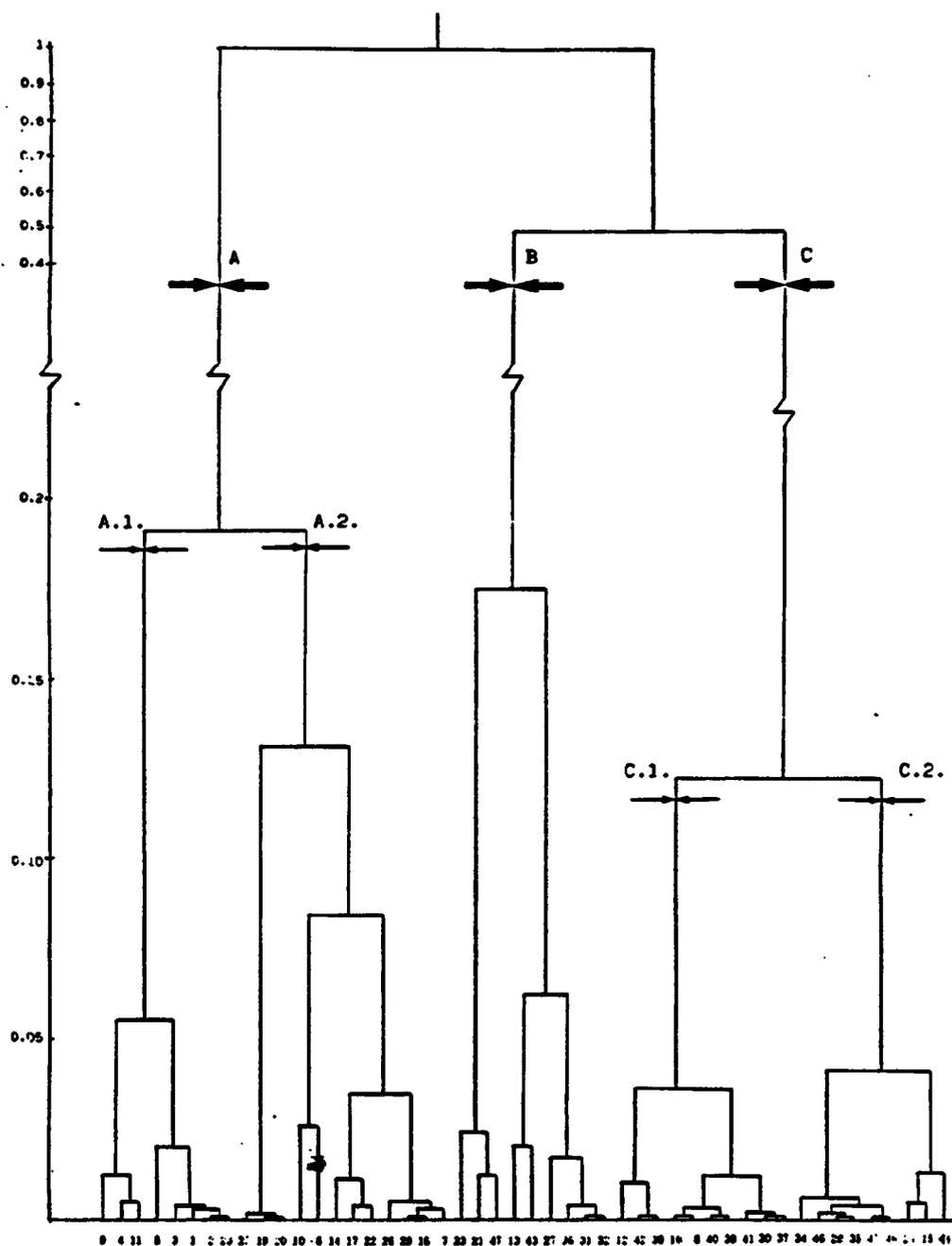
Como se ha mencionado anteriormente, los elevados valores de desviación estándar que presentan varios de los elementos analizados, y la diversidad de sustratos geológicos presentes en la zona de estudio conducen a pensar que existe más de un tipo geoquímico de suelo.

Es importante asignar las muestras recogidas a los diferentes suelos que se definan, ya que una proporción elevada de su contenido en metales traza está asociada a la composición mineralógica y química inherente a cada clase de suelo. Estos contenidos naturales constituyen el "background" frente al cual se han de definir las posibles contaminaciones existentes.

Para la definición de los grupos se ha recurrido a las concentraciones de elementos mayoritarios, por reflejar ellas las características geoquímicas del suelo. Desde el momento que se trabaja con siete variables (concentraciones de Al, Ca, Fe, K, Mg, Na y Ti), la caracterización en grupos debe llevarse a cabo mediante técnicas estadísticas multivariantes. En este trabajo se ha recurrido al Análisis de Agrupamiento, Partición Directa en Grupos y Análisis Discriminante.

En primer lugar se realiza un Análisis de Agrupamiento ("Cluster Analysis") de los individuos. El paquete estadístico utilizado emplea, como técnica de agrupamiento, el método Jerárquico Ascendente o Aglomerativo, en el cual se parte de tantos grupos como individuos y se va fusionando en cada paso aquellos dos grupos (o individuos) que sean más próximos hasta llegar a un grupo único.

En la Fig. 24 se presenta la salida gráfica del Análisis de Agrupamiento aplicado a las concentraciones de elementos mayoritarios.



**A.1. : 1, 2, 3, 4, 5, 9, 11 y 23.**

**A.2. : 6, 7, 10, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 25, 26 y 29**

**B : 13, 21, 27, 31, 32, 33, 36, 43 y 47.**

**C.1. : 8, 12, 18, 30, 37, 38, 39, 40, 41 y 42.**

**C.2. : 15, 24, 28, 34, 35, 44, 45, 46 y 48.**

**Fig. 24. Análisis de Agrupamiento.**

Se observa la aparición de tres grandes grupos al cortar por el nivel I: A, B y C.

- El Grupo A está constituido por las muestras que presentan los más altos contenidos en Al, Fe, K, Na y Ti.
- El Grupo B engloba a los individuos con las mayores concentraciones en Ca y Mg.
- Por último, las muestras que componen el Grupo C presentan contenidos intermedios entre los otros dos grupos para todas las variables.

La Fig. 24 parece, sin embargo, sugerir que deberían subdividirse los Grupos A y C por el nivel II, dando lugar a una clasificación en cinco grupos: A1, A2, B, C1 y C2.

- Los individuos del Grupo A1 presentan las mayores concentraciones de Al, K y Na del conjunto de las muestras, mientras que el Grupo A2 ha recogido los mayores contenidos en Fe y Ti.
- Los dos grupos derivados del Grupo C, o intermedio, repiten la estructura inicial: el Grupo C1 manifiesta las concentraciones más elevadas en Al, Fe, K, Na y Ti (afinidad con el Grupo A original), mientras que el C2 lo hace en Ca y Mg (afinidad con el Grupo B original).

Una vez visto que las muestras se estructuran en cinco grupos, se realiza un análisis de agrupamiento ligeramente diferente: **Partición Directa en K-Grupos**, que realiza una clasificación de los individuos en un número predeterminado de conjuntos, de forma tal que maximiza la verosimilitud de los parámetros de pertenencia a los grupos. En el caso de distribuciones multivariantes multinormales este criterio conduce a asignar, en cada paso, las observaciones a aquel grupo cuyo centro de gravedad esté más próximo, de modo que se minimice el

determinante de la matriz de varianzas-covarianzas internas. Tal operación se realiza iterativamente hasta que no se produzca ningún cambio de asignación de los individuos.

Además de para cinco grupos, este análisis se ha llevado a cabo con dos, tres y cuatro grupos de partida, a fin de observar como los cinco conjuntos finales adoptados se han ido segregando, por sucesivas subdivisiones, dentro de los grupos definidos en cada análisis anterior. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 7, en la que la clasificación final para cinco grupos aparece en la última columna.

muestra	grupos			
1	2	2	4	4
2	2	2	4	4
3	2	2	4	4
4	2	2	4	4
5	2	2	4	4
6	2	2	2	2
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	2	2	4	4
10	2	2	4	4
11	2	2	4	4
12	2	1	1	1
13	1	3	3	3
14	2	2	2	2
15	1	1	1	1
16	2	2	2	2
17	2	2	2	2
18	1	1	1	1
19	2	2	2	2
20	2	2	2	2
21	1	3	3	5
22	2	2	2	2
23	2	2	4	4
24	1	1	1	5
25	2	2	2	2
26	2	2	2	2
27	1	3	3	3
28	1	3	3	5
29	2	2	2	2
30	1	1	1	1
31	1	3	3	3
32	1	3	3	3
33	1	3	3	3
34	1	1	1	1
35	1	3	3	5
36	1	3	3	3
37	1	1	1	1
38	1	1	1	1
39	1	1	1	1
40	1	1	1	1
41	1	1	1	1
42	1	1	1	1
43	1	3	3	3
44	1	3	3	5
45	1	3	3	5
46	1	3	3	5
47	1	3	3	5
48	1	3	3	5

Tabla 7 : Partición en 5 grupos.

Las clasificaciones ofrecidas por el Análisis de Agrupamiento y la Partición Directa en K-Grupos son prácticamente coincidentes, excepto para 6 de los 48 individuos involucrados, los cuales cambian siempre, de todos modos, entre grupos contiguos o afines. La clasificación finalmente adoptada ha sido la de Partición Directa, técnica que, a diferencia del Análisis de Agrupamiento, sí maximiza la inercia entre los grupos generados. Sobre estos resultados se caracterizan los tipos geoquímicos de suelos y las anomalías presentes en cada tipo.

El Análisis Discriminante, que se explica en el siguiente apartado de este informe, apoya esta decisión al reclasificar tres muestras (6.25% del total) para las agrupaciones definidas por el Análisis de Agrupamiento, y una sola (2.08% del total) para las resultantes de la Partición Directa (Tablas 8 y 9, matrices de clasificación).

GRUPO	Numero de individuos clasificados en cada grupo					eficacia %
	A1	A2	B	C1	C2	
A1	8	0	0	0	0	100
A2	1	11	0	0	0	92
B	0	0	8	0	1	89
C1	0	0	0	10	0	100
C2	0	0	0	1	8	89
total	9	11	8	11	9	94

Tabla 8 : Matriz de clasificación para el Análisis de Agrupamiento.

Numero de individuos clasificados en cada grupo						eficacia
GRUPO	A1	A2	B	C1	C2	%
A1	9	0	0	0	0	100
A2	0	10	0	0	0	100
B	0	0	7	0	0	100
C1	0	0	0	12	1	92
C2	0	0	0	0	9	100
total	9	10	7	12	10	98

Tabla 9 : Matriz de clasificación para la Partición en 5 grupos.

#### 4.3.3. Clasificación en grupos significativamente diferentes.

Una vez definidos los grupos de suelos, es necesario comprobar que, desde un punto de vista estadístico, son significativamente diferentes. Para ello se recurre a plantear una **Hipótesis lineal general multivariante** mediante un modelo de regresión en el que las variables dependientes son las concentraciones de elementos mayoritarios (variables utilizadas en la clasificación) y las independientes son cinco vectores de 1 y 0 que indican a qué grupo pertenece cada individuo.

La hipótesis nula planteada es que todos los grupos son iguales y el test de significación empleado se realiza a partir de la  $\Lambda$  de Wilks, aproximada mediante una F-Fischer. Se comprueba que, efectivamente, la hipótesis nula es rechazada siendo, por tanto, los cinco grupos diferentes.

#### 4.3.4. Caracterización de los grupos.

La caracterización de cada tipo de suelo definido se basa en la información geoquímica recogida en las diferentes estaciones durante el muestreo; en los valores medios, para cada grupo, de concentración de los elementos analizados; en los resultados de los análisis por Difractometría de Rayos-X realizados sobre muestras representativas de cada grupo; en los ejes resultantes del Análisis de Componentes Principales; y en el proceso de elaboración de reglas de discriminación, mediante la técnica de Análisis Discriminante.

El Análisis Discriminante permite delimitar con nitidez la composición de grupos de individuos previamente definidos (en nuestro caso, por el Análisis de Agrupamiento y el de Partición Directa). Para ello se selecciona una serie de variables, denominadas discriminantes, a partir de las cuales se generan reglas de clasificación, que no son sino funciones de tales variables (funciones discriminantes). El método que

utiliza el programa empleado en este estudio es el de las Funciones Discriminantes Lineales de Fisher, y persigue que los promedios de cada grupo sean lo más diferentes entre sí, al tiempo que la desviación interna en cada grupo respecto a su promedio sea mínima.

El objetivo principal del Análisis Discriminante es facilitar la asignación de nuevos individuos a grupos previamente definidos, mediante las reglas de clasificación que se generen. En este estudio tal función no juega un papel importante, pero sí lo hará en el caso de ampliarse la investigación, al incorporarse nuevas muestras que deberán ser clasificadas.

Ya se ha visto anteriormente la ayuda que el Análisis Discriminante presta en la definición de grupos de suelos. Su contribución a la caracterización de los mismos no es esencial, pero sí permite obtener atisbos acerca de las diferencias entre grupos similares o no fácilmente discernibles si se atiende, únicamente, a sus concentraciones medias. En efecto, las variables discriminatorias que entran en juego son, por este orden, Na, Ti, Mg y Al, y ellas son, por tanto, las que mejor explican la clasificación que se ha adoptado.

Para observar esto más claramente, resulta interesante representar en dos dimensiones los individuos frente a las dos primeras variables canónicas, la primera definida a partir de las concentraciones de Al y Na, y la segunda a partir de las de Mg y Ti, pero con signo contrario (Fig. 25). Los cinco grupos aparecen bien diferenciados, especialmente al A1:

- El grupo A1 aparece claramente separado de todos los demás, y en particular del A2, por su más alta concentración en Al y Na. En orden de importancia decreciente, tras A1 y A2, se encuentran C1 y C2, con contenidos prácticamente iguales, y el grupo B, en último lugar.

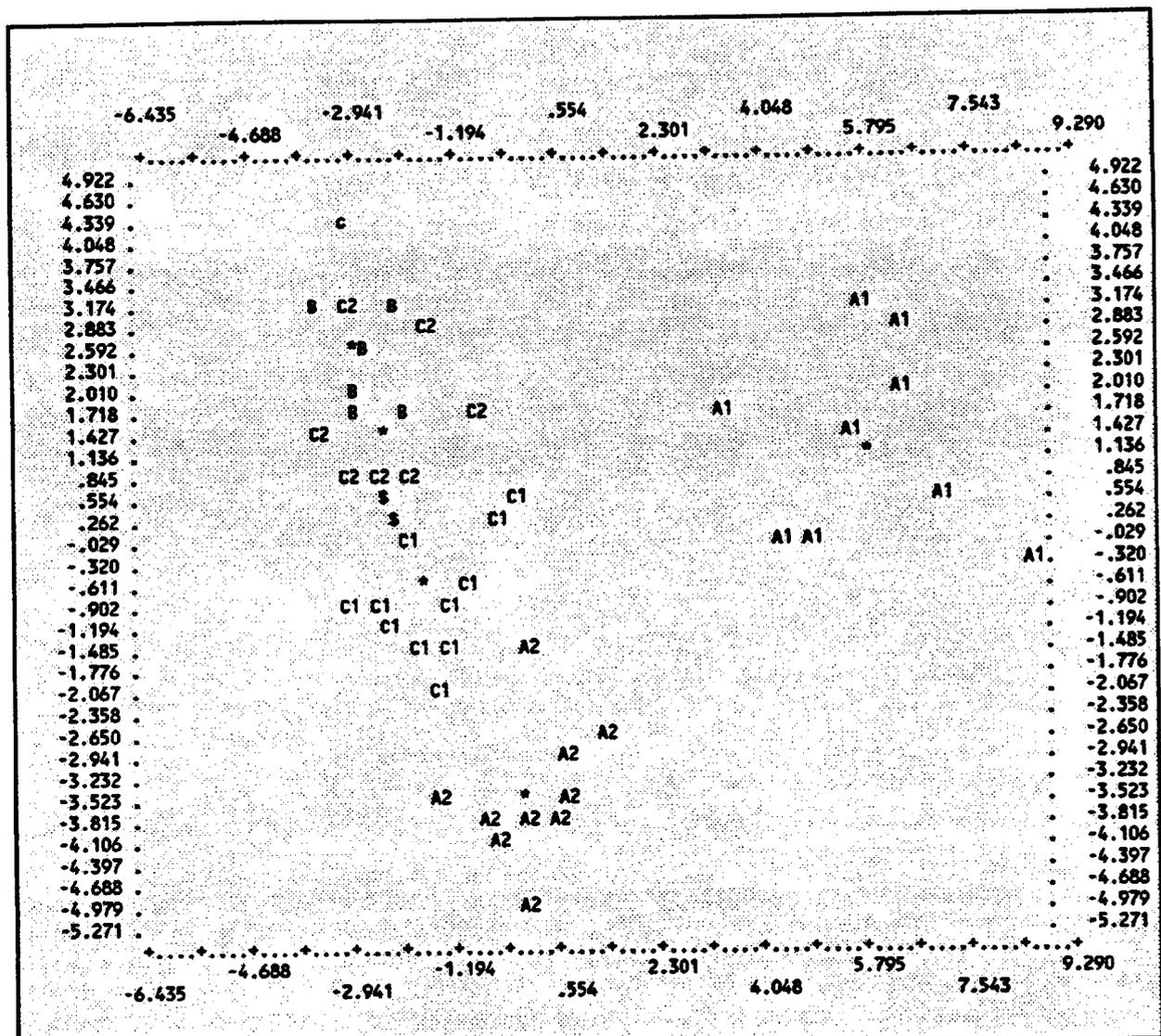


Fig. 25 : Análisis Discriminante.

- Los cinco grupos presentan diferencias menos acusadas respecto a la segunda variable canónica, siendo digno de mención, tan sólo, el hecho de que el grupo B se diferencia de los demás por su más alto contenido en Mg (y menor en Ti), y que el grupo A2 se individualiza frente al resto por su mayor contenido en Ti (y menor en Mg). Los grupos C1 y C2 parecen diferenciarse entre sí debido a la mayor contribución del Mg al segundo de ellos y del Ti al primero.

El Análisis de Componentes Principales busca reducir la dimensionalidad del problema, ajustando al espacio de  $m$  dimensiones (número de variables) un subespacio  $m$ -dimensional que permita

obtener una representación lo más fiel posible de las proximidades existentes dentro de la nube de individuos. Este subespacio es el formado por los  $m$  primeros vectores propios de la matriz de covarianzas, de los cuales se eligen los que presentan una mayor cantidad de varianza explicada. En este trabajo se ha partido de la matriz de correlaciones y se ha llevado a cabo una rotación ortogonal de los ejes.

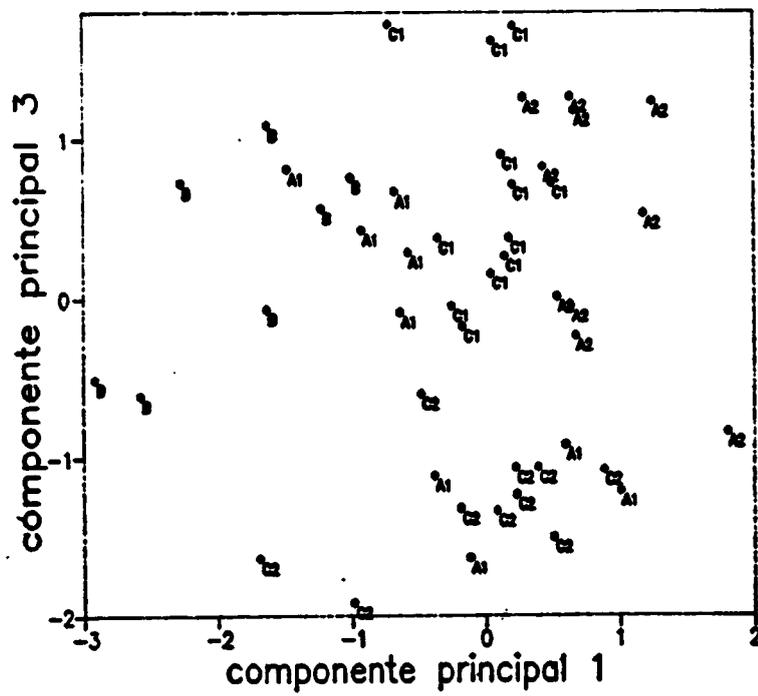
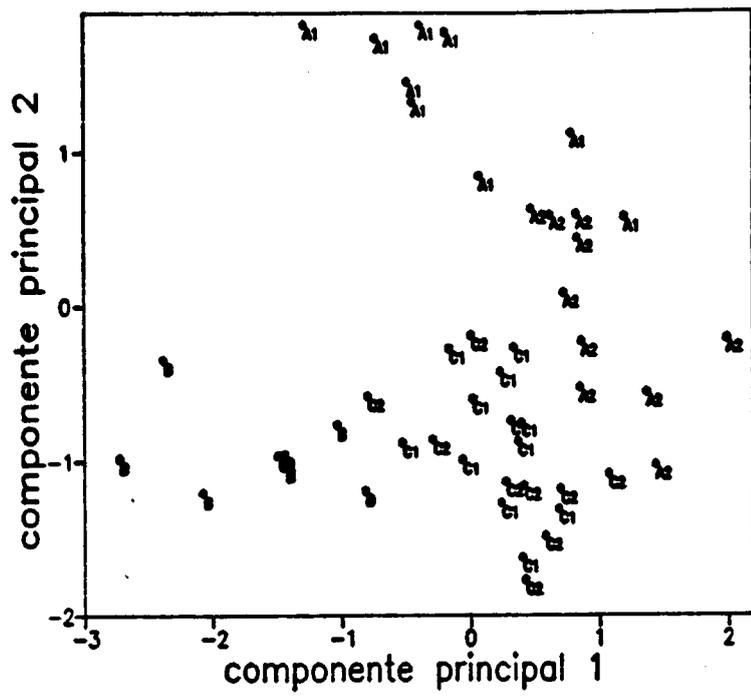
Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 10. Con tres componentes principales se explica ya un 92% de la varianza acumulada, por lo cual parece razonable no proseguir el análisis para un número mayor de componentes principales, y realizar la interpretación a partir de las tres obtenidas. En resumen, puede decirse que la primera componente está constituida por las variables Fe y Ti, la segunda por Ca y Na, pero con pesos de signo contrario, y la tercera por Mg. Las dos variables restantes, Al y K, se reparten entre las dos primeras componentes, con mayor peso en la de Fe-Ti.

COMPONENTES PRINCIPALES			
	1	2	3
Al	.75178	.61241	.05884
Ca	-.34471	-.83480	-.17379
Fe	.90196	.34077	-.05973
K	.69406	.65535	.06893
Mg	-.08875	-.11511	-.98139
Na	.28337	.91887	.06817
Ti	.87276	.23261	.29092
V.E.	2.829	2.529	1.094
P.V.E.	40.416	36.132	15.634
P.A.V.E.	40.416	76.548	92.182

Tabla 10 : Peso de las variables sobre las tres componentes principales.

Esta información ayuda a mejorar la imagen que, en cuanto a la diferenciación relativa de los grupos, ofrece el Análisis Discriminante, al poner de manifiesto las relaciones existen-

tes entre las variables canónicas y el resto de variables. Por otra parte, se puede proceder a la representación de los individuos y las variables en los ejes constituidos por las componentes principales. Así, en la fig. 26 se presenta la distribución de los primeros en las dos primeras componentes principales. Es de notar que el grupo A1 está influenciado por Fe y Ti, mientras que el B se opone al eje 1 y es el más afectado por el Ca. En la fig. 27 se representan los pesos de los individuos sobre las componentes principales primera y tercera. Se observa, de nuevo, que el grupo B se encuentra en oposición al eje 1, mientras que el A2 está afectado por él. Por último, la fig. 28 muestra la proyección sobre las componentes principales segunda y tercera, donde lo más relevante es la situación del grupo A1, claramente afectado por los más altos contenidos en Na y menores en Ca.



Figs. 26 y 27

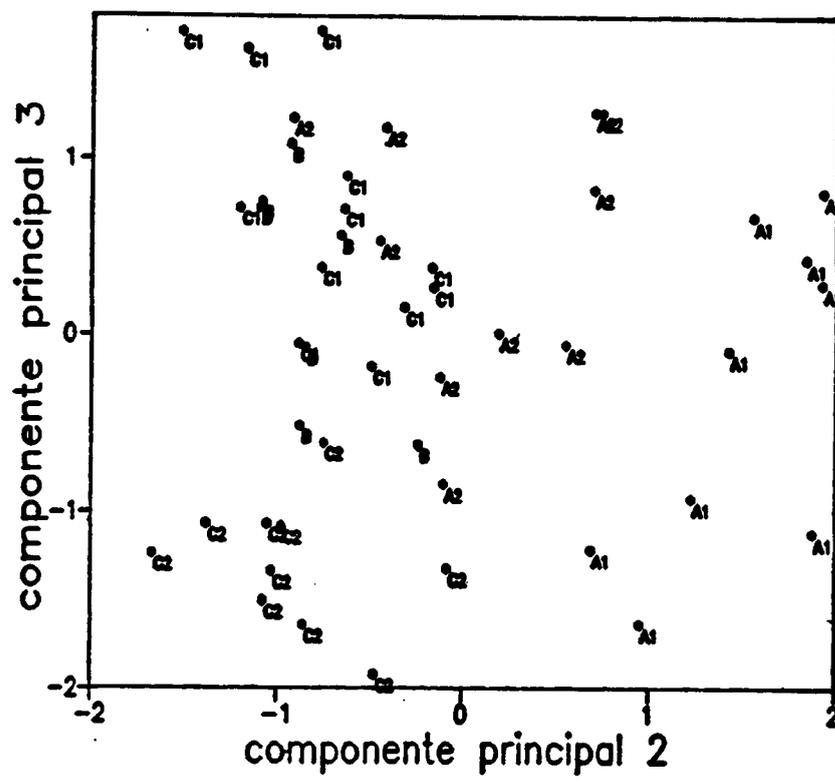


Fig. 28

Los valores medios y desviaciones típicas para cada variable en los diferentes grupos aparecen reflejados en la Tabla 11.

	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	Ti
MEDIA C1	4.50	11.77	1.70	1.87	0.63	0.34	0.23
MEDIA A2	6.29	3.33	2.58	2.64	0.67	0.54	0.34
MEDIA B	2.66	20.00	0.97	1.03	0.87	0.19	0.11
MEDIA A1	6.86	2.31	2.27	2.71	0.95	1.22	0.21
MEDIA C2	4.29	14.37	1.78	1.52	1.75	0.22	0.17
DT C1	0.46	2.98	0.21	0.48	0.22	0.09	0.03
DT A2	0.42	2.32	0.47	0.60	0.25	0.09	0.03
DT B	0.53	3.76	0.19	0.27	0.36	0.06	0.03
DT A1	0.74	1.04	0.71	0.28	0.46	0.19	0.05
DT C2	0.96	2.97	0.52	0.20	0.42	0.09	0.03

Tabla 11 : Media y Desviación típica para los 5 grupos.

Es conveniente recordar, sin embargo, que el objetivo de este trabajo no es un estudio edafológico de la provincia de Madrid y que la caracterización geoquímica, que no pedológica, de grupos de suelos aparece como subproducto de la necesidad de definir anomalías frente a poblaciones homogéneas. Por ello es casi más interesante reflejar las diferencias relativas de composición química, según elementos mayoritarios, entre los diferentes grupos, que sus contenidos medios absolutos. Con esta intención se expresa en la Tabla 12 el orden que ocupa cada grupo, en cuanto a concentración de los diferentes elementos, de mayor a menor.

	1º	2º	3º	4º	5º
Ca	B	C2	C1	A2	A1
Al	A1	A2	C1	C2	B
K	A1	A2	C1	C2	B
Na	A1	A2	C1	C2	B
Mg	C2	A1	B	A2	C1
Fe	A2	A1	C2	C1	B
Ti	A2	C1	A1	C2	B

Tabla 12. Ordenación de contenidos en elementos mayoritarios según grupos (mayor a menor).

Por último, cabe decir que el resultado de los análisis por Difractometría de Rayos-X de las muestras: 3, 10 y 11 del Grupo A1; 6, 17 y 29 del Grupo A2; 27, 32 y 33 del Grupo B; 7, 34 y 39 del Grupo C1; y 28, 35 y 48 del Grupo C2, no aportan una información clara a la hora de intentar caracterizar los diferentes grupos definidos.

Ello es debido, por una parte, a que sólo se han seleccionado tres muestras por grupo, siguiendo el criterio de que las mismas procurasen representar todo el rango de variación de concentraciones dentro del grupo, a fin de facilitar la correlación de contenidos en elementos traza con los obtenidos de los análisis de plantas. De esta manera el carácter medio del grupo queda enmascarado por la composición de las dos muestras que representan los extremos superior e inferior de dicho grupo.

En segundo lugar, ha de recordarse que se ha analizado la fracción menor de  $100\mu\text{m}$ . lo que sesga, en cierto modo, el resultado del análisis de difracción.

Finalmente debe hacerse, de nuevo, hincapié en que la caracterización de los suelos que se ha llevado a cabo tiene un carácter estadístico-geoquímico y no estrictamente mineralógico, como es el caso de los análisis que nos ocupan.

Por todo ello, la única información de utilidad que se ha podido aprovechar ha sido la diferenciación entre los grupos A1-A2 y los otros tres, apoyando las hipótesis planteadas hasta el momento, que separaban los mismos grupos a partir del carácter predominantemente silicatado o calcáreo de unos y otros.

A partir de toda esta información puede llegarse a una caracterización tentativa de los grupos de la siguiente manera:

\* GRUPO A1: Es un grupo constituido por muestras recogidas en parques, jardines, antiguas escombreras, descampados urbanos, etc... Presenta los menores contenidos en Ca, y los mayores en Na, K y Al, destacando la gran diferencia en cuanto a concentración de Na frente a los restantes tipos definidos. Es el grupo mejor individualizado, lo cual confirma que, a diferencia de los demás, no está formado por suelos de origen natural. Esta conclusión se reafirma atendiendo a los superiores contenidos, en las muestras de este grupo, de una gran parte de los elementos traza analizados. Si se ha de etiquetar el grupo A1 de alguna manera, le adjudicaremos el nombre de **SUELOS URBANOS**.

\* GRUPO A2: Constituido, en su mayor parte, por suelos cuaternarios originados a partir de material aluvial y eluvial, de terrazas y lechos fluviales etc... Unas pocas muestras provienen de descampados urbanos e industriales,

y alguna otra de suelos desarrollados a partir de terrenos calcáreos. Se caracterizan por presentar los contenidos medios en Fe y Ti más elevados, los segundos más altos en Na, K y Al, y los segundos más bajos en Ca y Mg. Es un grupo bien definido y que parece representar el carácter silicatado dentro de la clasificación adoptada. Mantiene relación con el grupo A1, separándose nítidamente de los demás, en los que la componente silicatada parece tener menor influencia. Las concentraciones de cationes que lo caracterizan parecen indicar abundancia de óxidos de Fe y Mn, con una composición mineralógica a base de arenas, limos y arcillas, de origen fluvial. Si se ha de etiquetar el grupo A1 de alguna manera, le adjudicaremos el nombre de **SUELOS DETRITICOS**.

\* **GRUPO B:** Formado por muestras recogidas en zonas de yesos o margas yesíferas, y, en menor proporción, en terrenos calizos. Presenta los mayores contenidos en Ca y los menores en el resto de elementos, mayoritarios y traza, excepto Mg. Aparece bien diferenciado, esencialmente por su oposición al carácter silicatado que representa el Grupo A2, aunque mantiene algún punto de conexión con C2. Si se ha de etiquetar de alguna manera al grupo B, le adjudicaremos el nombre de **YESOS**.

\* **GRUPO C1:** Tanto este grupo como el siguiente, C2, no tienen un carácter tan individualizado como los anteriores, sino que se presentan como intermedios entre B y A2. Parece englobar, fundamentalmente, a arcillas de descalcificación y margas. Es, de los grupos B y C, el menos opuesto a lo que hemos denominado "carácter silicatado" y el que mayor concentración de Al, Na, K y Ti presenta de los tres. Dentro de su carácter calcáreo, parece ser un grupo de suelos alterado hacia propiedades arcillosas. Si se ha de etiquetar de alguna manera al grupo C1, le adjudicaremos el nombre de **SUELOS MARGO-ARCILLOSOS**.

\* GRUPO C2: Es el segundo de los dos grupos C y el más similar al de YESOS. De hecho, incorpora alguna muestra definida como tal en campo. Junto a ellas se agrupan limos y arenas aluviales y margas calcáreas, sin que podamos ofrecer una explicación coherente para este hecho, a no ser que, tanto las margas como las arenas finas y lavadas se caractericen geoquímicamente por su bajo contenido en K, Ti, Na y Al. Su individualización frente al C1 viene dada, esencialmente, por la diferencia relativa en el contenido en Mg (C2 el más alto de los cinco grupos, C1 el más bajo). Si se ha de etiquetar de alguna manera al grupo C2, le adjudicaremos el nombre de **SUELOS CALCOARENOSOS**.

Una vez definidos y caracterizados los grupos a los que se ha hecho referencia, es interesante estudiar cómo se alteraría dicha clasificación si, en lugar de establecerla a partir de los contenidos en elementos mayoritarios, se atendiese a los de los elementos traza.

Para ello se lleva a cabo un Análisis Discriminante con los cinco grupos previamente definidos y con las catorce variables correspondientes a los elementos traza analizados. El análisis resultante aparece representado en la Fig. 29. Es interesante señalar que la clasificación en los grupos predefinidos se mantiene exactamente igual que con las concentraciones de elementos mayoritarios a excepción de tres muestras que son reclasificadas de un grupo al contiguo (del grupo C2 al C1, Tabla 13).

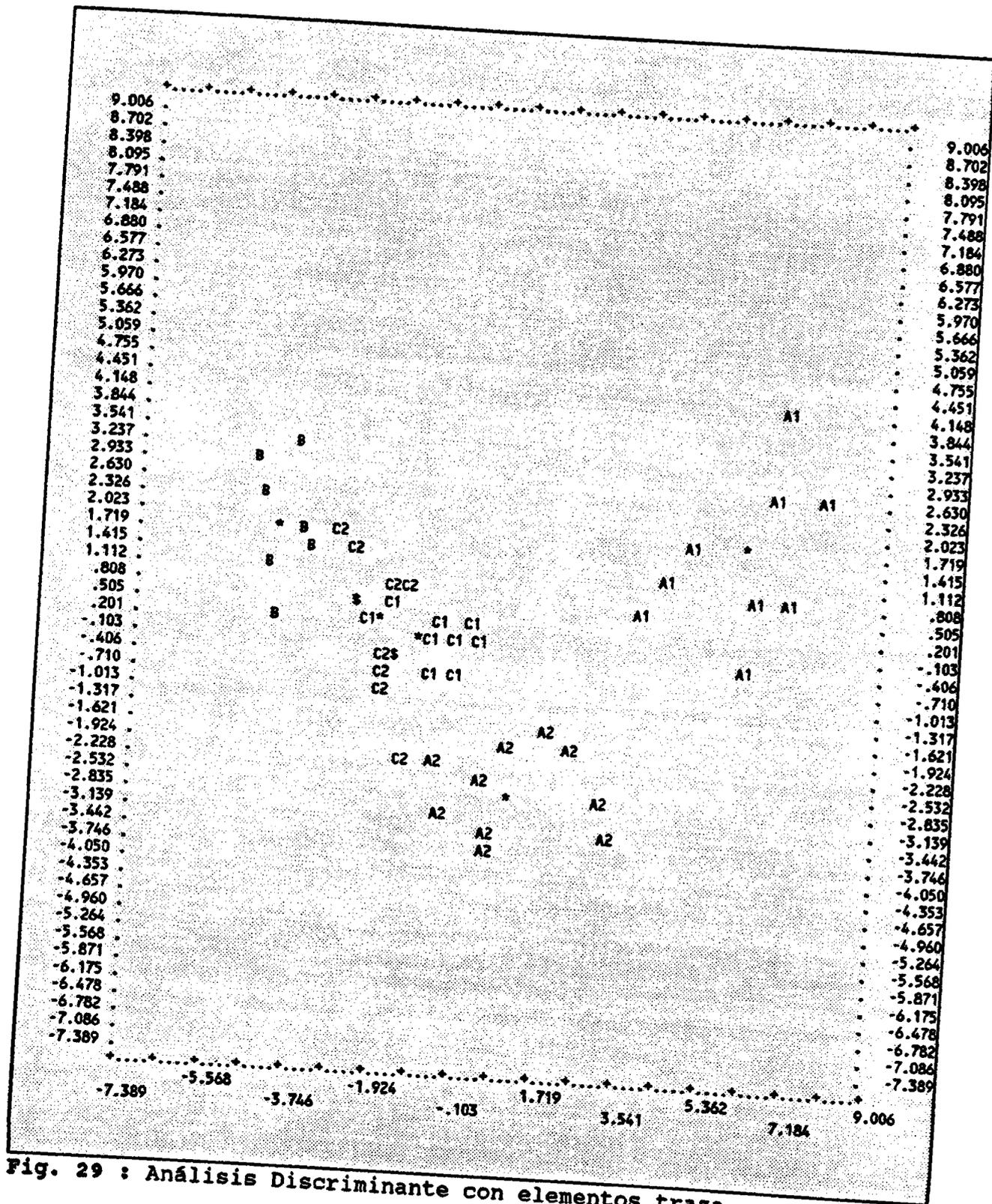


Fig. 29 : Análisis Discriminante con elementos traza.

Numero de individuos clasificados en cada grupo						eficacia
GRUPO	A1	A2	B	C1	C2	%
A1	9	0	0	0	0	100
A2	0	10	0	0	0	100
B	0	0	7	0	0	100
C1	0	0	0	12	0	100
C2	0	0	0	3	7	70
total	9	10	7	15	7	94

Tabla 13 : Matriz de clasificación para el Análisis Discriminante (Elementos Traza).

La buena coincidencia con la clasificación previamente adoptada parece indicar que las concentraciones de elementos traza en suelos vienen determinadas, más que por procesos de contaminación externa (como pueda ser la atmosférica), por la naturaleza de dicho suelo, es decir, por los materiales originales a partir de los cuales se han desarrollado y los procesos de alteración que éstos han sufrido.

En la Tabla 14 se presenta el orden que ocupa cada grupo, en cuanto a concentración de elementos traza, de mayor a menor.

GRUPO	Ag	Ba	Bc	Co	Cr	Cu	Mn	Nb	Ni	P	Pb	V	Y	Zn
A1	1	2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1
A2	-	1	2	1	2	4	2	2	2	3	2	1	2	2
B	2	5	5	5	5	2	5	-	5	5	5	5	5	4
C1	-	3	3	2	4	5	4	-	4	4	4	2	3	5
C2	3	4	4	3	3	3	3	-	3	2	3	3	4	3

Tabla 14 : Ordenación de contenidos en elementos traza según grupos (mayor a menor).

Se observa como el Grupo de suelos urbanos (A1) sigue siendo el que mayores contenidos en todos los elementos traza presenta, a excepción de Ba, y, sobre todo, Co y V, en los que sólo el Grupo de yesos presenta menor concentración. En relación con estos dos elementos es destacable el hecho de que el Grupo de suelos detríticos (A2) sea el que mayor contenido presenta de ambos, al tiempo que se encuentra bastante empobrecido, relativamente al resto de grupos, en Cu.

El Grupo de Yesos (B) presenta las más bajas concentraciones en todos los elementos, menos en Zn, y, especialmente en Ag y Cu, respecto a las cuales sólo es superado por el Grupo de suelos urbanos.

Por último, el Grupo de suelos margo-arcillosos presenta los menores contenidos en Cu y Zn y los segundos más altos en Co y V, sólo superado por el Grupo de suelos detríticos.

Con estos resultados parece adivinarse una relación inversa bastante acusada entre Cu y Co-V, cuya confirmación y posible explicación han de venir dadas con la ampliación del estudio (y del número de muestras) que tendrá lugar en la segunda fase de este proyecto.

#### 4.3.5. Definición de anomalías.

Al comenzar este apartado debe recordarse, de nuevo, que la densidad de muestreo adoptada es la adecuada para diseñar la toma de muestras correspondiente a la elaboración de un mapa geoquímico de elementos traza. Esto implica que anomalías o contaminaciones de pequeño alcance pueden pasar desapercibidas, ya que la investigación no ha sido planteada con ellas como objetivo.

Una vez definidas poblaciones homogéneas sobre las que contrastar las posibles anomalías, la detección de las mismas se plantea, tanto desde un punto de vista multivariante, como desde uno univariante, o variable por variable.

Para la definición de anomalías desde un punto de vista univariante se recurre a la estandarización, dentro de cada grupo, de las concentraciones de elementos traza, transformados logarítmicamente a fin de mejorar la hipótesis de normalidad. Estos valores se comparan con la t-Student correspondiente y se clasifican como anómalos aquellos que se separan de la media en más de 1.8 veces la desviación estándar (2.5% en cada extremo de la distribución).

En la Tabla 15 se indican los valores de la t-Student correspondientes a cada grupo, así como los individuos anómalos y los cercanos a ese límite.

grupo	Ag	Ba	Se	Co	Cr	Cu	Mn	Nb	Ni	P	Pb	Y	Y	Zn
C1 7	ERR	<u>2.06</u>	-0.29	0.63	1.48	1.94	0.07	ERR	-0.09	1.35	<u>2.64</u>	0.56	-0.66	<u>2.39</u>
C1 8	ERR	<u>0.33</u>	-0.29	-1.53	-1.11	-0.54	-0.59	ERR	-0.83	-0.19	-1.15	-0.30	-1.28	-0.25
C1 12	ERR	<u>0.31</u>	<u>3.18</u>	-0.36	-1.37	1.71	1.89	ERR	-1.06	1.53	0.33	0.72	0.96	1.36
C1 18	ERR	0.99	-0.29	-1.53	0.80	0.58	-1.81	ERR	<u>2.64</u>	0.89	-0.25	-0.12	1.44	0.58
C1 30	ERR	0.05	-0.29	-0.36	-0.86	-0.54	-0.12	ERR	-0.83	1.03	-0.25	-1.53	-1.28	-0.43
C1 34	ERR	-0.12	-0.29	-0.36	-1.11	-1.00	-0.78	ERR	-0.83	-0.72	-0.52	-1.09	0.45	-0.80
C1 37	ERR	-1.52	-0.29	-0.36	-0.86	0.25	-1.20	ERR	-0.43	-0.00	-0.52	-1.53	-1.28	-1.11
C1 38	ERR	-1.01	-0.29	1.49	0.23	-1.00	0.15	ERR	0.07	-0.32	0.11	-0.12	-0.08	-0.61
C1 39	ERR	-0.20	-0.29	0.63	0.43	-1.00	0.28	ERR	0.07	-0.37	1.06	0.23	0.96	-0.34
C1 40	ERR	0.24	-0.29	-0.36	1.15	0.25	0.99	ERR	0.21	-1.61	-0.67	1.74	0.45	-0.01
C1 41	ERR	-1.43	-0.29	1.49	0.62	-0.54	0.57	ERR	0.48	-1.20	-0.52	0.88	-0.66	-0.70
C1 42	ERR	0.31	-0.29	0.63	0.62	-0.13	0.57	ERR	0.60	-0.39	-0.25	0.56	0.96	-0.09
A2 6	ERR	-1.80	1.68	<u>2.35</u>	1.13	2.06	1.97	<u>2.58</u>	0.88	-0.52	0.86	<u>2.44</u>	-0.77	<u>2.27</u>
A2 14	ERR	0.37	-1.09	-0.96	-0.18	-0.27	0.14	-0.82	-0.77	1.42	-2.19	-0.06	-0.38	-0.01
A2 16	ERR	-0.25	-1.09	-0.15	-0.18	0.42	-0.57	-0.82	-0.06	1.28	0.38	-0.28	-1.62	-0.08
A2 17	ERR	0.50	0.53	-0.15	0.28	0.62	0.21	-0.13	0.27	0.51	0.86	-0.06	1.31	0.29
A2 19	ERR	-0.02	0.53	-0.96	-0.66	-0.53	-0.75	-0.13	-0.40	-0.42	0.86	-0.64	0.68	-0.84
A2 20	ERR	-0.35	0.53	-0.96	-0.92	-1.13	-0.68	-0.13	-1.16	-1.23	0.38	-0.76	0.34	-1.12
A2 22	ERR	1.48	-1.09	-0.15	-0.66	-0.03	-0.52	-0.82	-0.40	1.18	-0.13	-0.52	-0.77	0.36
A2 25	ERR	0.26	0.53	0.56	0.92	-0.82	1.40	0.50	1.94	-0.77	-0.13	0.05	1.61	-0.32
A2 26	ERR	1.11	0.53	0.56	1.71	0.81	0.00	-0.13	0.88	-0.55	0.38	0.84	-0.01	0.57
A2 29	ERR	-1.30	-1.09	-0.15	-1.45	-1.13	-1.21	-0.13	-1.16	-0.90	-1.25	-1.01	-0.38	-1.12
B 13	2.13	0.46	-1.07	-0.66	1.22	2.26	-1.39	ERR	1.46	1.12	1.98	-1.58	-1.99	2.25
B 27	-0.51	1.00	0.80	0.24	-0.17	-0.41	0.29	ERR	-0.59	-0.50	-0.29	0.07	0.52	-0.45
B 31	-0.51	-0.05	0.80	0.24	0.80	-0.41	-0.43	ERR	-0.59	-0.53	0.08	0.89	0.52	-0.35
B 32	-0.51	1.36	0.80	0.93	0.80	-0.41	1.82	ERR	1.46	0.66	-0.29	1.13	0.97	-0.27
B 33	-0.51	-1.32	-1.07	-1.92	-1.42	-0.41	-0.43	ERR	-0.59	-0.06	-0.94	-1.08	0.02	-0.45
B 36	0.42	-0.46	0.80	0.93	-0.17	-0.30	-0.30	ERR	-0.59	0.98	0.40	0.07	0.52	-0.18
B 43	-0.51	-0.99	-1.07	0.24	-1.07	-0.30	0.45	ERR	-0.59	-1.68	-0.94	0.51	-0.55	-0.55
A1 1	0.04	0.02	0.25	-1.13	0.42	-0.03	-0.37	-0.82	1.07	0.81	0.57	-0.72	-0.30	0.20
A1 2	0.25	-0.51	0.25	-1.13	-1.15	0.37	-1.54	-0.82	-0.23	1.29	1.18	-1.32	-1.69	0.21
A1 3	0.44	-1.51	0.25	-1.13	1.03	-0.19	-0.11	0.10	0.29	0.49	-0.46	-0.72	-0.30	0.04
A1 4	-0.84	-0.74	1.65	0.60	-0.86	-0.68	1.17	<u>2.41</u>	1.07	-0.58	-1.52	1.28	1.58	-0.31
A1 5	-1.58	0.12	-1.57	0.60	-0.92	-1.28	0.51	-0.34	-1.52	-2.02	-0.68	0.14	0.00	-1.52
A1 9	-0.20	1.30	0.25	1.29	1.16	0.94	1.19	0.10	0.81	-0.04	0.61	1.28	0.57	1.15
A1 10	1.25	1.51	0.25	1.29	1.23	2.01	0.67	0.10	0.40	0.84	1.47	0.59	-0.96	1.67
A1 11	-0.84	-0.78	0.25	-0.19	-1.00	-0.85	-0.12	0.10	-1.52	-0.36	-0.79	0.59	0.00	-1.14
A1 23	1.49	0.59	-1.57	-0.19	0.08	-0.30	-1.40	-0.82	-0.37	-0.43	-0.39	-1.11	1.10	-0.31
C2 15	1.13	1.56	1.63	1.35	2.15	1.80	0.52	ERR	2.04	1.71	1.78	1.39	0.40	<u>2.46</u>
C2 21	-0.45	-0.18	0.11	-1.57	-1.11	-1.00	-0.15	ERR	-0.98	-0.56	-1.24	-1.24	-0.18	-0.74
C2 24	-0.45	0.51	0.11	0.92	-0.00	0.26	2.10	ERR	-0.53	0.37	0.58	0.28	0.40	0.69
C2 28	-0.45	-0.33	0.11	-0.11	0.43	0.26	-0.13	ERR	0.20	0.54	0.93	0.55	-0.18	0.31
C2 35	-0.45	0.57	0.11	0.44	0.11	1.35	-0.49	ERR	0.20	0.87	0.93	0.13	-0.18	0.05
C2 44	<u>2.47</u>	0.67	0.11	0.44	0.22	-0.28	1.03	ERR	0.35	-0.68	-0.28	0.86	0.95	-0.09
C2 45	-0.45	0.23	0.11	0.44	-0.25	-1.00	-0.04	ERR	-0.53	-0.90	-0.28	-0.11	0.95	-0.68
C2 46	-0.45	0.13	0.11	-0.77	-0.25	-1.22	-1.07	ERR	0.91	-1.23	-0.71	-0.47	0.95	-0.68
C2 47	-0.45	-1.96	<u>-2.50</u>	-1.57	-1.64	0.26	-1.25	ERR	-1.51	0.89	-1.10	-1.96	<u>-2.29</u>	-0.56
C2 48	-0.45	-1.21	0.11	0.44	0.33	-0.44	-0.53	ERR	-0.14	-1.00	-0.60	0.55	-0.82	-0.74

Tabla 15 : Valores estudentizados por grupos. Valores anómalos.

\* GRUPO A1:

Muestra 4: Anómalo contenido en Nb. Se trata de un parque abandonado, con escombros.

Muestra 10: Próxima a ser anómala en contenido en Cu. Se trata del parque de entrevías.

**\* GRUPO A2:**

**Muestra 6:** Anómalo contenido en Co, Nb, V y Zn, próximo a ser anómalo en Cu. Muestra tomada en descampado con escombros en las afueras de San Fernando de Henares.

**\* GRUPO B:** No aparece ninguna muestra anómala. Sin embargo, la muestra 13 está próxima a serlo en Ag, Cu y Zn. Se trata de una muestra tomada en un antiguo basurero, en terreno de yesos.

**\* GRUPO C1:**

**Muestra 7:** Anómalo contenido en Ba, Pb y Zn. Tomada en una terraza del río Henares.

**Muestra 12:** Concentración anómala de Be. Muestra tomada en yesos, junto a un oleoducto.

**Muestra 18:** Anómalo contenido en Ni. Muestra tomada en un olivar.

**GRUPO C2:**

**Muestra 15:** Anómala en Zn y próxima a serlo en Cr y Ni. Muestra tomada en el polígono industrial de Arganda, en una hondonada encharcada, pantanosa.

**Muestra 24:** Próxima a presentar una anomalía en cuanto a su contenido en Mn. Muestra de zona húmeda en aluvión del río Jarama.

**Muestra 44:** Contenido anómalo en Ag. Muestra proveniente de un encinar próximo a carretera comarcal.

En esta relación no se han incluido las anomalías por defecto (que sí aparecen en la Tabla 15) ya que se persigue, en principio, la detección de puntos contaminados y que, como tales, presentarán enriquecimientos anormales por exceso en determinados elementos traza.

A la vista de estos resultados parece claro que la mayoría de estas muestras anómalas corresponden, efectivamente, a contaminación, es decir, a valores anormalmente altos de origen antropogénico. Una gran parte de tales muestras provienen de descampados, basureros abandonados, parques o polígonos industriales. En ellos cabe suponer, y en algunos se evidencia, que se produce acumulación de residuos urbanos o industriales. Puede llegar a observarse que algunos elementos traza se repiten como anómalos en este tipo de muestras, por ejemplo, Cu y Zn.

Dos muestras que también se revelan como anómalas están tomadas en terrazas o aluviones de los ríos Henares y Jarama. Cabe suponer que las concentraciones anormalmente elevadas encontradas puedan deberse a deposiciones de residuos acarreados por las aguas y depositados en momentos de avenidas.

La muestra que presenta un contenido anormalmente elevado de Be fue recogida en las proximidades de un oleoducto. Una posible explicación para esta asociación es la capacidad del Be de formar complejos con la materia y los compuestos orgánicos, complejos que permanecen inmóviles en la capa superficial del suelo (la estudiada en este proyecto) sin ser disponibles para las plantas (7)

La explicación a los valores presentados por el resto de muestras anómalas entraña mayor dificultad.

De haberse definido las muestras anómalas a partir del conjunto original de datos, sin haber definido los grupos, se hubiesen obtenido los resultados reflejados en la Tabla 16.

muestra	Ag	Sa	Se	Co	Cr	Cu	Mn	Nb	Ni	P	Pb	V	Y	Zn
1	1.01	0.59	1.18	-0.99	1.31	0.57	0.44	-0.39	1.66	2.29	2.21	-0.67	0.89	1.34
2	1.34	0.25	1.73	-0.75	-0.69	1.04	-0.42	-0.39	-0.01	3.40	3.20	-0.90	0.07	1.35
3	1.67	-0.34	1.73	-0.99	2.79	0.45	0.68	0.85	0.48	1.70	1.07	-0.63	0.89	1.13
4	0.11	0.11	2.84	0.22	-0.45	0.10	2.08	5.19	1.66	0.34	0.31	0.40	2.16	0.73
5	-0.38	0.67	0.62	0.22	-0.51	-0.18	1.30	0.23	-0.98	-0.58	0.88	-0.23	1.07	-0.16
6	-0.38	0.07	1.73	3.13	0.60	-0.01	2.04	3.33	0.55	-0.52	-0.18	3.38	0.52	0.19
7	-0.38	0.84	-0.48	0.22	0.17	-0.24	-0.45	-0.39	-0.28	-0.35	0.31	0.24	-0.39	0.04
8	-0.38	-0.18	-0.48	-0.75	-0.63	-0.43	-0.77	-0.39	-0.84	-0.62	-0.64	-0.16	-0.57	-0.50
9	0.77	1.57	1.73	0.71	3.19	1.99	2.10	0.85	1.24	0.93	2.29	0.40	1.43	3.13
10	3.72	1.75	1.73	0.46	3.41	5.42	1.47	0.54	0.69	2.36	3.75	0.00	0.52	4.66
11	0.11	0.08	1.73	-0.26	-0.57	0.01	0.66	0.85	-0.98	0.56	0.79	0.00	1.07	0.05
12	-0.38	-0.19	0.62	-0.26	-0.69	-0.27	0.74	-0.39	-0.98	-0.32	-0.41	0.32	0.16	-0.22
13	-0.38	-0.52	-1.59	-1.72	-0.63	2.66	-1.66	-0.39	-0.84	-0.38	-0.03	-1.96	-2.03	1.29
14	-0.38	1.33	-0.48	0.71	0.23	-0.31	0.77	-0.39	-0.14	0.03	-0.41	1.10	0.70	-0.25
15	-0.22	0.66	0.62	1.19	1.34	0.22	0.24	-0.39	2.35	2.57	0.24	1.58	-0.57	0.69
16	-0.38	0.93	-0.48	1.19	0.23	-0.24	0.57	-0.39	0.13	-0.02	-0.22	0.95	0.16	-0.26
17	-0.38	1.42	0.62	1.19	0.36	-0.22	0.81	0.23	0.27	-0.26	-0.18	1.10	1.61	-0.21
18	-0.38	0.18	-0.48	-0.75	-0.08	-0.36	-1.26	-0.39	4.15	-0.44	-0.51	-0.08	0.34	-0.37
19	-0.38	1.08	0.62	0.71	0.11	-0.34	0.28	0.23	-0.01	-0.50	-0.18	0.71	1.25	-0.37
20	-0.38	0.87	0.62	0.71	0.05	-0.38	0.31	0.23	-0.28	-0.66	-0.22	0.63	1.07	-0.40
21	-0.38	-0.96	-0.48	-1.23	-0.76	-0.41	-0.22	-0.39	-0.70	-0.30	-0.68	-1.18	-0.75	-0.49
22	-0.38	2.12	-0.48	1.19	0.11	-0.29	0.40	-0.39	-0.01	-0.05	-0.26	0.79	0.52	-0.19
23	4.55	1.01	0.62	-0.26	0.73	0.35	-0.34	-0.39	-0.14	0.50	1.13	-0.78	1.80	0.73
24	-0.38	-0.40	-0.48	0.46	-0.26	-0.23	1.71	-0.39	-0.42	0.45	-0.28	0.04	-0.57	-0.13
25	-0.38	1.25	0.07	1.43	0.51	-0.37	1.60	0.85	1.10	-0.57	-0.27	1.14	1.71	-0.30
26	-0.38	1.85	0.62	1.68	0.79	-0.20	0.69	0.23	0.55	-0.53	-0.22	1.81	0.89	-0.16
27	-0.38	-0.00	-0.48	-1.23	-1.00	-0.45	-1.32	-0.39	-0.98	-0.75	-0.66	-1.34	-1.30	-0.66
28	-0.38	-1.07	-0.48	-0.26	-0.01	-0.22	-0.21	-0.39	0.13	0.64	-0.16	0.40	-0.75	-0.24
29	-0.38	0.33	-0.48	1.19	-0.08	-0.38	0.05	0.23	-0.28	-0.60	-0.35	0.47	0.70	-0.40
30	-0.38	-0.33	-0.48	-0.26	-0.57	-0.43	-0.55	-0.39	-0.84	-0.41	-0.51	-0.63	-0.57	-0.52
31	-0.38	-0.94	-0.48	-1.23	-0.76	-0.45	-1.48	-0.39	-0.98	-0.75	-0.60	-0.86	-1.30	-0.64
32	-0.38	0.37	-0.48	-0.75	-0.76	-0.45	-0.93	-0.39	-0.84	-0.50	-0.66	-0.71	-1.12	-0.61
33	-0.38	-1.78	-1.59	-2.20	-1.25	-0.45	-1.48	-0.39	-0.98	-0.66	-0.75	-1.81	-1.48	-0.66
34	-0.38	-0.41	-0.48	-0.26	-0.63	-0.45	-0.86	-0.39	-0.84	-0.69	-0.56	-0.47	-0.02	-0.57
35	-0.38	-0.35	-0.48	0.22	-0.20	0.05	-0.43	-0.39	0.13	1.05	-0.16	-0.08	-0.75	-0.31
36	-0.14	-1.25	-0.48	-0.99	-1.00	-0.43	-1.46	-0.39	-0.98	-0.42	-0.55	-1.37	-1.30	-0.60
37	-0.38	-1.04	-0.48	-0.26	-0.57	-0.38	-1.03	-0.39	-0.56	-0.59	-0.56	-0.63	-0.57	-0.60
38	-0.38	-0.82	-0.48	0.71	-0.26	-0.45	-0.41	-0.39	-0.14	-0.63	-0.45	-0.08	-0.21	-0.54
39	-0.38	-0.45	-0.48	0.22	-0.20	-0.45	-0.34	-0.39	-0.14	-0.64	-0.24	0.08	0.16	-0.51
40	-0.38	-0.23	-0.48	-0.26	0.05	-0.38	0.09	-0.39	-0.01	-0.80	-0.58	0.87	-0.02	-0.46
41	-0.38	-1.00	-0.48	0.46	-0.17	-0.44	-0.17	-0.39	0.20	-0.75	-0.56	0.36	-0.39	-0.56
42	-0.38	-0.19	-0.48	0.22	-0.14	-0.41	-0.17	-0.39	0.41	-0.65	-0.51	0.24	0.16	-0.47
43	-0.38	-1.59	-1.59	-1.23	-1.19	-0.43	-1.29	-0.39	-0.98	-0.92	-0.75	-1.10	-1.66	-0.68
44	-0.05	-0.25	-0.48	0.22	-0.14	-0.31	0.66	-0.39	0.27	-0.37	-0.51	0.79	-0.39	-0.35
45	-0.38	-0.64	-0.48	-0.02	-0.39	-0.42	-0.16	-0.39	-0.49	-0.49	-0.51	-0.31	-0.48	-0.47
46	-0.38	-0.72	-0.48	-0.75	-0.39	-0.43	-0.75	-0.39	0.83	-0.64	-0.60	-0.63	-0.39	-0.47
47	-0.38	2.03	-1.59	-1.23	-0.94	-0.21	-0.85	-0.39	-0.98	1.08	-0.66	-1.60	-1.30	-0.45
48	-0.38	-1.64	-0.48	0.22	-0.08	-0.34	-0.46	-0.39	-0.21	-0.54	-0.59	0.40	-0.94	-0.49

Tabla 16: Datos estandarizados con elementos traza.

En ella se observa que seis de los nueve individuos que constituyen el Grupo A1 son clasificados como anómalos, mientras que en la estandarización por grupos, sólo las muestras 4 y 10 eran definidas así. Esto es debido, según se comentó en el apartado 4.3., a que dicho grupo constituye una población diferente ("suelos urbanos") de la formada por el resto de las muestras ("suelos naturales"), y caracterizada por concentraciones superiores en elementos traza.

El resto de individuos señalados como anómalos en la estandarización conjunta de todos los datos, exceptuados los pertenecientes al Grupo A1, aparecen también marcados en la estandarización por grupos, salvo dos que presentan anomalía en una sola variable (muestras 22 y 23) y la muestra 13 que, si bien no es recogida como estrictamente anómala, sí está en la frontera de serlo para cuatro variables.

Por el contrario, determinados individuos como el 7, el 12 o el 25 se revelan anómalos frente a los grupos en que han quedado encuadrados, pero no son puestos de relieve por la estandarización global. Todo ello lleva a pensar que el enfoque dado al problema de la detección de anomalías ha sido adecuado.

#### 4.4. Influencia de la ciudad de Madrid.

La representación de los valores de concentración de cada muestra frente a las distancias de las mismas respecto a un origen de coordenadas situado dentro de Madrid, y en el punto más nor-occidental de la zona de estudio, sugiere que, para determinados elementos, existe una influencia de la ciudad en los contenidos medidos, influencia decreciente conforme las estaciones de muestreo se alejan de Madrid. Esta situación se aprecia en las Figs. 30 a 43.

En efecto, se observa un claro decrecimiento en los contenidos de Cu, Pb y Zn y, aunque menos obvio, P, a partir de una distancia determinada. En cuanto a Ba, Cr, Mn, Ni e Y parece existir una constante disminución conforme aumenta el alejamiento a la ciudad. Respecto al resto de elementos, o bien se constata una concentración constante, o bien un comportamiento no asignable a un patrón determinado. En el caso de Ag y Nb parece ponerse de manifiesto que una gran parte de las muestras presentan contenidos próximos o inferiores al límite de detección del método analítico empleado.

Para comprobar la influencia de Madrid se recurre a plantear un modelo de regresión a fin de estudiar si la dependencia de las concentraciones respecto a la distancia es significativa.

En primer lugar se somete a prueba un ajuste potencial para aquellos elementos cuya distribución de concentraciones con la distancia parece seguir dicho modelo, y se concluye que el ajuste es significativo para los elementos Cu, Pb, Zn y P (Figs. 44, 45, 46 y 47). Este modelo presenta una bondad especial en el caso del Pb. Se observa, sin embargo, que en los cuatro casos existen muestras individuales que parecen perturbar el ajuste.

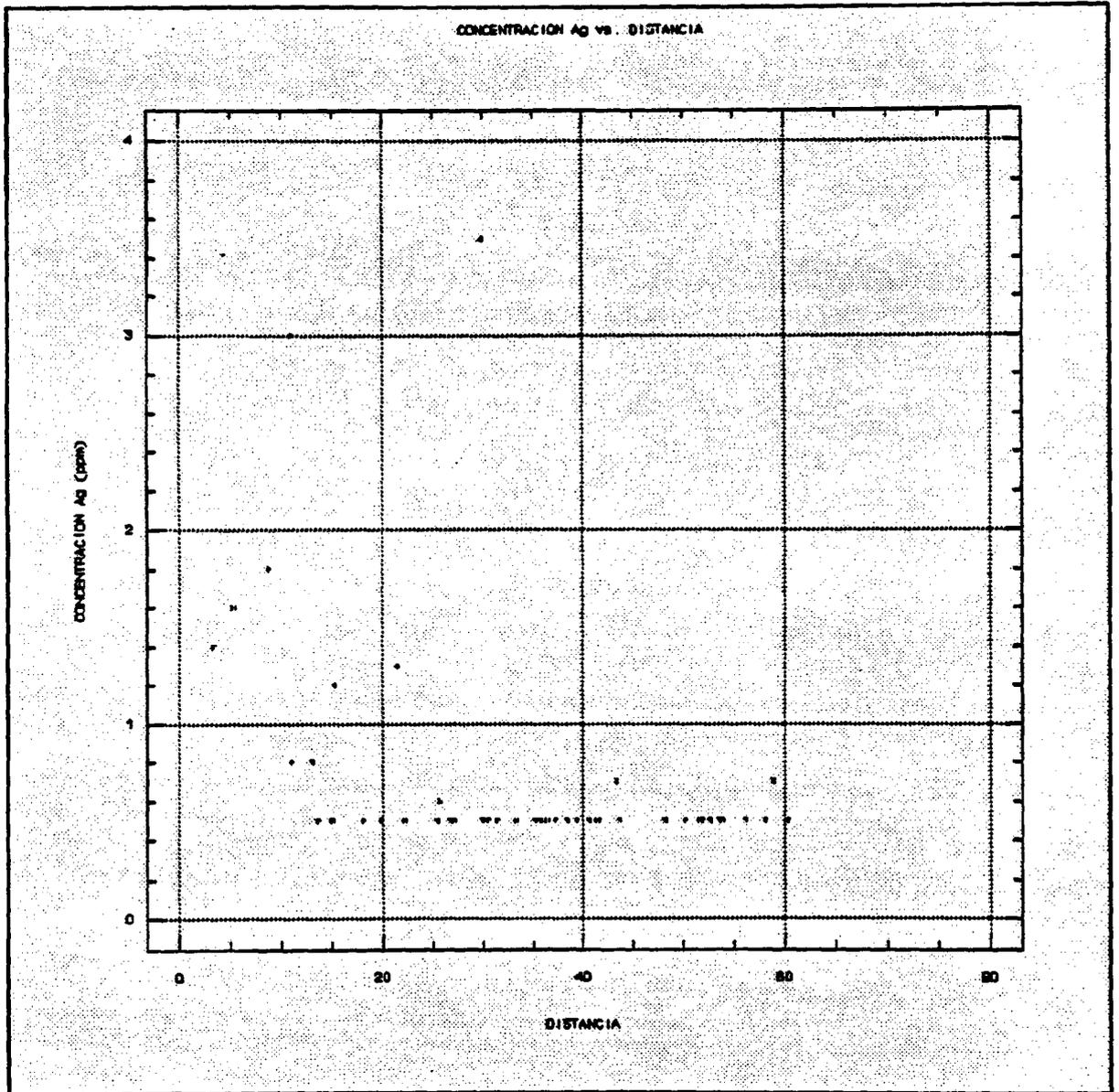


Fig. 30: Concentración de Ag (ppm) frente a distancia a Madrid.

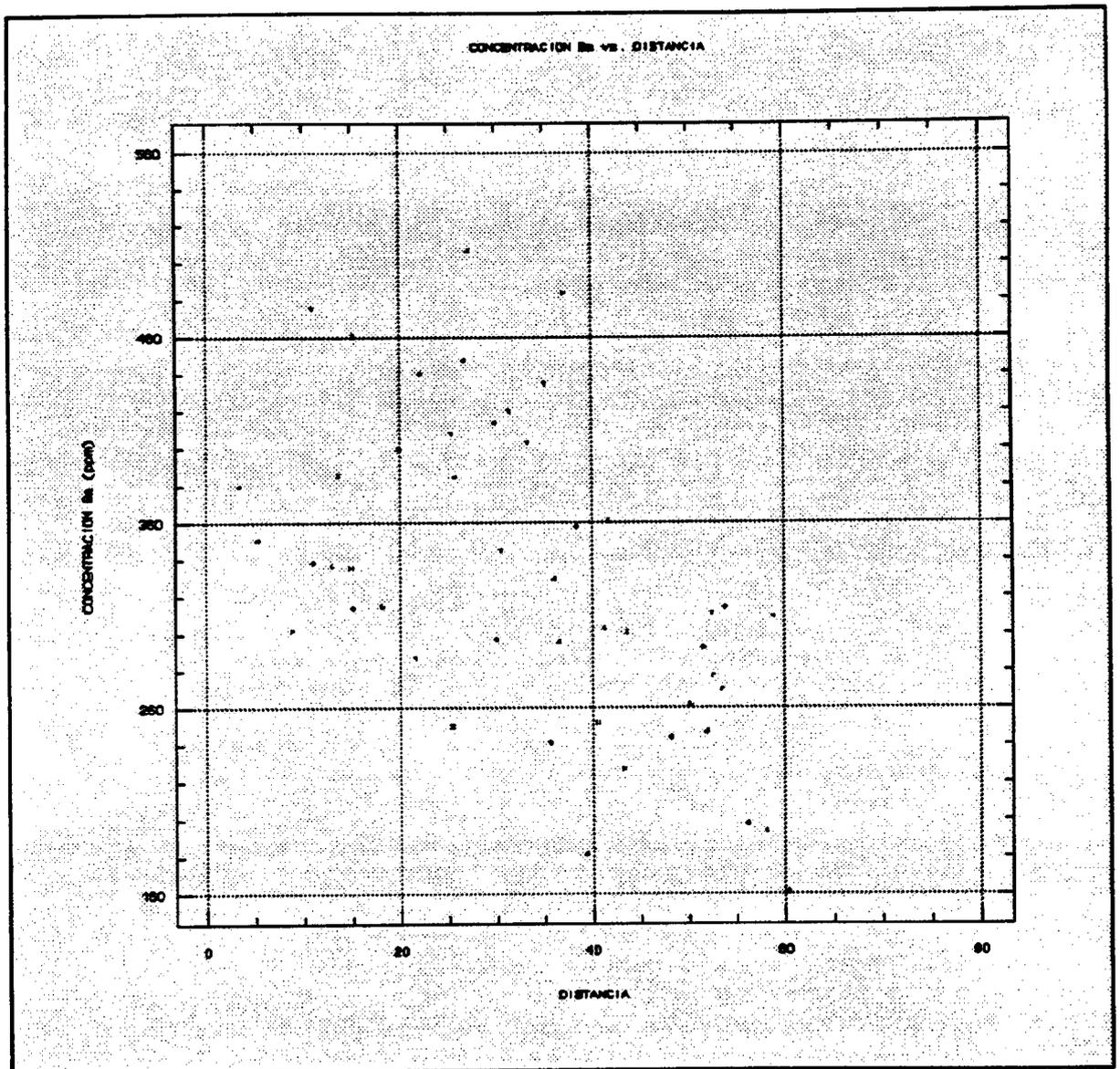


Fig. 31: Concentración de Ba (ppm) frente a distancia a Madrid

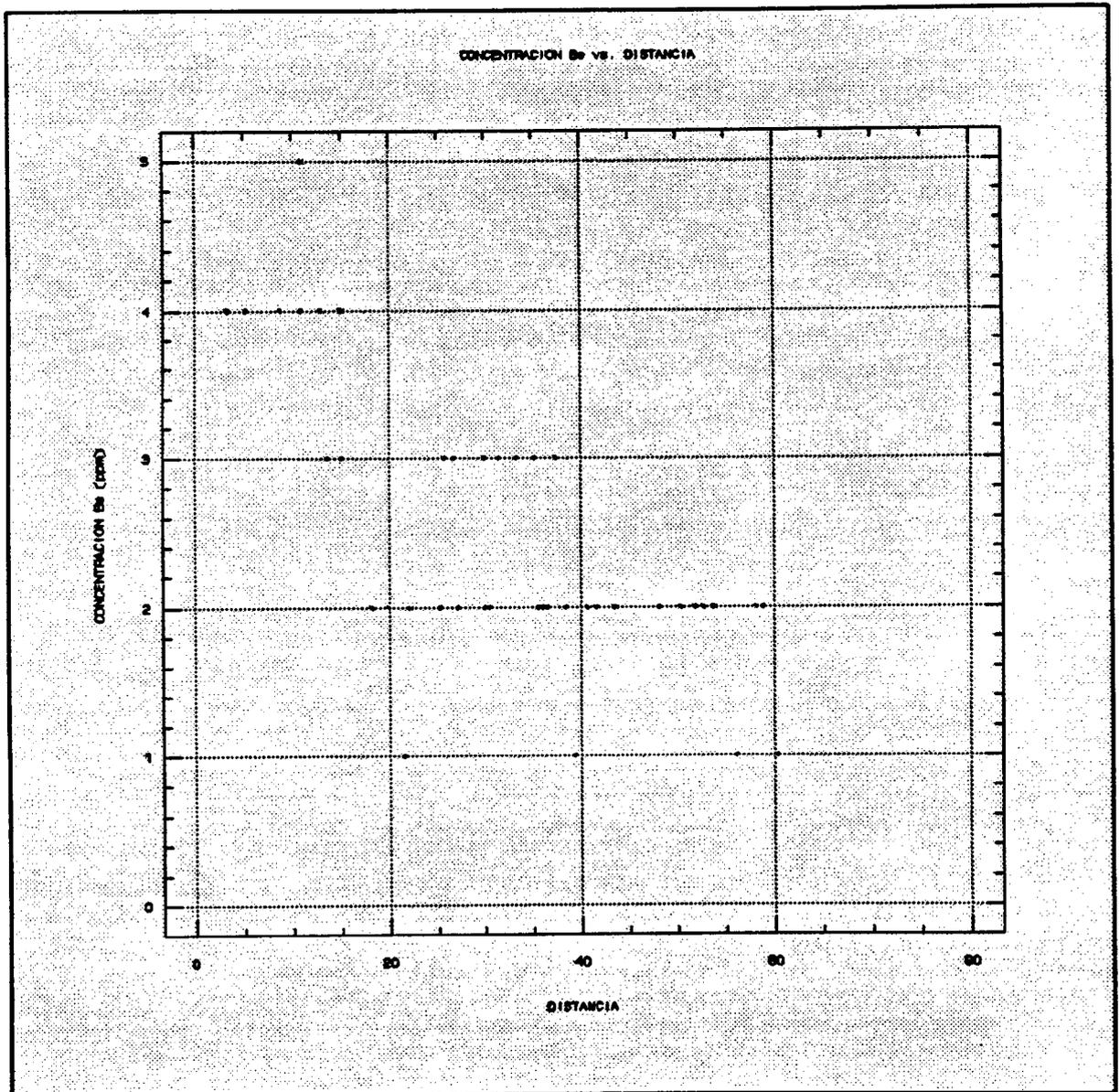


Fig. 32: Concentración de Be (ppm) frente a distancia a Madrid.

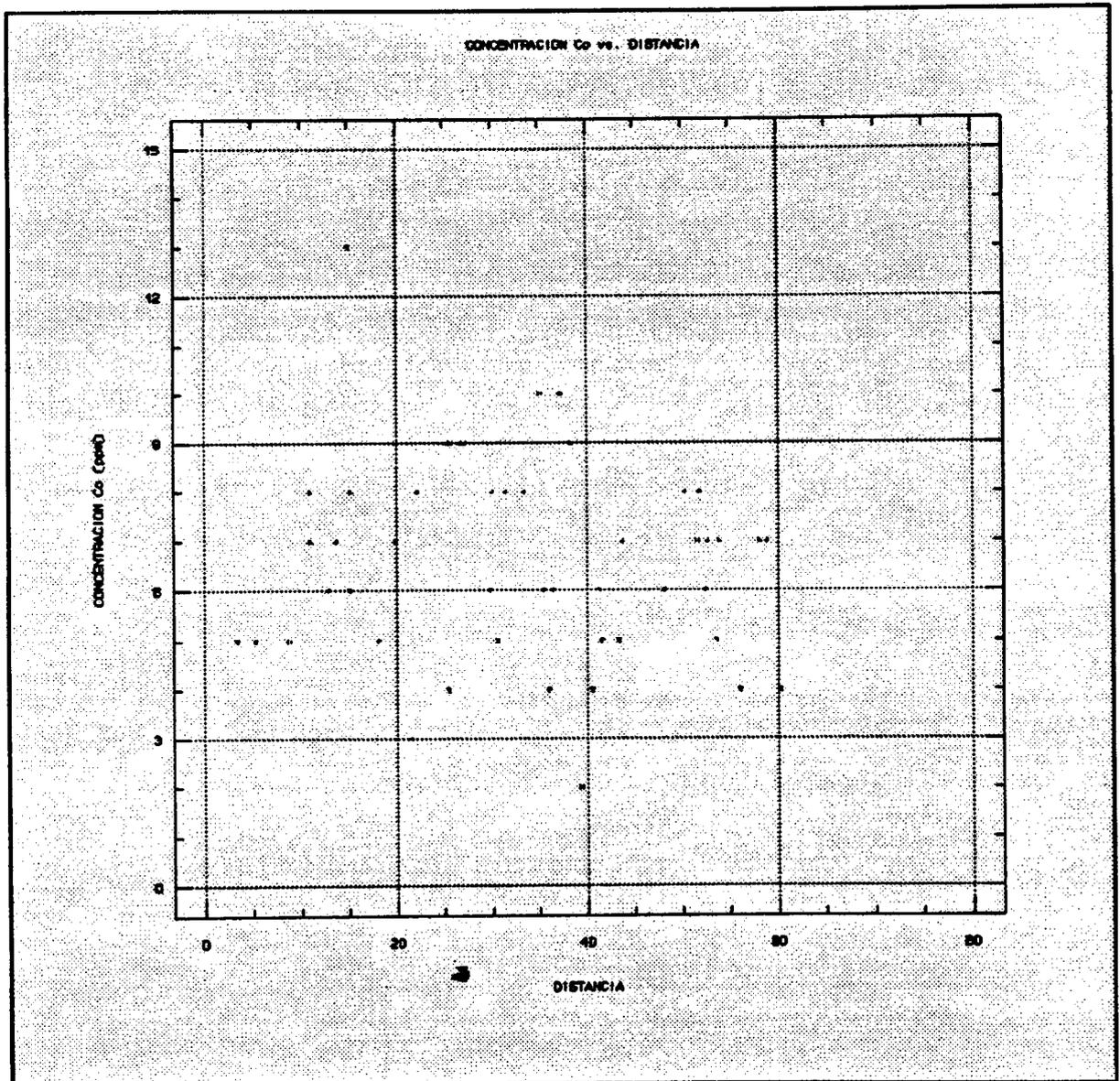


Fig. 33: Concentración de Co (ppm) frente a distancia a Madrid.

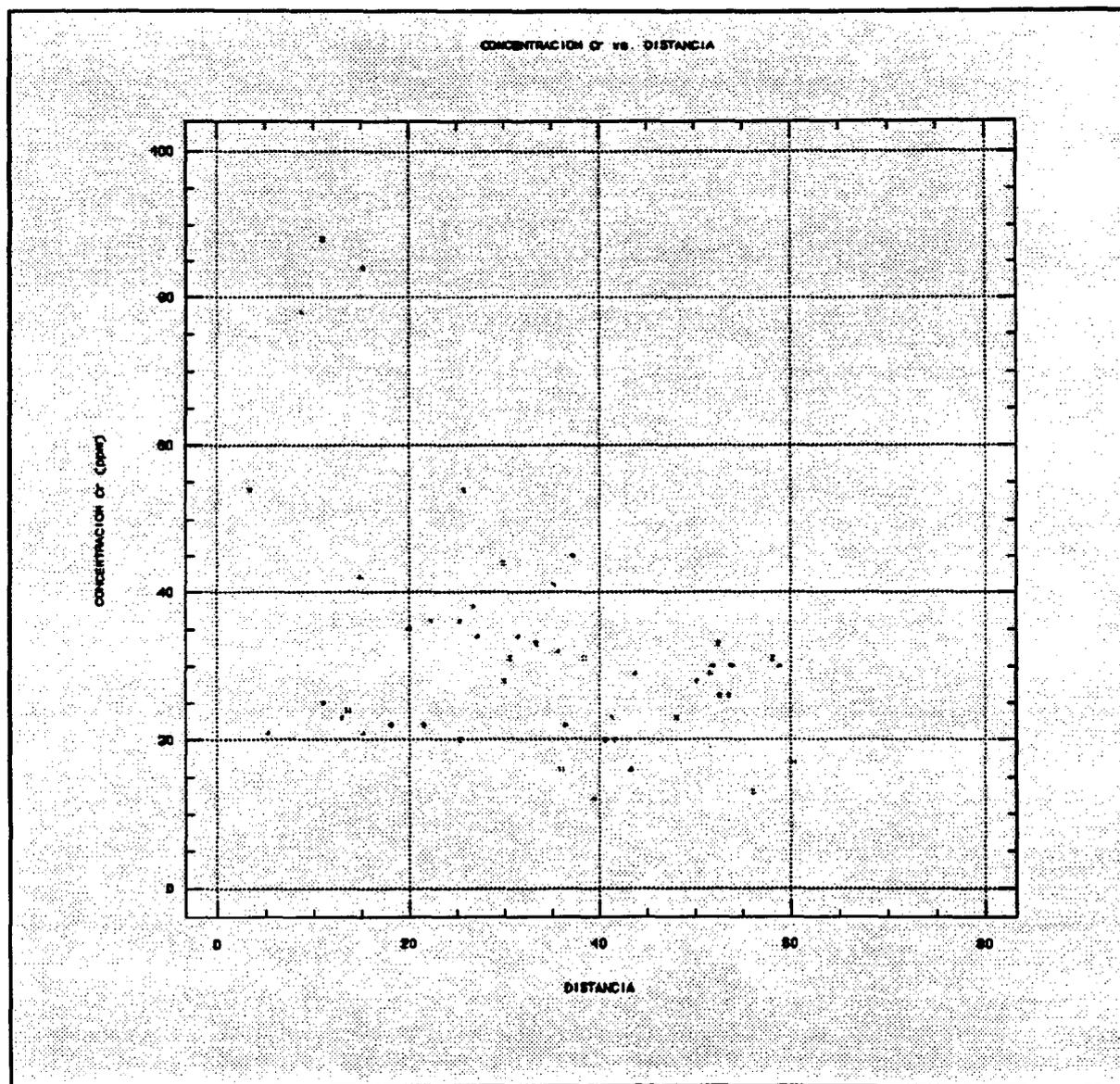


Fig. 34: Concentración de Cr (ppm) frente a distancia a Madrid.

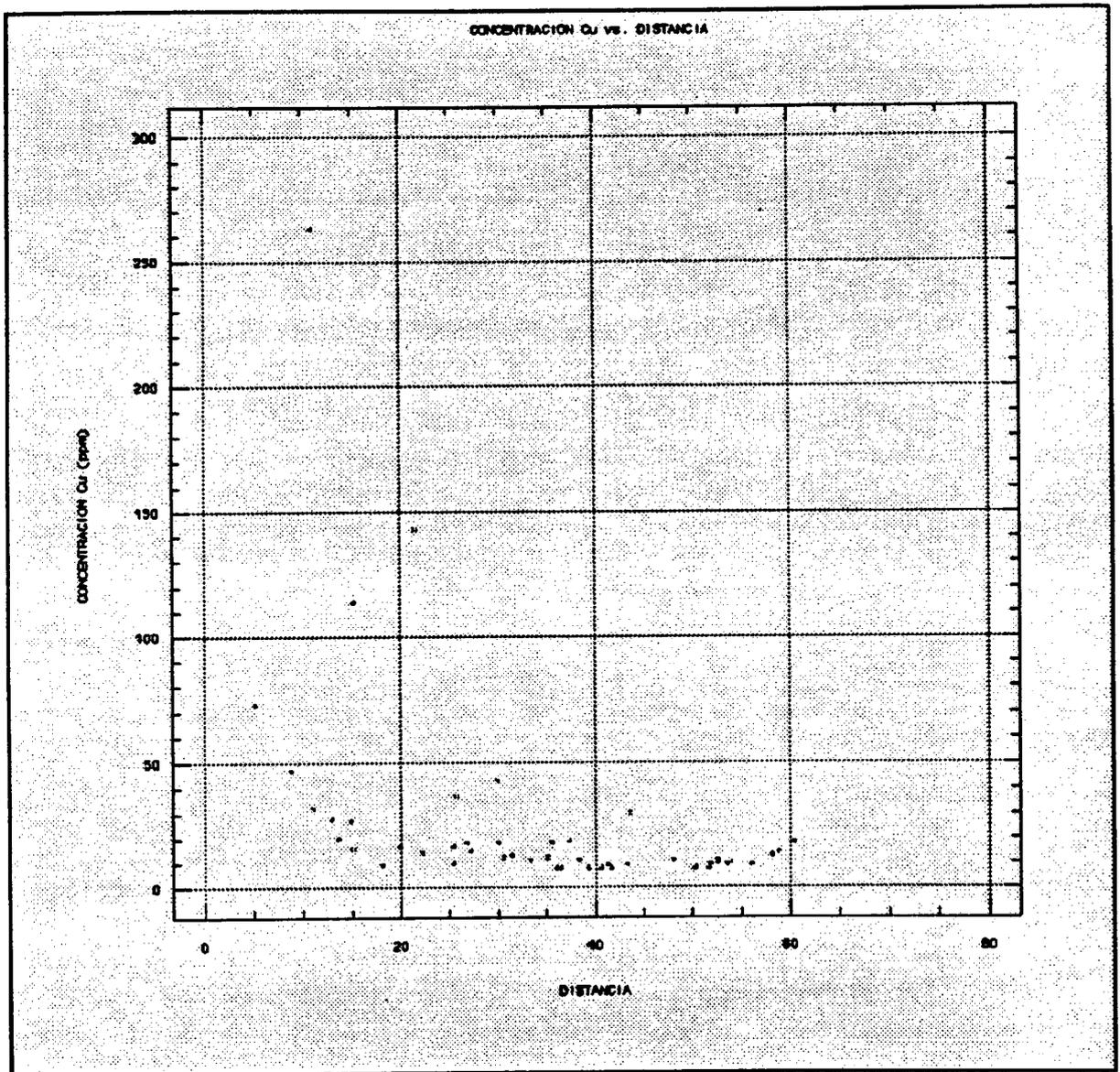


Fig. 35: Concentración de Cu (ppm) frente a distancia a Madrid.

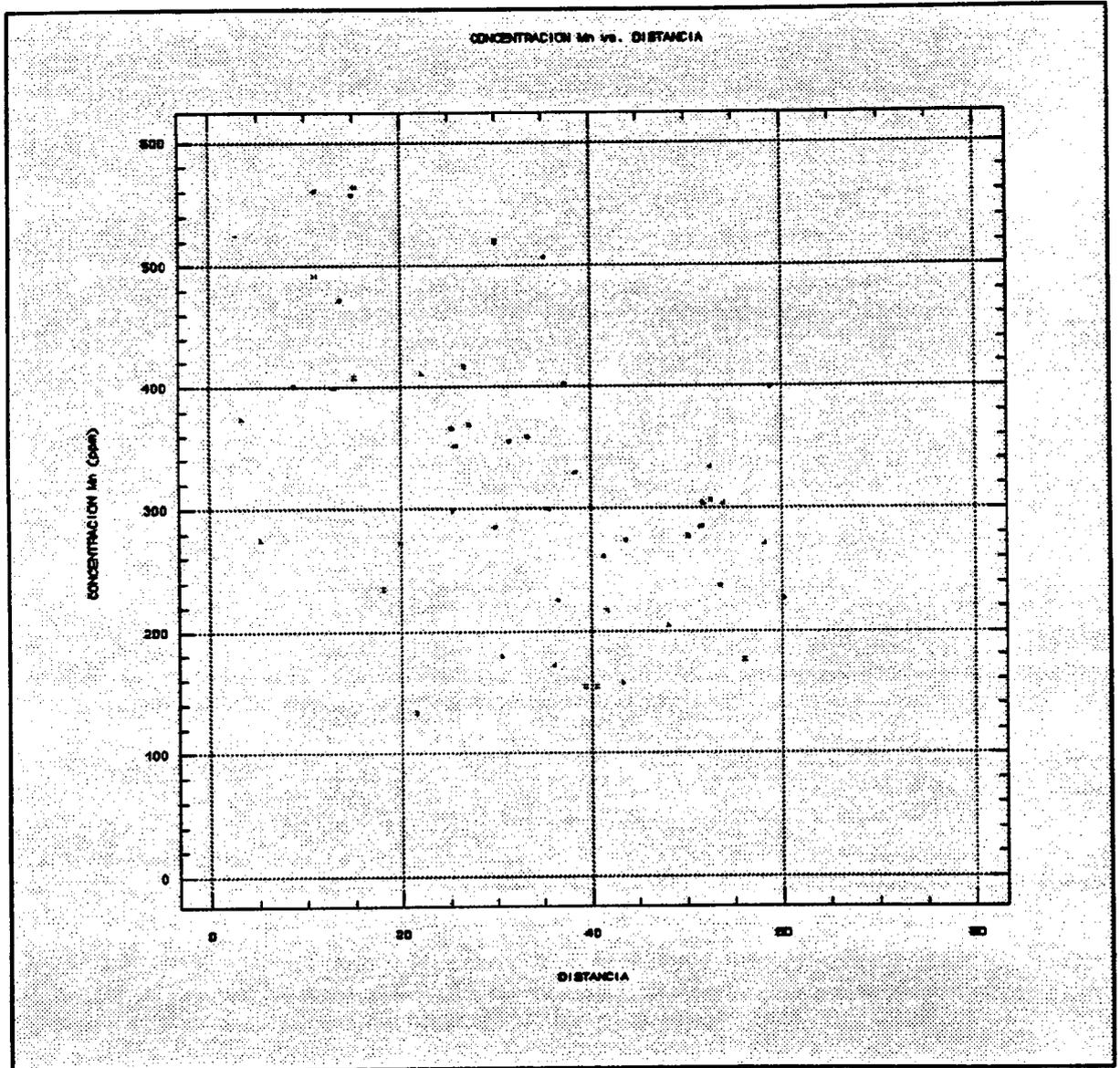


Fig. 36: Concentración de Mn (ppm) frente a distancia a Madrid.

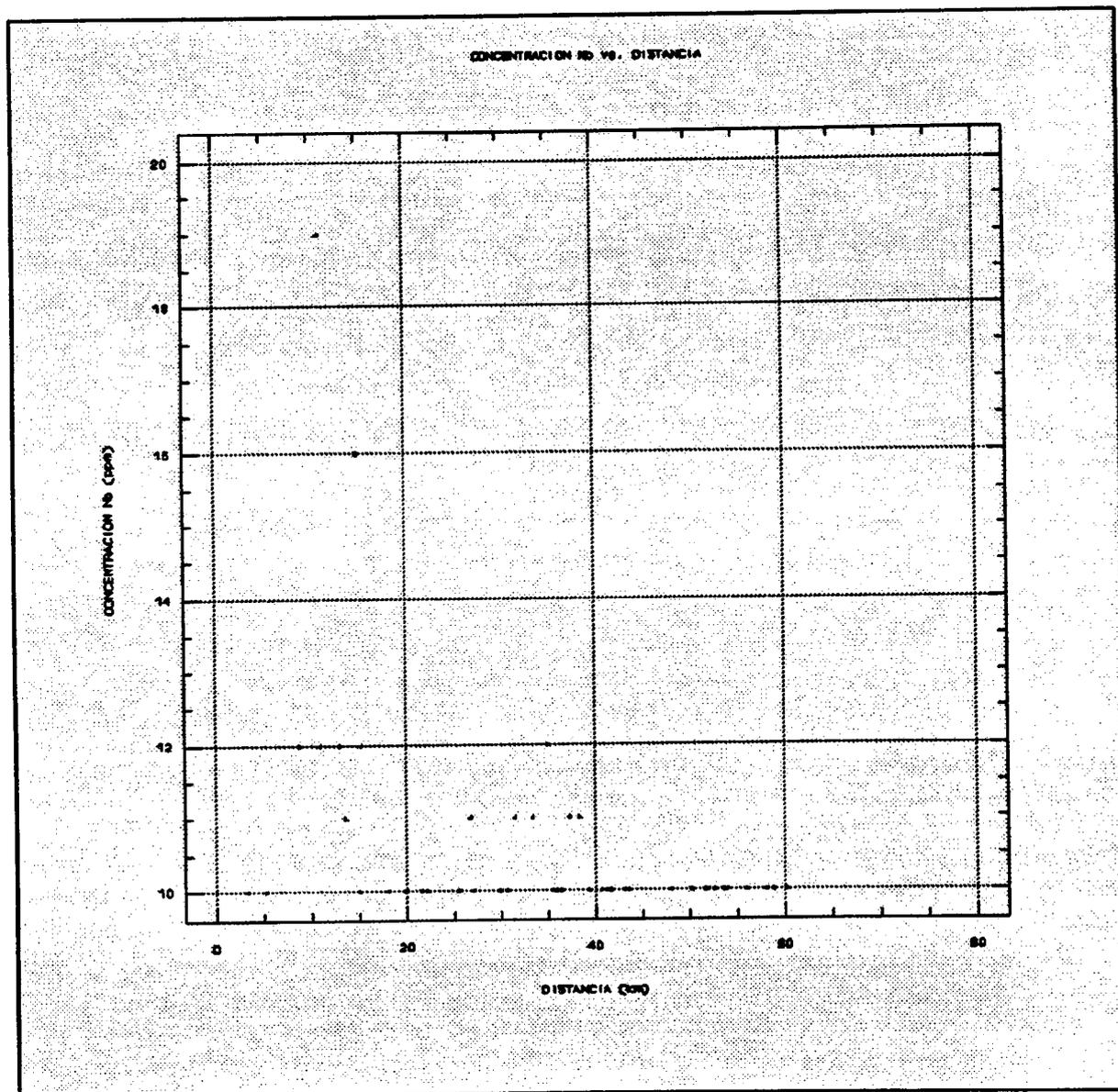


Fig. 37: Concentración de Nb (ppm) frente a distancia a Madrid.

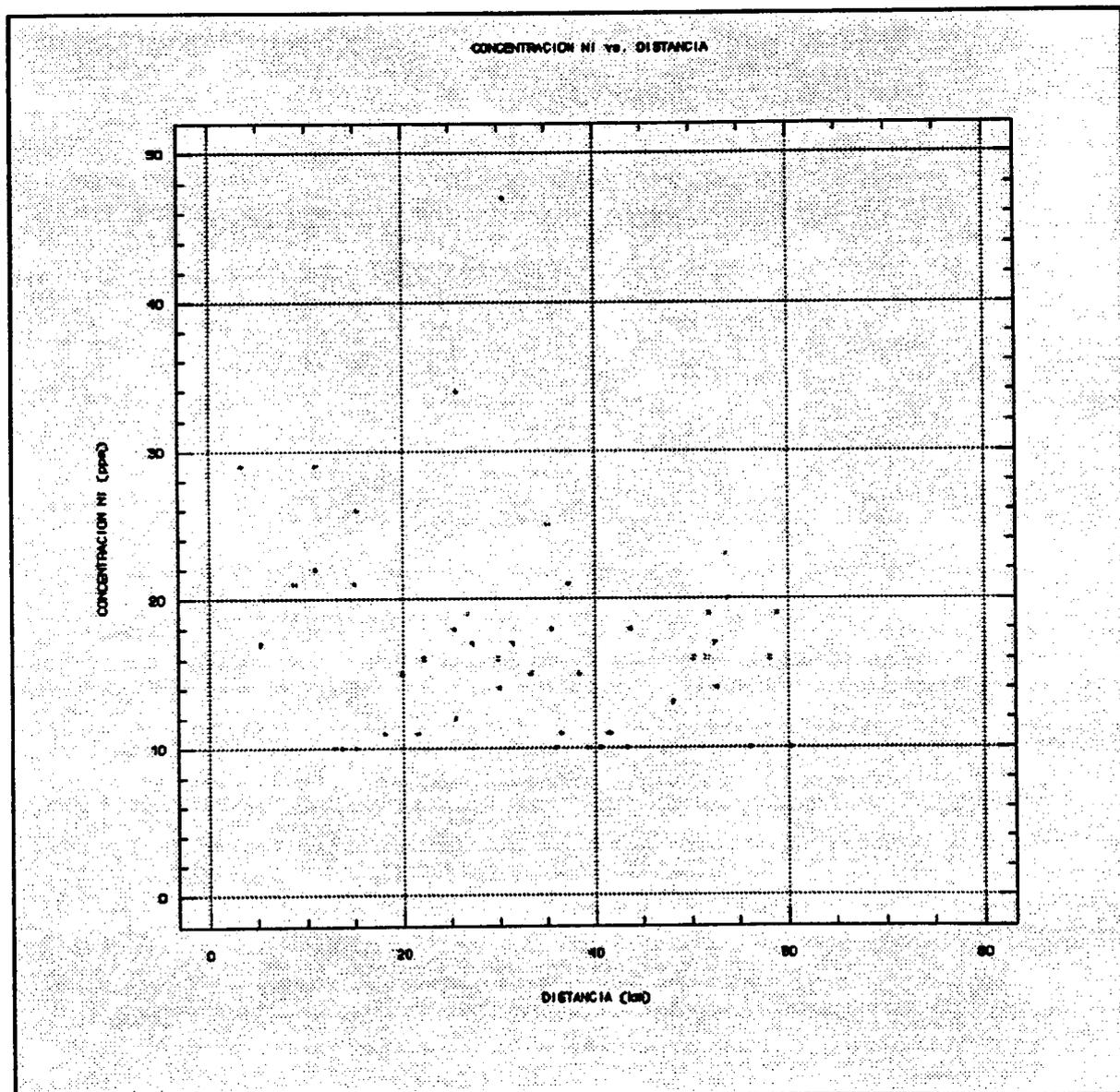


Fig. 38: Concentración de Ni (ppm) frente a distancia a Madrid.

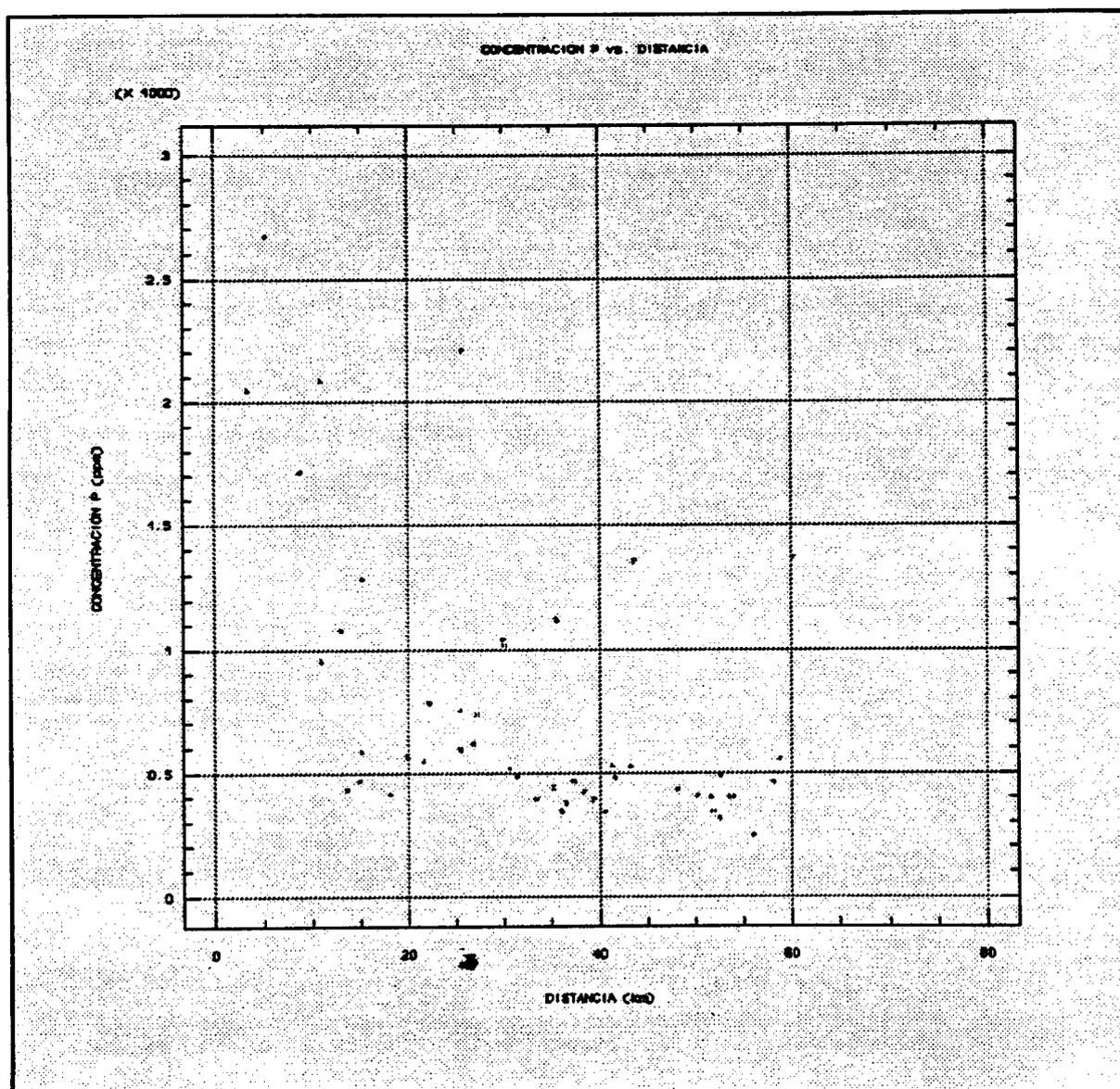


Fig. 39: Concentración de P (ppm) frente a distancia a Madrid.

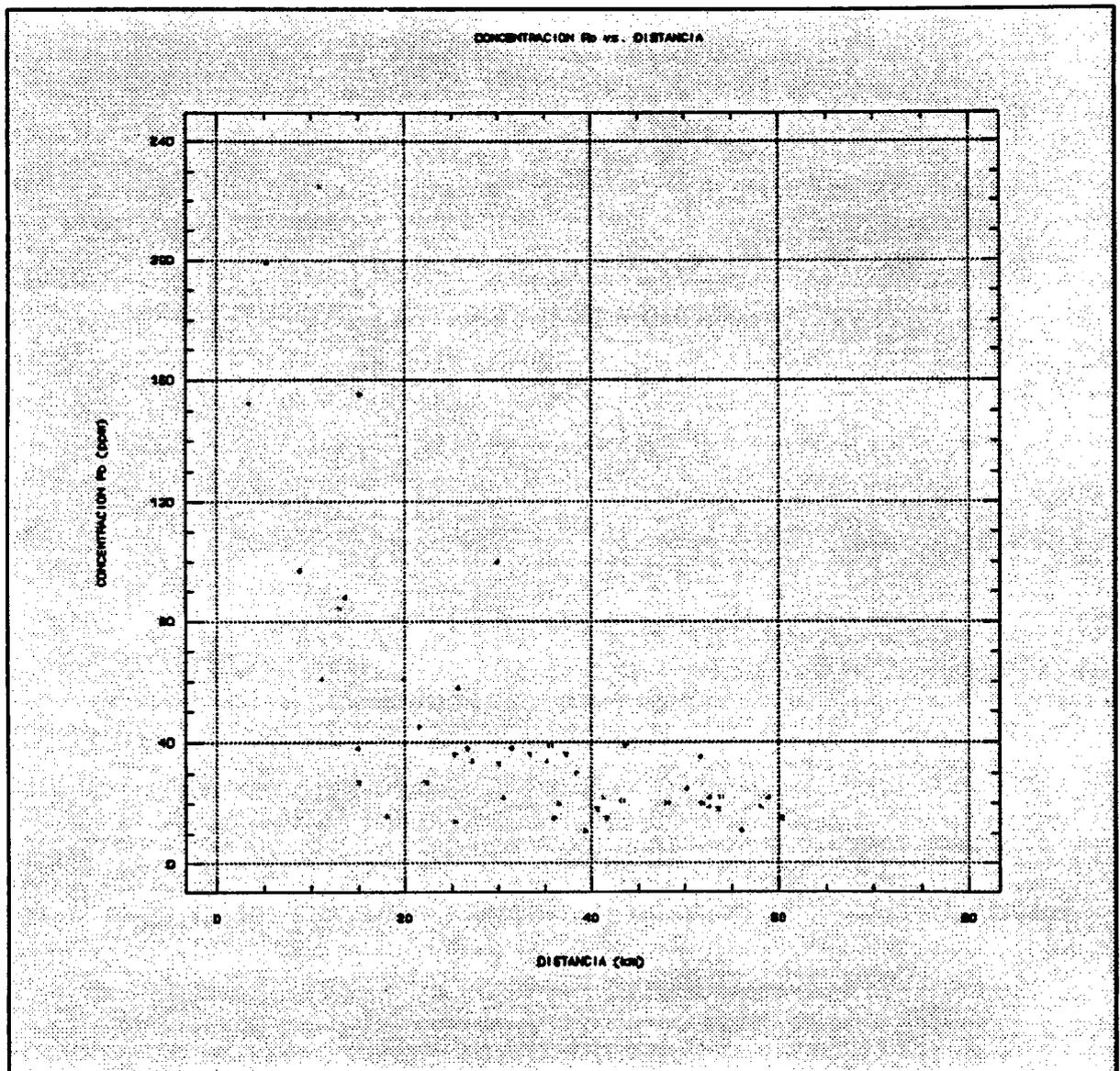


Fig. 40: Concentración de Pb (ppm) frente a distancia a Madrid.

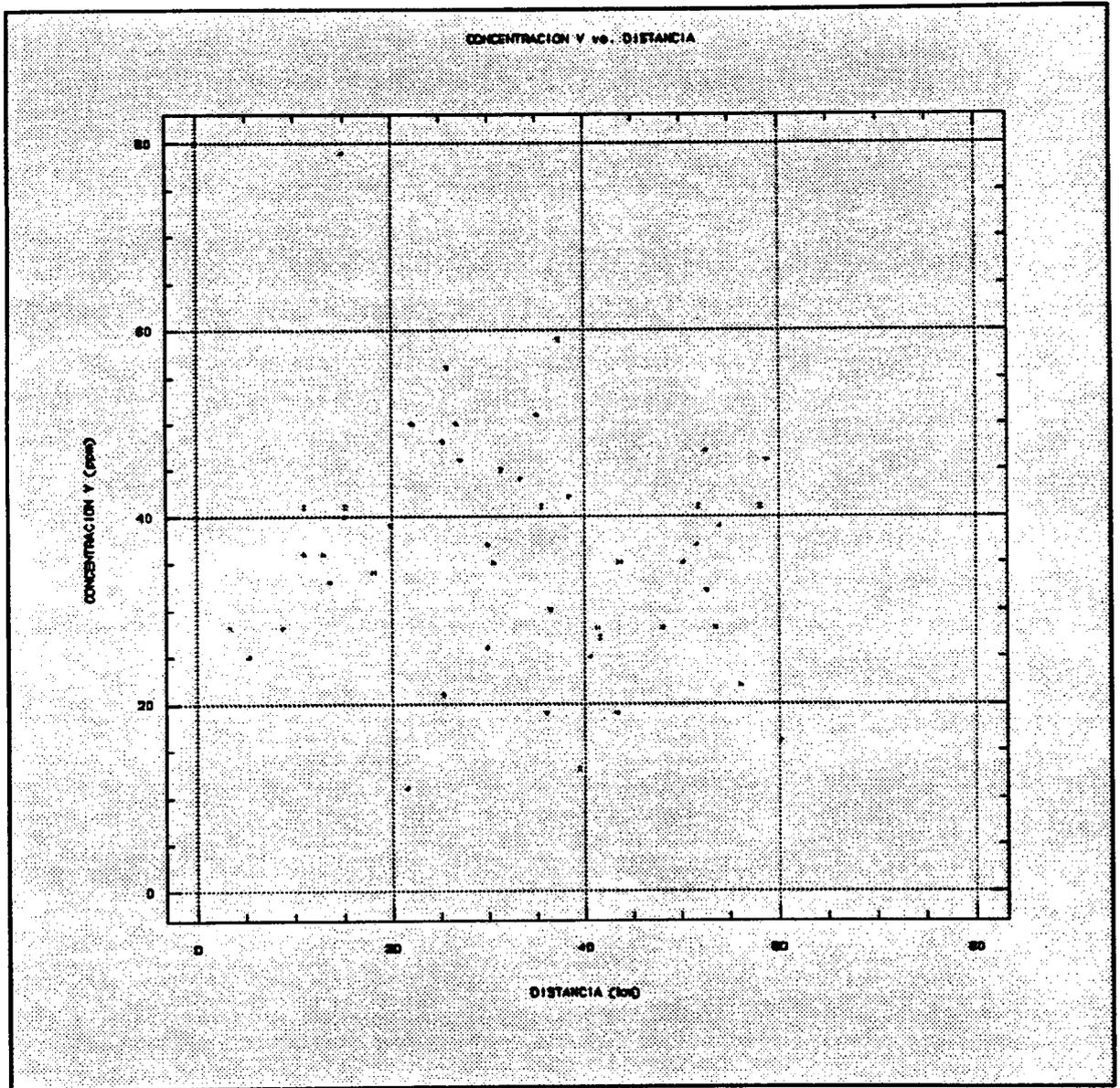


Fig. 41: Concentración de V (ppm) frente a distancia a Madrid.

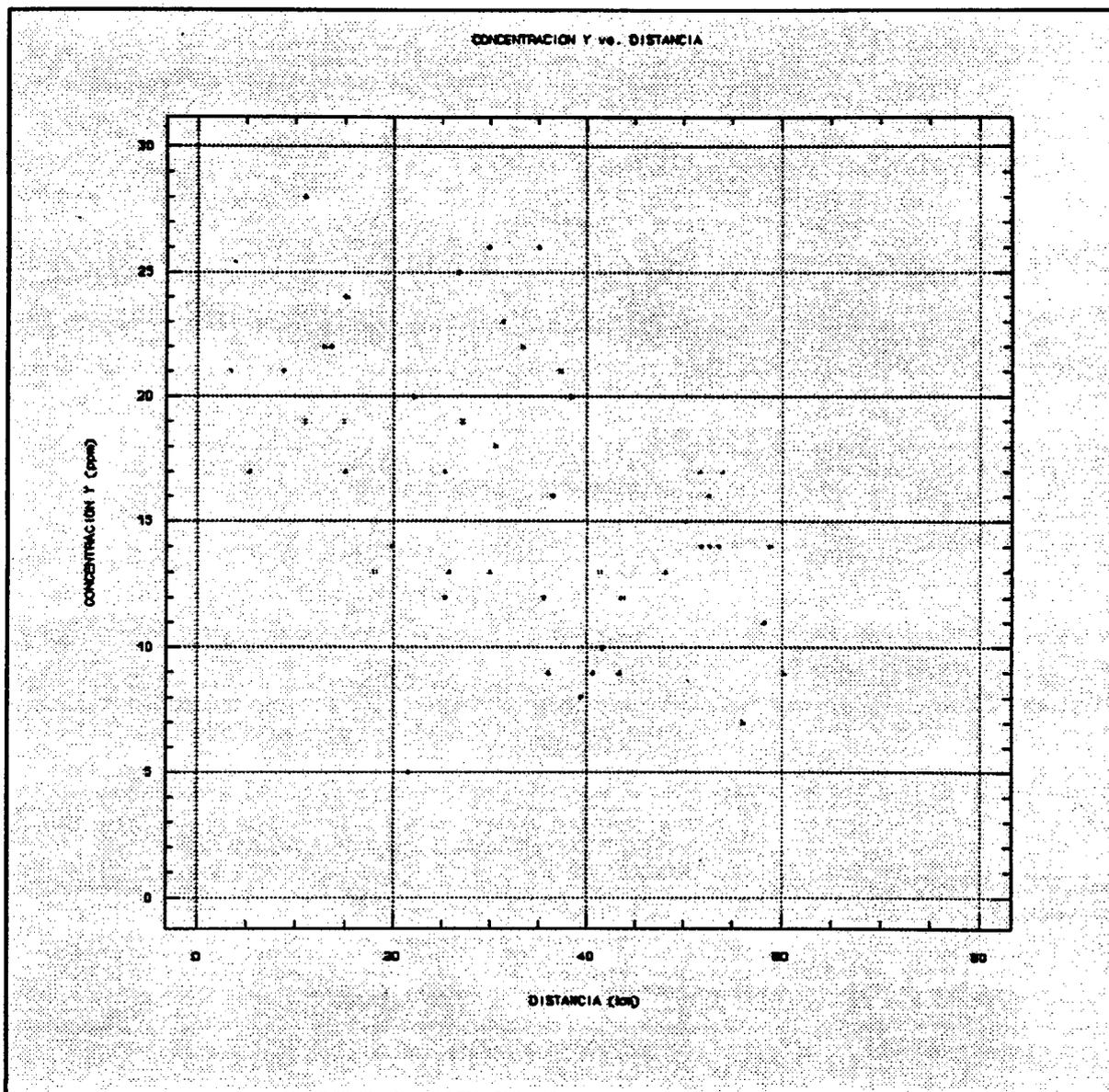


Fig. 42: Concentración de Y (ppm) frente a distancia a Madrid.

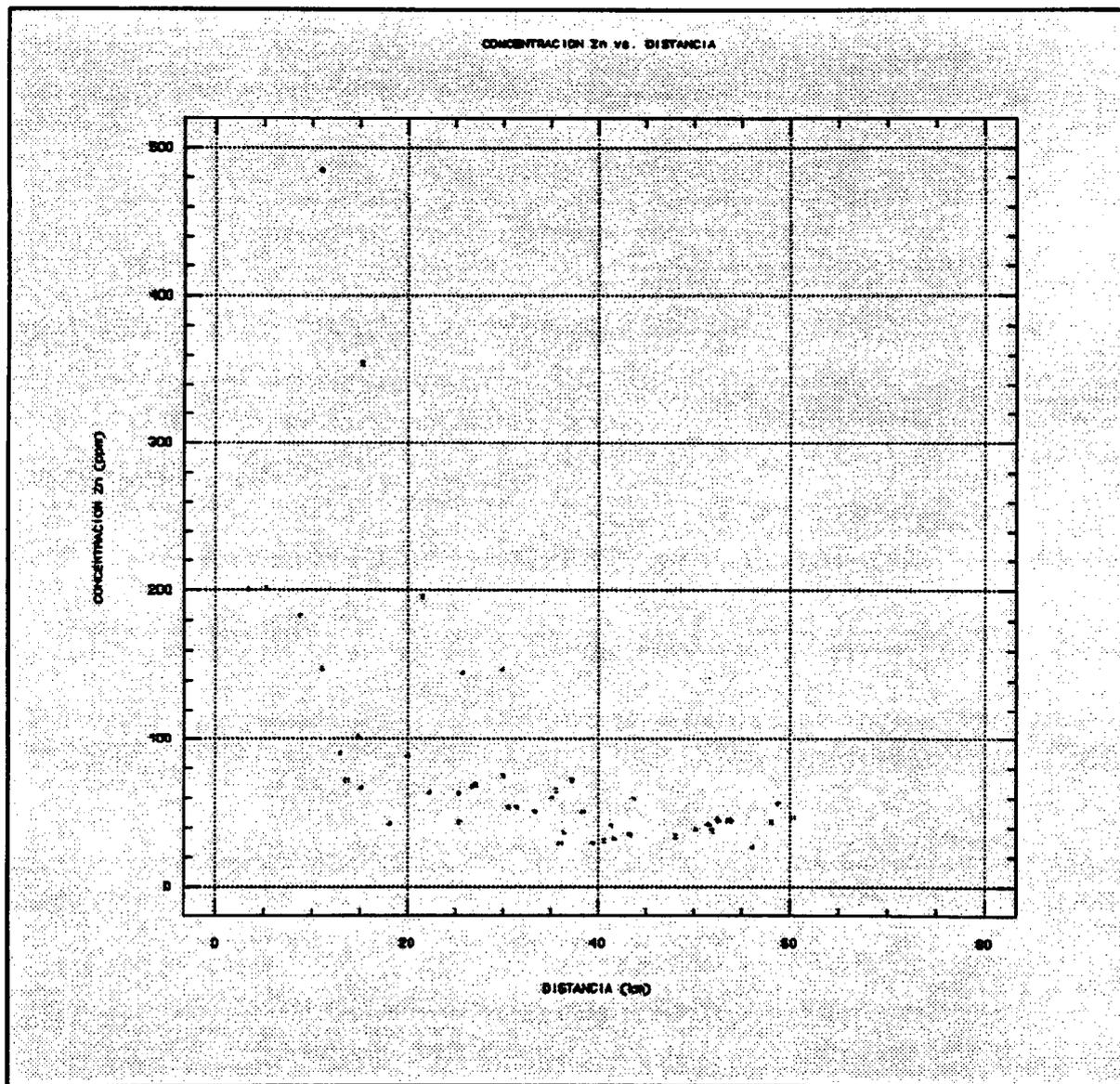


Fig. 43: Concentración de Zn (ppm) frente a distancia a Madrid.

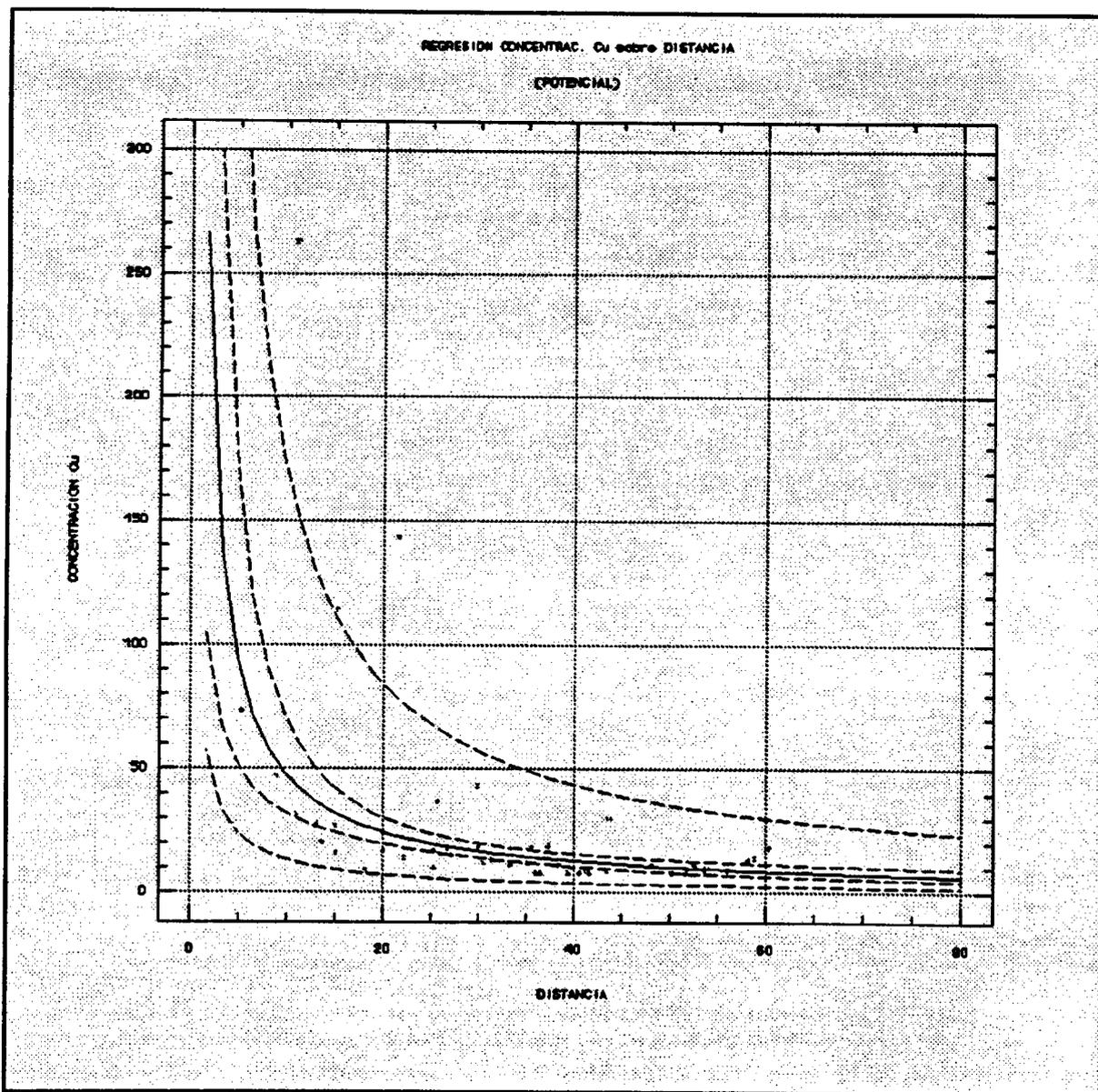


Fig. 44: Ajuste de un modelo potencial para la regresión de [Cu] sobre distancia a Madrid.

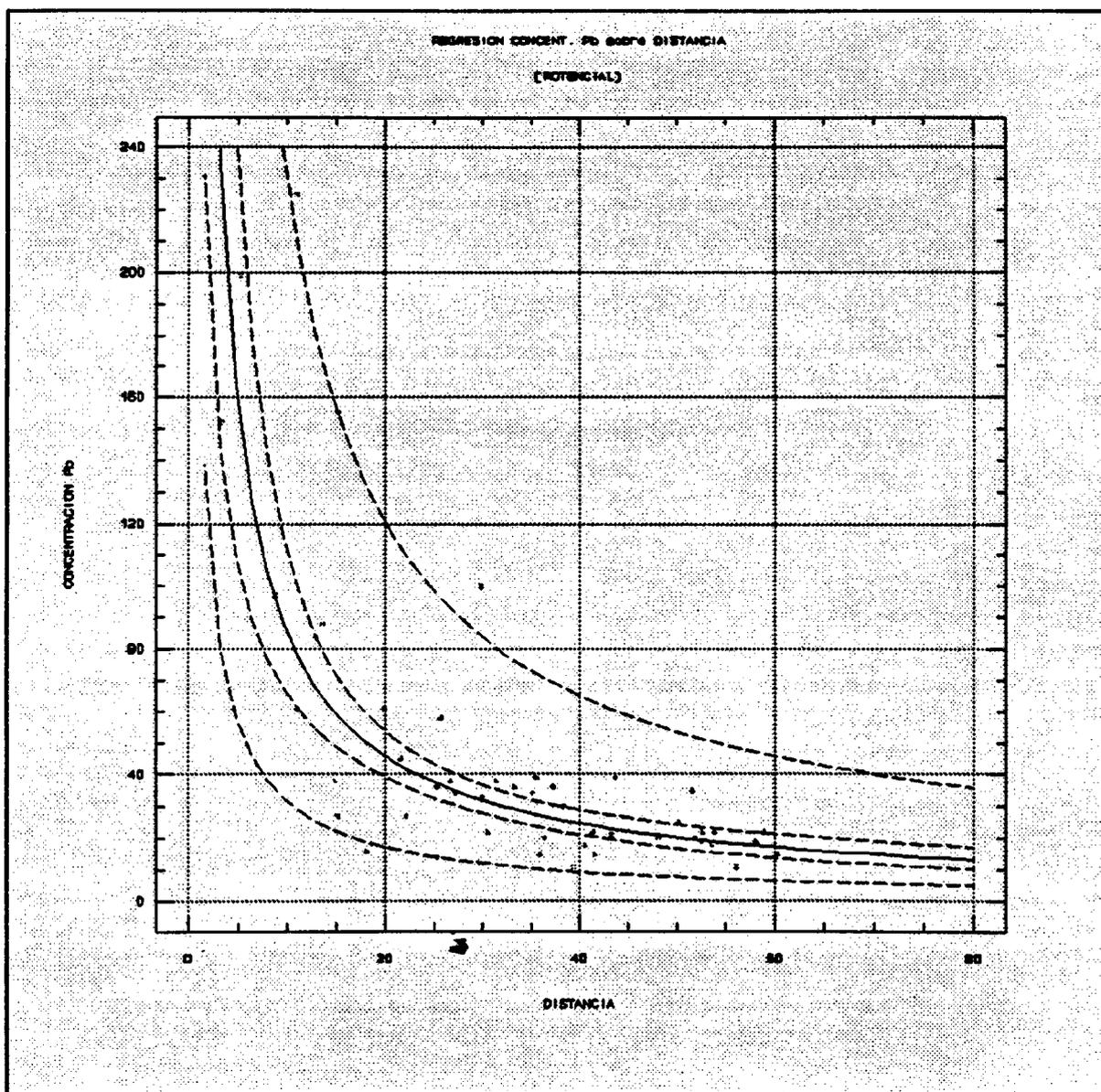


Fig. 45: Ajuste de un modelo potencial para la regresión de [Pb] sobre distancia a Madrid.

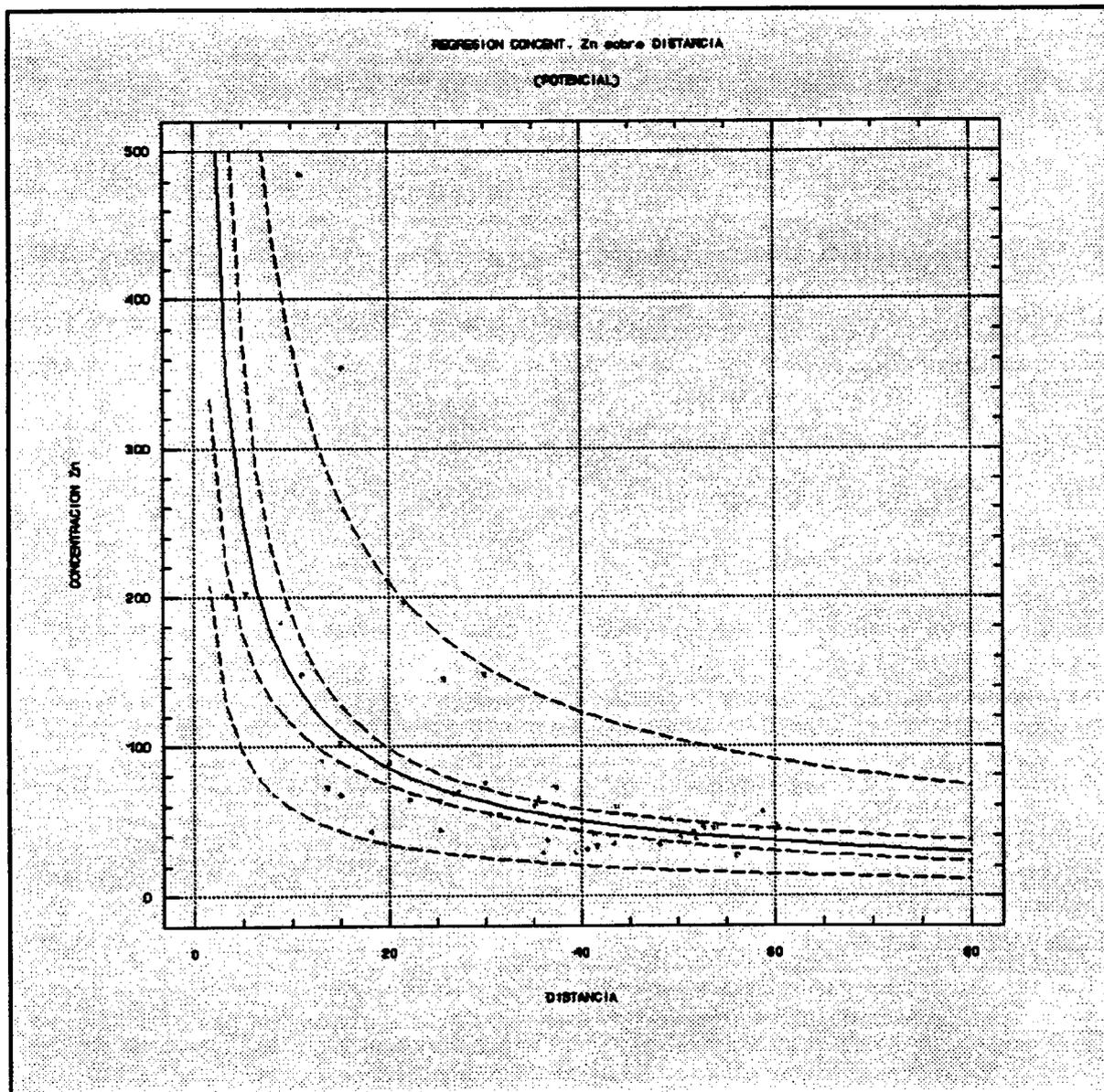


Fig. 46: Ajuste de un modelo potencial para la regresión de [Zn] sobre distancia a Madrid.

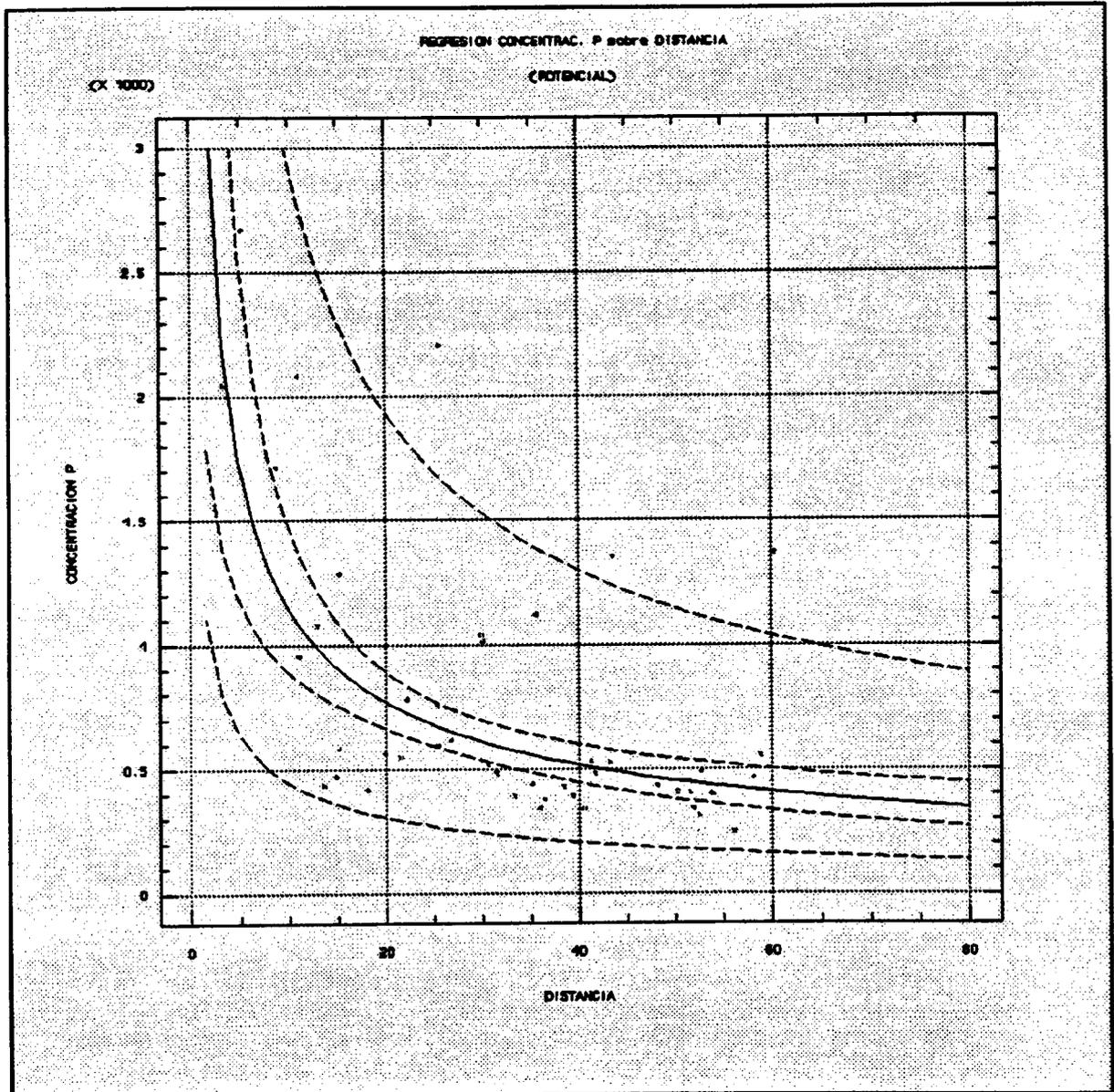


Fig. 47: Ajuste de un modelo potencial para la regresión de [P] sobre distancia a Madrid.

Visto que en determinados casos existe una dependencia potencial de las concentraciones respecto a las distancias, puede intentarse ajustar un modelo según dos rectas de diferente pendiente, si, como parece indicar este ajuste, la dependencia es muy acusada hasta un valor de la distancia, a partir del cual tal dependencia es mucho menor o nula.

El valor de la distancia en que cambia la pendiente de la recta de ajuste se determina como aquel que hace máximo el F-ratio asociado a tal ajuste. Trabajando de este modo, y con el conjunto completo de datos, se llega a un modelo como el que aparece en las Figs. 48, 49, 50 y 51. El punto de cambio de pendiente (disminución de la influencia de Madrid) se produce para:

Cu .....	20 km.
P .....	14 km.
Pb .....	18 km.
Zn .....	28 km.

A pesar de ser todos estos ajustes significativos se observa que existen varios puntos, especialmente en el primer tramo, y más pendiente, de recta que se separan del cuerpo principal y alteran el modelo, modificando, consecuentemente, la distancia definida como "alcance" de la influencia de Madrid.

Debido a ello se decide repetir el proceso, eliminando estos individuos. Con ello, el ajuste mejora sustancialmente y, como era previsible, cambia el punto de corte de las rectas, que, para Cu, Pb y Zn se sitúa, ahora, a 15 km. (Figs. 52, 53 y 54).

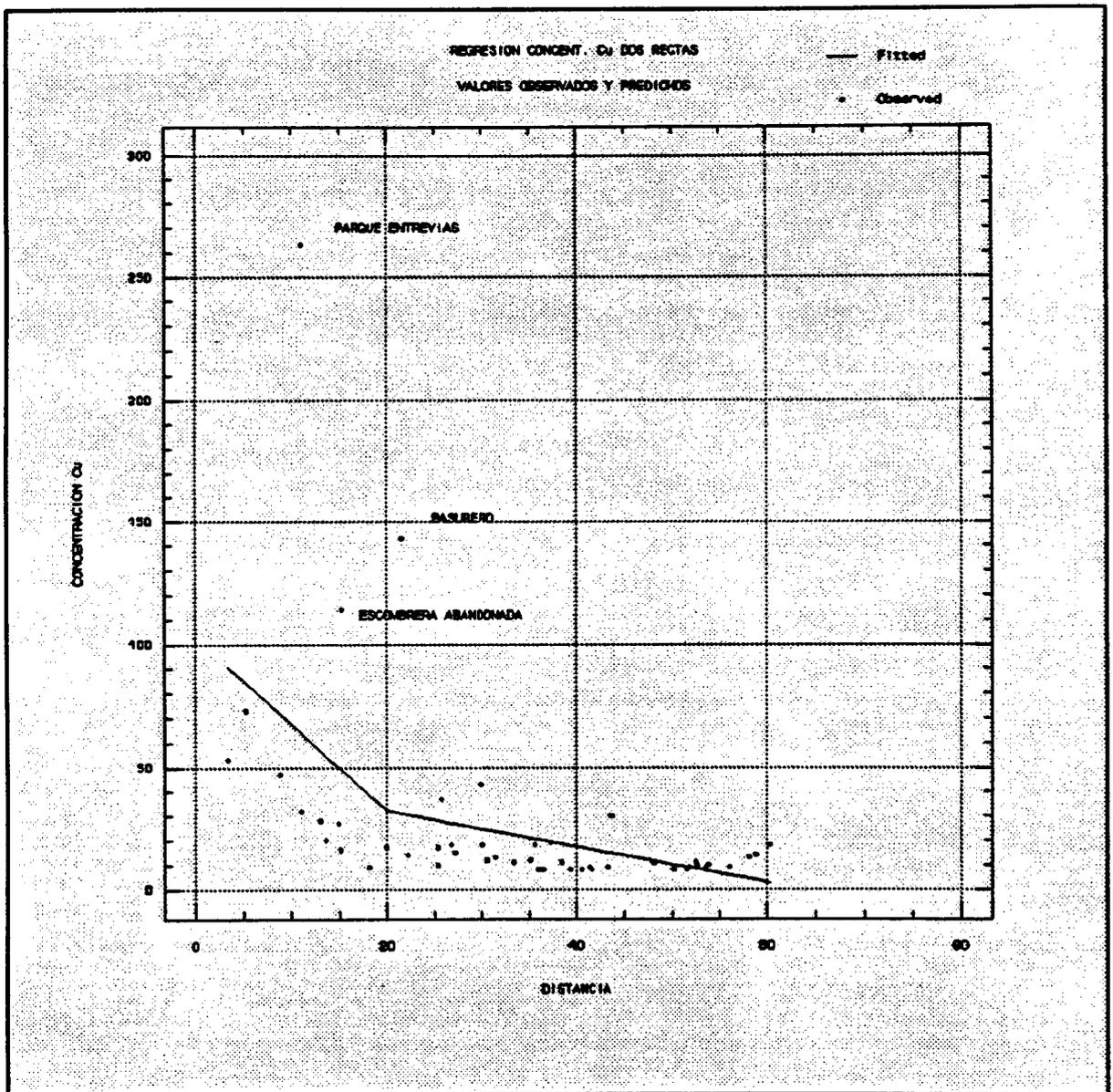


Fig. 48: Ajuste de un modelo de dos rectas para la regresión de [Cu] sobre distancia a Madrid.

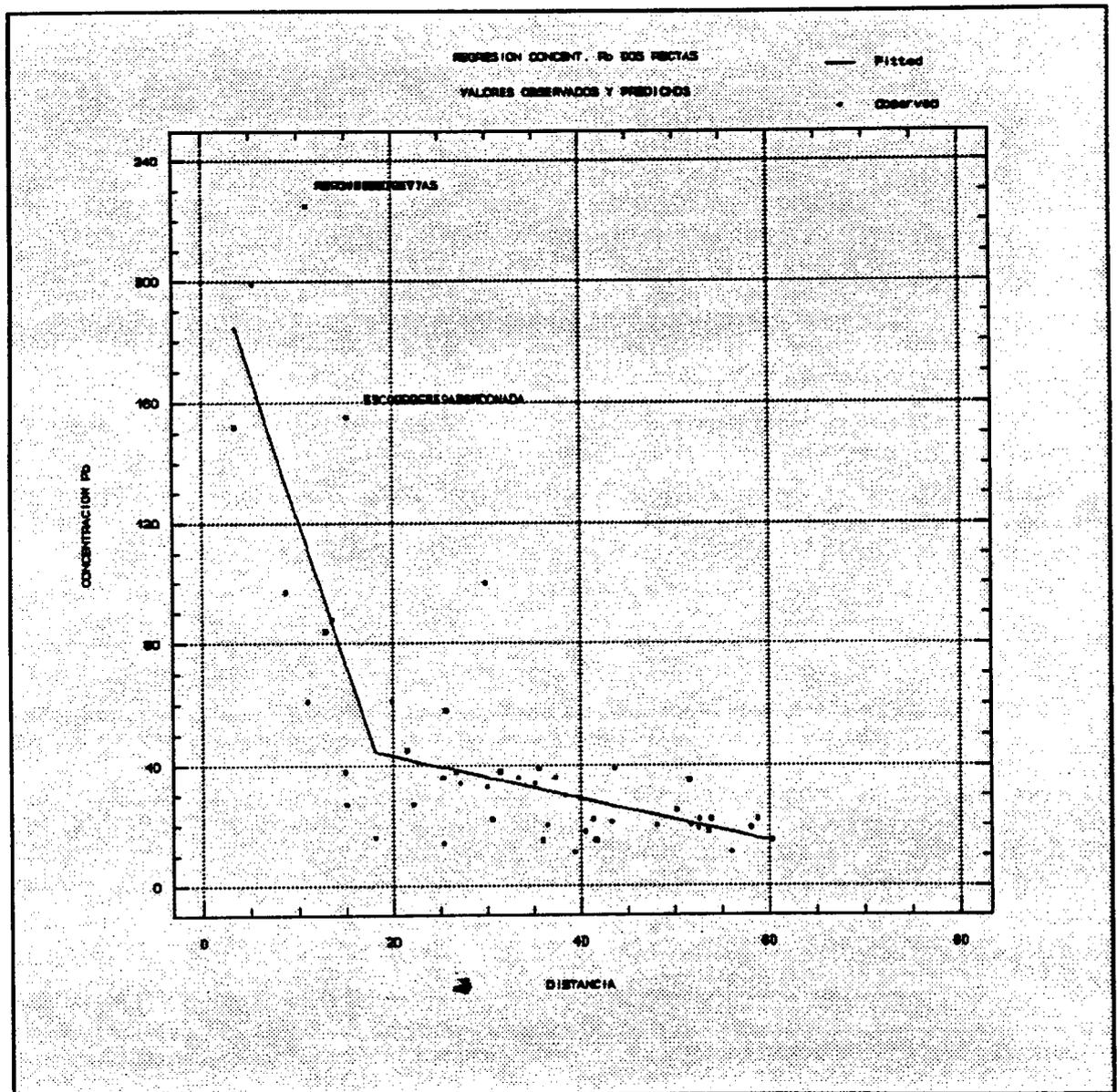


Fig. 49: Ajuste de un modelo de dos rectas para la regresión de [Pb] sobre distancia a Madrid.



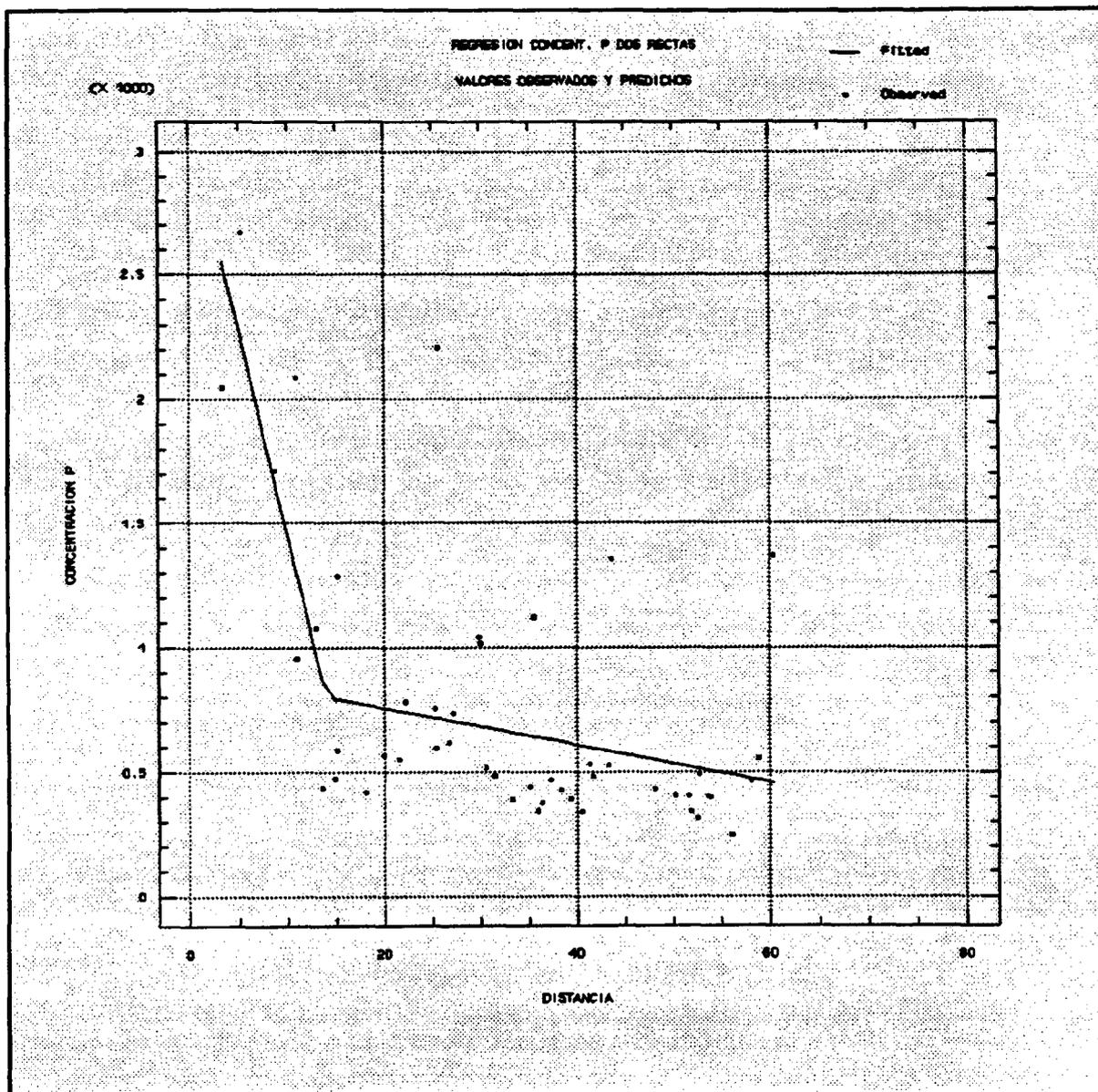


Fig. 51: Ajuste de un modelo de dos rectas para la regresión de [P] sobre distancia a Madrid.

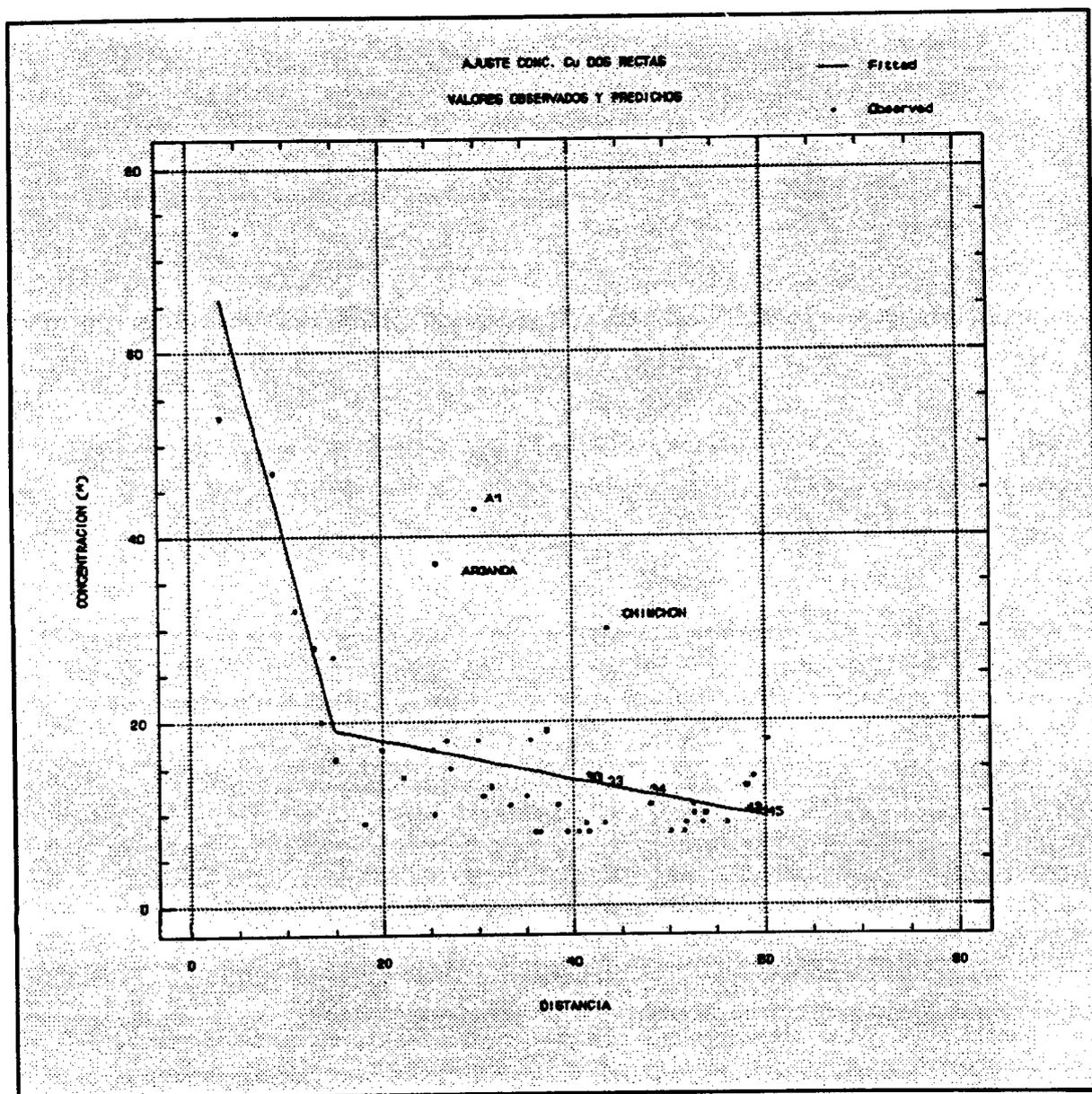


Fig. 52: Ajuste de un modelo de dos rectas con datos depurados para la regresión de [Cu] sobre distancia a Madrid.

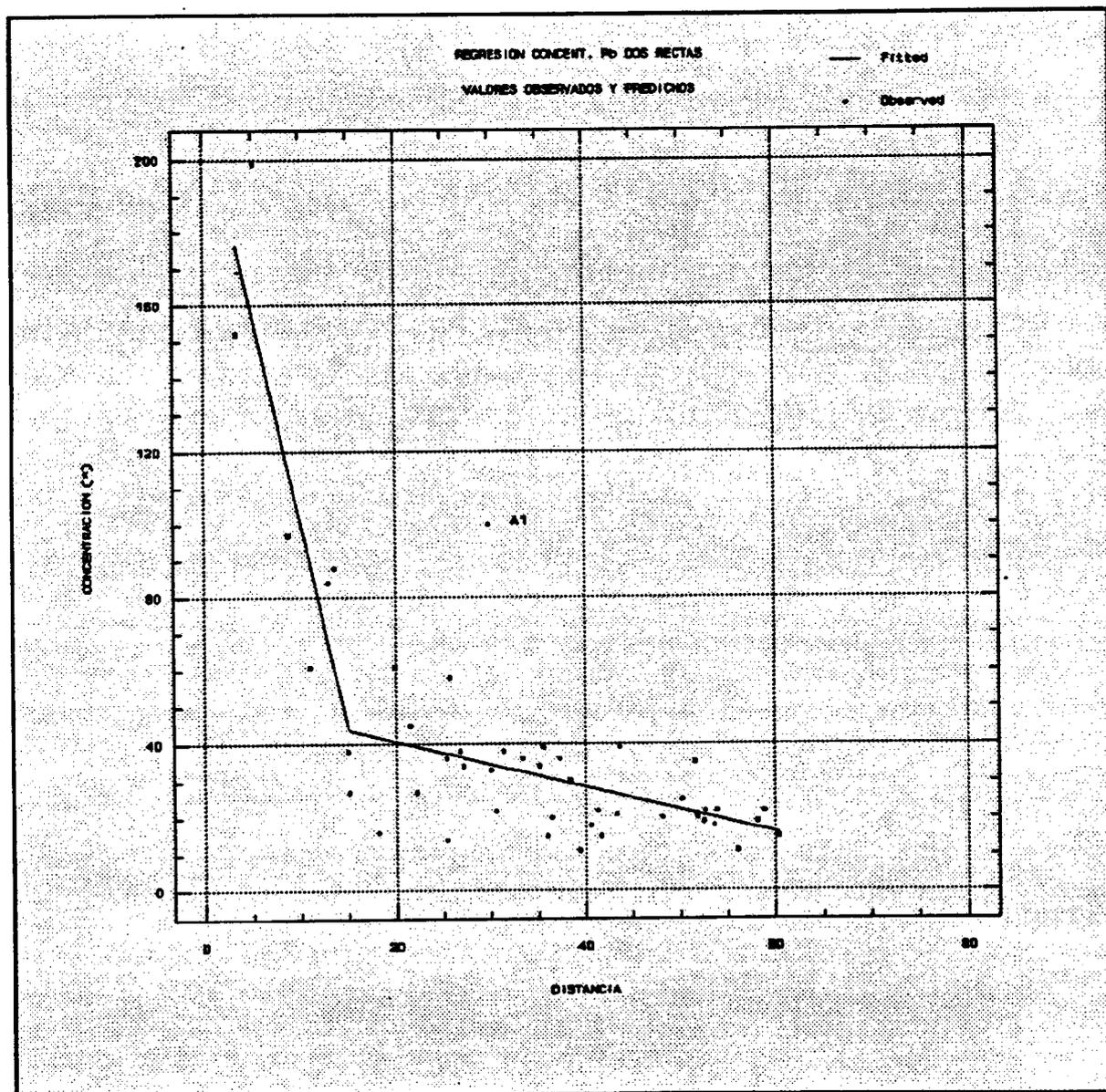


Fig. 53: Ajuste de un modelo de dos rectas con datos depurados para la regresión de [Pb] sobre distancia a Madrid.

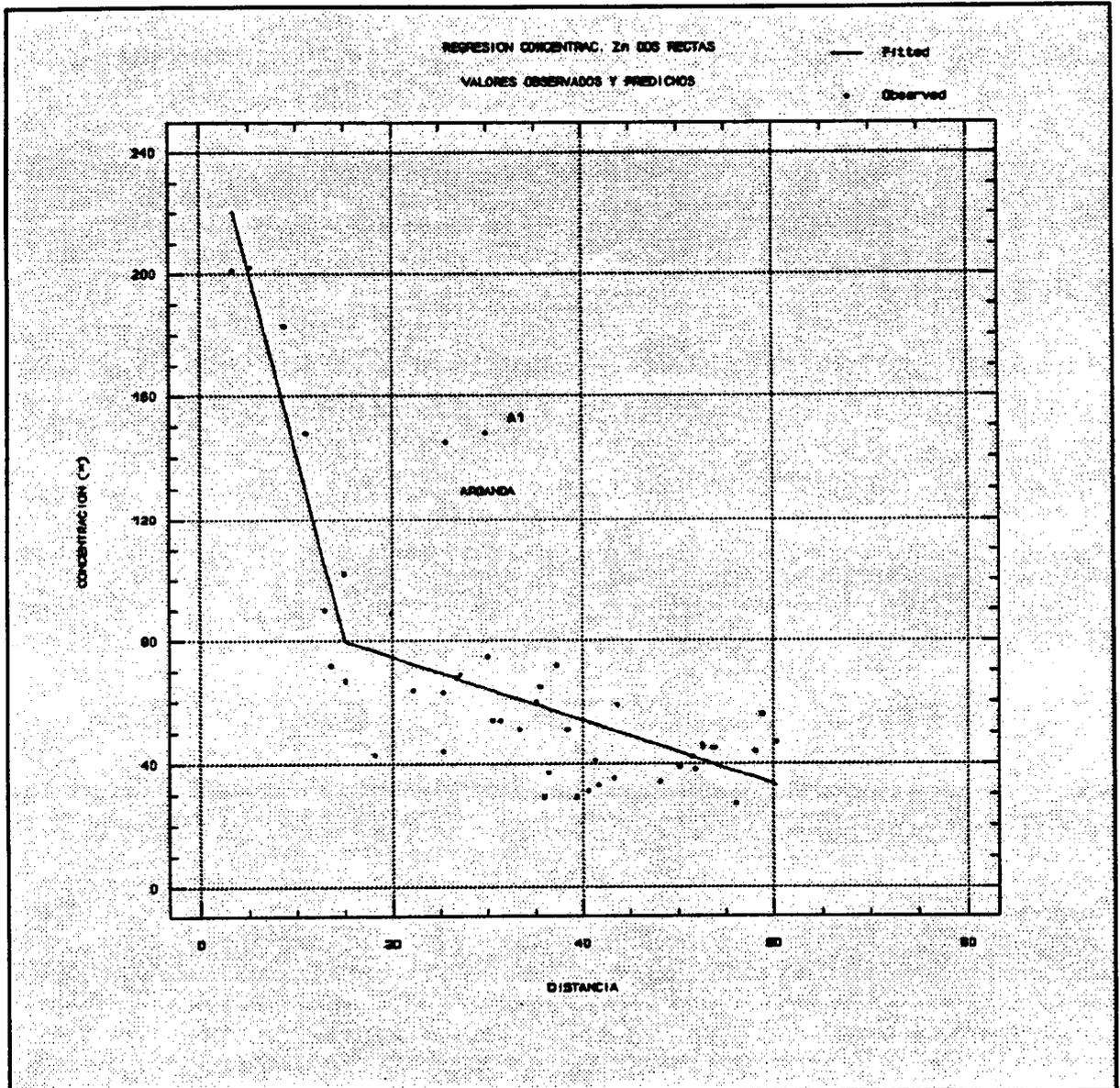


Fig. 54: Ajuste de un modelo de dos rectas con datos depurados para la regresión de [Zn] sobre distancia a Madrid.

Como conclusión de este apartado del estudio se ha de señalar que, efectivamente, existe una dependencia estadísticamente significativa de las concentraciones de elementos traza en suelo con la distancia a la ciudad de Madrid. Para el caso de Cu, Pb y Zn parece intuirse, basándose en las investigaciones llevadas a cabo por los autores respecto a partículas aerotransportadas, que la contaminación atmosférica de Madrid podría ser la causante del comportamiento observado, de modo que su influencia decreciese fuertemente a partir de una distancia de 15 km. Sin embargo existen aún aspectos que deben ser considerados con más detenimiento, como es el efecto que la presencia de suelos no naturales (parques, jardines, escombreras, ...) en el interior y proximidades de Madrid ejerce sobre el modelo de regresión ajustado. De todo ello se puede concluir que las explicaciones que aquí se han ofrecido son, tan sólo, una primera aproximación y que es necesario, en proyectos posteriores, un estudio más profundo, que tome en consideración otras alternativas.

#### 4.5. Plantas y fracciones de suelo.

Los resultados de los análisis de las muestras de plantas aparecen reflejados en la Tabla 17, mientras que las Tablas 18, 19 y 20 muestran las concentraciones de elementos traza en las distintas fracciones de suelo.

No es posible llevar a cabo un tratamiento estadístico eficaz de los datos de concentración de elementos traza en las diferentes fracciones de suelo, debido a que el límite de detección del método analítico empleado (I.C.P.) es demasiado elevado, por un lado, para los elementos Ag, As, Be, Nb y Ni y, por otro, para las concentraciones halladas en las fracciones intercambiable y carbonatada (las cuales, como se explica más adelante, debían estar más íntimamente correlacionadas con los contenidos en elementos traza en las plantas).

	Ag	As	Ba	Be	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	P	Pb	V	Y	Zn
33	0.5	20	39	1	3	8	23	270	10	15495	13	3	1	127
28	0.5	20	4	1	2	9	8	40	10	3129	10	2	1	40
35	0.5	20	28	1	2	6	9	49	10	7160	10	2	1	48
11	0.5	20	124	2	3	14	27	135	10	4119	34	8	3	98
17	0.5	20	7	1	2	9	8	26	10	1637	10	2	1	38
34	0.5	20	41	1	2	6	8	40	10	4645	10	2	1	32
29	0.5	20	139	1	4	18	35	355	11	23097	21	9	3	209
39	0.5	20	120	2	4	12	18	239	10	15807	21	12	4	80
10	1.0	20	195	2	4	37	76	194	13	5642	60	13	6	209
6	0.8	31	330	4	8	49	75	540	25	5473	47	51	15	363
27	0.5	20	72	1	2	7	12	106	10	7766	10	3	1	99
7	0.5	20	192	2	6	66	68	226	38	15058	66	20	2	360
32	0.5	20	51	1	2	13	8	92	10	4648	10	4	1	38
48	0.5	20	30	1	3	12	17	188	10	10970	11	3	1	143
med	0.56	20.79	98.00	1.50	3.36	19.00	28.00	178.57	13.36	8903.29	23.79	9.57	2.93	134.57
dt	0.15	2.94	92.47	0.85	1.78	18.39	25.76	143.98	8.14	6243.35	19.95	13.11	3.79	112.80

Tabla 17. Contenido en elementos traza de las plantas.

**MUESTRA 28:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	3	<0.5	<1	<1	<2	<2	8	<1	<5	<5	<50	<5	<5	<1	<10	<0.5	<5
Carbonatos	<0.25	<10	25	<0.5	<1	<1	<2	<2	47	<1	<5	<5	<50	<5	<5	<1	<10	<0.5	<5
Oxidos	<0.25	13	26	<0.5	<1	2	<2	<2	166	<1	<5	<5	515	21	<5	1	<10	3	22
Orgánica	<0.25	<10	20	<0.5	<1	1	4	5	20	<1	<5	<5	469	12	<5	4	<10	3	7
Residual	<0.25	<10	203	<0.5	<1	5	35	17	132	<1	<5	14	290	20	<5	42	<10	4	57
SUMA	0	13	277	0	0	8	39	22	373	0	0	14	1274	53	0	47	0	10	86
TOTAL	<0,5	<20	244	2.0	<1	7	32	18	284	<2	7	15	1053	46	<5	36	<10	11	62

**MUESTRA 17:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	16	<0.5	<1	<1	2	<2	8	<1	<5	<5	<50	<5	<5	<1	<10	<0.5	<5
Carbonatos	<0.25	<10	35	<0.5	<1	<1	<2	<2	61	<1	<5	<5	<50	<5	<5	<1	<10	1.0	7
Oxidos	<0.25	<10	32	<0.5	<1	3	4	<2	115	<1	<5	6	61	13	<5	5	<10	2.0	19
Orgánica	<0.25	<10	19	<0.5	<1	1	5	2	25	<1	<5	<5	227	9	<5	3	<10	5.0	<5
Residual	<0.25	28	339	1.0	<1	5	29	19	234	<1	8	12	373	23	<5	31	<10	12.0	57
SUMA	0	28	441	1.0	0	9	42	21	443	0	8	18	661	45	0	39	0	20.0	83
TOTAL	<0.5	<20	434	3.0	<1	8	43	20	368	<2	<5	21	695	44	<5	38	<10	19	92

**MUESTRA 32:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	32	<0.5	<1	<1	2	<2	6	<1	<5	<5	<50	<5	<5	<1	<10	<0.5	<5
Carbonatos	<0.25	<10	50	<0.5	<1	<1	<2	<2	46	<1	<5	<5	84	<5	<5	<1	<10	<0.5	<5
Oxidos	<0.25	11	35	<0.5	<1	2	2	<2	118	<1	<5	<5	702	7	<5	2	<10	2	6
Orgánica	<0.25	<10	26	<0.5	<1	1	3	5	15	<1	<5	<5	449	<5	<5	3	<10	3	5
Residual	<0.25	<10	257	1.0	<1	4	22	12	157	<1	5	9	226	15	<5	27	<10	6	43
SUMA	0	11	400	1.0	0	7	29	17	342	0	5	9	1461	22	0	32	0	11	54
TOTAL	<0,5	<20	321	2.0	<1	7	37	14	291	<2	<5	20	1194	22	<10	27	<10	10	61

**MUESTRA 33:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	<2	<0.5	<1	<1	<2	<2	<5	<1	<5	<5	<50	<5	<5	<5	<10	<0.5	<5
Carbonatos	<0.25	<10	4	<0.5	<1	<1	<2	<2	13	<1	<5	<5	<50	<5	<5	<5	<10	<0.5	5
Oxidos	<0.25	<10	19	<0.5	<1	<1	<2	<2	70	<1	<5	4	113	6	<5	<5	<10	2	6
Orgánica	<0.25	<10	11	<0.5	<1	<1	<2	<2	8	<1	<5	<5	94	<5	<5	<5	<10	<0.5	<5
Residual	<0.25	<10	223	1.0	<1	2	11	7	88	<1	4	7	264	8	<5	12	<10	8	19
SUMA	0	0	257	1.0	0	2	11	7	179	0	4	11	471	14	0	12	0	10	30
TOTAL	<0,5	<20	180	<1	<1	3	11	6	150	<2	5	6	388	14	<10	11	<10	7	23

**MUESTRA 10:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	0	<0.5	<1	<1	<2	<2	7	<1	<5	<5	<50	<5	<5	<5	<10	<0.5	<5
Carbonatos	<0.25	<10	17	<0.5	<1	<1	<2	<2	95	<1	<5	<5	58	<5	<5	<5	<10	<0.5	28
Oxidos	<0.25	14	52	1.0	<1	3	15	50	219	<1	<5	9	425	82	<5	5	<10	2	25
Orgánica	<0.25	<10	16	<0.5	<1	1	30	113	39	<1	<5	6	171	10	<5	6	<10	1	30
Residual	1.55	<10	431	3.5	<1	5	25	130	253	<1	10	12	1038	88	<5	30	<10	18	214
SUMA	1.55	14	516	4.5	0	9	70	293	613	0	10	27	1692	180	0	41	0	21	525
TOTAL	2.90	33	439	4.0	<1	8	67	277	549	<2	11	19	1602	191	<10	37	<10	20	506

Tabla 18. Contenido en elementos traza. Muestras 28, 17, 32, 33 y 10.

**MUESTRA 11:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	17	<0.5	<1	<2	<2	<2	9	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Carbonatos	<0.25	<10	13	<0.5	<1	<2	<2	<2	51	<1	<3	<3	191	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Oxidos	<0.25	<10	35	1.0	<1	3	3	4	204	<1	<3	5	261	36	<5	4	<10	2	16
Orgánica	<0.25	<10	50	<0.5	<1	2	4	5	68	<1	<3	5	58	18	<5	5	<10	7	3
Residual	<0.25	<10	311	3.0	<1	3	19	32	226	<1	11	8	583	31	<5	31	<10	13	98
SUMA	0	0	426	4.0	0	8	26	41	558	0	11	18	1093	85	0	40	0	22	117
TOTAL	<0.50	<10	306	4.0	<1	7	25	31	455	<2	11	10	984	82	<10	34	<10	19	105

**MUESTRA 34:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	10	<0.5	<1	<2	<2	<2	8	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Carbonatos	<0.25	<10	20	<0.5	<1	<2	<2	<2	18	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	7
Oxidos	<0.25	<10	51	<0.5	<1	2	2	2	86	<1	<3	5	136	7	<5	<3	<10	5	12
Orgánica	<0.25	<10	12	<0.5	<1	1	2	2	8	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Residual	0.80	<10	263	1.5	<1	3	19	10	124	<1	5	11	378	10	<5	27	<10	12	35
SUMA	0.80	0	356	1.5	0	6	23	14	244	0	5	16	514	17	0	26	0	17	54
TOTAL	<0.50	<10	264	2.0	<1	6	22	9	210	<2	6	11	491	18	<10	13	<10	16	43

**MUESTRA 29:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	12	<0.5	<1	<2	<2	<2	11	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Carbonatos	<0.25	<10	15	<0.5	<1	<2	<2	<2	6	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Oxidos	<0.25	<10	44	<0.5	<1	3	3	4	140	<1	<3	7	<50	8	<5	6	<10	4.5	21
Orgánica	<0.25	<10	55	<0.5	<1	<2	3	2	18	<1	<3	3	<50	<5	<5	3	<10	3.0	<3
Residual	<0.25	<10	353	1.5	<1	4	16	10	154	<1	7	12	357	15	<5	29	<10	10.0	43
SUMA	0	0	426	1.5	0	7	22	16	329	0	7	18	357	23	0	38	0	17.5	64
TOTAL	<0.50	<10	385	2.0	<1	7	30	12	331	<2	7	15	386	24	<10	36	<10	18.0	50

**MUESTRA 39:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	23	<0.5	<1	<2	<2	<2	5	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Carbonatos	<0.25	<10	22	<0.5	<1	<2	<2	<2	37	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	10
Oxidos	<0.25	<10	51	1.0	<1	4	3	3	238	<1	<3	6	<50	8	<5	7	<10	3	9
Orgánica	<0.25	<10	54	<0.5	<1	<2	5	3	59	<1	<3	5	<50	<5	<5	4	<10	7	<3
Residual	<0.25	<10	345	2.0	<1	6	34	13	188	<1	10	16	407	16	<5	44	<10	10	59
SUMA	0	0	426	3.0	0	10	42	19	527	0	10	27	407	24	0	55	0	20	68
TOTAL	<0.50	<10	373	3.0	<1	9	41	12	446	<2	10	19	376	26	<10	51	<10	19	57

**MUESTRA 6:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	18	<0.5	<1	<2	<2	<2	6	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Carbonatos	<0.25	<10	25	<0.5	<1	<2	<2	<2	32	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	5
Oxidos	<0.25	<10	52	1.0	<1	4	4	3	220	<1	<3	7	<50	13	<5	16	<10	5	15
Orgánica	<0.25	<10	53	1.0	<1	2	3	3	61	<1	<3	5	<50	9	<5	9	<10	12	<3
Residual	<0.25	29	369	3.5	<1	7	37	31	240	<1	13	15	503	16	<5	56	<10	11	110
SUMA	0	29	517	5.5	0	13	44	37	559	0	13	27	503	38	0	81	0	28	130
TOTAL	<0.50	45	403	5.0	<1	11	44	28	558	<2	15	20	481	35	<10	75	<10	26	119

Tabla 19. Contenido en elementos traza. Muestras 11, 34, 29, 39 y 6.

**MUESTRA 48:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	9	<0.5	<1	<2	<2	<2	9	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Carbonatos	<0.25	<10	22	<0.5	<1	<2	<2	<2	5	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Oxidos	<0.25	<10	48	<0.5	<1	3	2	3	199	<1	<3	6	87	9	<5	<3	<10	5.5	9
Orgánica	<0.25	<10	15	<0.5	<1	<2	3	3	11	<1	<3	<3	27	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Residual	<0.25	29	242	1.5	<1	5	15	13	95	<1	5	16	435	8	<5	40	<10	7.5	41
SUMA	0	29	336	1.5	0	8	20	19	314	0	5	22	549	17	0	40	0	13.0	50
TOTAL	<0.50	20	215	2.0	<1	7	32	13	292	<2	5	16	514	19	<10	39	<10	11.0	45

**MUESTRA 3:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	7	<0.5	<1	<2	<2	2	17	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	4
Carbonatos	<0.25	<10	18	<0.5	<1	<2	<2	<2	84	<1	<3	3	93	<5	<5	<3	<10	<0.5	20
Oxidos	<0.25	<10	55	1.5	<1	2	16	3	155	<1	<3	6	546	33	<5	4	<10	3.0	5
Orgánica	<0.25	<10	42	1.0	<1	2	36	6	57	<1	<3	6	324	16	<5	4	<10	8.0	22
Residual	1.00	<10	371	4.0	<1	4	19	39	268	<1	14	10	687	24	<5	31	<10	20.0	149
SUMA	1.00	0	493	6.5	0	8	71	48	581	0	14	25	1650	73	0	39	0	31.0	254
TOTAL	2.40	<20	393	6.0	<1	6	67	44	511	<2	16	13	1551	76	<10	35	<10	27.0	258

**MUESTRA 35:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	5	<0.5	<1	<2	2	<2	11	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Carbonatos	<0.25	<10	25	<0.5	<1	<2	<2	<2	14	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Oxidos	<0.25	<10	51	<0.5	<1	2	2	5	137	<1	<3	6	439	14	<5	<3	<10	4.5	1
Orgánica	<0.25	<10	15	<0.5	<1	<2	5	7	14	<1	<3	3	133	<5	<5	3	<10	<0.5	<3
Residual	0.00	<10	295	1.5	<1	5	22	23	120	<1	4	13	811	18	<5	31	<10	9.0	66
SUMA	0.00	0	391	1.5	0	7	29	35	296	0	4	22	1383	32	0	34	0	13.5	65
TOTAL	<0.50	<20	288	2.0	<1	6	26	28	257	<2	6	13	1253	32	<10	30	<10	10.0	55

**MUESTRA 7:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	6	<0.5	<1	<2	<2	<2	9	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Carbonatos	<0.25	<10	22	<0.5	<1	<2	<2	<2	71	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	17
Oxidos	<0.25	<10	34	1.0	<1	3	6	4	92	<1	<3	8	280	35	<5	4	<10	3	9
Orgánica	<0.25	<10	19	<0.5	<1	<2	7	6	16	<1	<3	4	<50	6	<5	<3	<10	2	5
Residual	<0.25	29	533	2.0	<1	5	31	27	164	<1	7	15	594	26	<5	38	<10	13	65
SUMA	0	29	614	3.0	0	8	44	37	352	0	7	27	674	67	0	81	0	18	183
TOTAL	<0.50	20	478	2.0	<1	7	44	28	302	<2	6	19	834	64	<10	42	<10	15	173

**MUESTRA 27:**

(Resultados en ppm)

Fracción	Ag	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Sb	V	W	Y	Zn
Cambiable	<0.25	<10	31	<0.5	<1	<2	<2	<2	5	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Carbonatos	<0.25	<10	36	<0.5	<1	<2	<2	<2	27	<1	<3	<3	<50	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Oxidos	<0.25	<10	78	<0.5	<1	2	2	1	85	<1	<3	5	82	7	<5	<3	<10	4.0	8
Orgánica	<0.25	<10	20	<0.5	<1	<2	2	2	8	<1	<3	<3	11	<5	<5	<3	<10	<0.5	<3
Residual	<0.25	29	235	1.0	<1	4	17	9	122	<1	6	15	372	8	<5	26	<10	9.0	36
SUMA	0	29	400	1.0	0	6	19	12	247	0	6	27	465	15	0	26	0	13.0	44
TOTAL	<0.50	20	347	3.0	<1	5	20	9	214	<2	7	10	413	15	<10	23	<10	13.0	34

Tabla 20. Contenido en elementos traza. Muestras 48, 3, 35, 7 y 27.

A pesar de ello, y con objeto de facilitar la interpretación, se ha procedido, por una parte, a la estudentización de los valores de concentraciones de elementos traza en plantas (Tabla 21).

Muestra	Ag	As	Ba	Be	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	P	Pb	V	Y	Zn
33	-0.38	-0.27	-0.64	-0.58	-0.20	-0.60	-0.19	0.64	-0.41	1.06	-0.54	-0.50	-0.51	-0.07
28	-0.38	-0.27	-1.02	-0.58	-0.76	-0.54	-0.78	-0.96	-0.41	-0.92	-0.69	-0.58	-0.51	-0.84
35	-0.38	-0.27	-0.76	-0.58	-0.76	-0.71	-0.74	-0.90	-0.41	-0.28	-0.69	-0.58	-0.51	-0.77
11	-0.38	-0.27	0.28	0.58	-0.20	-0.27	-0.04	-0.30	-0.41	-0.77	0.51	-0.12	0.02	-0.32
17	-0.38	-0.27	-0.98	-0.58	-0.76	-0.54	-0.78	-1.06	-0.41	-1.16	-0.69	-0.58	-0.51	-0.86
34	-0.38	-0.27	-0.62	-0.58	-0.76	-0.71	-0.78	-0.96	-0.41	-0.68	-0.69	-0.58	-0.51	-0.91
29	-0.38	-0.27	0.44	-0.58	0.36	-0.05	0.27	1.23	-0.29	2.27	-0.14	-0.04	0.02	0.66
39	-0.38	-0.27	0.24	0.58	0.36	-0.38	-0.39	0.42	-0.41	1.11	-0.14	0.19	0.28	-0.48
10	2.94	-0.27	1.05	0.58	0.36	0.98	1.86	0.11	-0.04	-0.52	1.82	0.26	0.81	0.66
6	1.61	3.47	2.51	2.92	2.61	1.63	1.82	2.51	1.43	-0.55	1.16	3.16	3.18	2.03
27	-0.38	-0.27	-0.28	-0.58	-0.76	-0.65	-0.62	-0.50	-0.41	-0.18	-0.69	-0.50	-0.51	-0.32
7	-0.38	-0.27	1.02	0.58	1.48	2.56	1.55	0.33	3.03	0.99	2.12	0.80	-0.24	2.00
32	-0.38	-0.27	-0.51	-0.58	-0.76	-0.33	-0.78	-0.60	-0.41	-0.68	-0.69	-0.42	-0.51	-0.86
48	-0.38	-0.27	-0.74	-0.58	-0.20	-0.38	-0.43	0.07	-0.41	0.33	-0.64	-0.50	-0.51	0.07

Tabla 21. Valores estudentizados de los contenidos en elementos traza en plantas.

Es interesante señalar que, excepción hecha de la anomalía que la muestra 29 presenta en cuanto al contenido en fósforo (y que podría ser debida a la presencia de fertilizantes), sólo tres muestras de plantas, la 6, la 7 y la 10 presentan contenidos anormalmente elevados en alguno de los elementos. Existen dos razones que podrían explicar este hecho, sin que, de momento, se posea la suficiente información para optar por una de ellas o por la coincidencia de las dos.

En primer lugar, cabe recordar que la muestra número 6 fue tomada en un descampado situado en el extrarradio de San Fernando de Henares, la número 7 en una margen del río Henares

y la número 10 en el Parque de Entrevías. En los tres casos, pues, se trata de plantas desarrolladas sobre suelos no estrictamente naturales, si incluimos en esta denominación la terraza del río Henares (inundada, probablemente, en época de crecidas, y sometida, por tanto, al aporte de elementos traza de las zonas urbanas o industriales localizadas aguas arriba). No es descabellado suponer que la fuerte influencia antrópica sobre los suelos correspondientes a estas estaciones de muestreo (todos ellos señalados como puntos anómalos en el estudio de las concentraciones totales de elementos en suelo) se haya traducido en contenidos anormalmente elevados de elementos traza en las plantas allí presentes. Esta hipótesis se ve reforzada al constatar que las concentraciones anómalas lo son, en un buen número de casos, en los mismos elementos en las plantas y los suelos correspondientes: planta y suelo número 6, en Co, Mn y V; número 7, en Pb (respecto al grupo al que fue asignado el suelo, C1); y número 10, en Ag.

Existe, sin embargo, una segunda circunstancia que puede explicar la existencia de las anomalías mencionadas. En efecto, se da la coincidencia de que las plantas recogidas en las estaciones 6,7 y 10 son las tres únicas analizadas distintas de la *Diplotaxis Erucoides* (L. DC.), debido, precisamente, a las diferentes características de los suelos en estos tres emplazamientos respecto a los demás puntos de muestreo. Este hecho podría hacer pensar que las plantas tomadas en las estaciones 6,7 y 10 tuvieran una superior capacidad de incorporación de elementos traza y que, por ello, sus tejidos se encuentran enriquecidos en dichos elementos.

Por último, se ha intentado estudiar la posible relación existente entre la concentración de elementos traza en las plantas y en las diferentes fracciones de suelo consideradas. Sin embargo, ni las matrices de correlaciones obtenidas para cada una de las muestras ni el Análisis de Agrupamiento realizado ofrecen resultados coherentes. Los coeficientes de correlación más elevados para las plantas corresponden a la fracción residual del suelo y, en menor número, a las

fracciones orgánica y de óxidos de Fe y Mn. Esta información contradice el hecho de que, precisamente las otras dos fracciones de suelo, intercambiable y carbonatada, sean las que presentan un mayor potencial para la bioincorporación de elementos traza por parte de las plantas. De hecho, en la literatura, las fracciones orgánica y de óxidos de Fe y Mn son calificadas como "potencialmente" bioasimilables, mientras que la residual es considerada no incorporable (Ref. 8).

Una posible explicación para esta aparente paradoja podría encontrarse en que el lavado de las plantas no haya sido lo suficientemente exhaustivo como para eliminar todas las partículas de suelo a ellas adheridas, especialmente en las raíces. Por ello, se sugiere que para los estudios futuros se varíe la metodología de preparación y análisis de muestras, bien llevando a cabo un lavado extramadamente minucioso, bien preparando y analizando únicamente las hojas de las plantas (si ello es posible) o bien sometiendo a las plantas a un ataque químico que no sea lo suficientemente fuerte como para solubilizar la fracción residual del suelo.

Por último, si se toma en consideración que la asimilación de elementos del suelo por parte de la flora está fuertemente influenciada por el pH del suelo, y se eleva a medida que aumenta el carácter ácido del mismo (Ref. 9), y que la capacidad de bioincorporación de elementos traza varía de manera importante de una especie vegetal a otra (Ref. 10), cabe sugerir que, si es posible disminuir los límites de detección en el análisis, los estudios futuros o ampliaciones de este proyecto podrían abordarse mediante una regresión de los contenidos en elementos traza en las distintas muestras de una misma especie de planta sobre los correspondientes a las distintas fracciones del suelo, más el pH del mismo. En caso de contar con el soporte técnico y el apoyo financiero necesarios, sería interesante proceder a la toma de muestras de más de una especie vegetal de modo que pudiese investigarse la incorporación de elementos traza a distintos niveles de la cadena trófica y fuera posible estudiar comparativamente el

potencial de asimilación en función de las características del vegetal considerado.

## 5. CONCLUSIONES.

Si bien los resultados alcanzados con la realización de este estudio se han ido exponiendo en cada uno de los apartados correspondientes, bajo este epígrafe se ordenan y resumen tales conclusiones, para lo cual se ha dividido el capítulo en función de los objetivos señalados al comienzo del informe.

### 5.1. Elaboración de un mapa geoquímico de elementos traza en suelos.

\* El plan de muestreo que se propone, si se pretende determinar, de nuevo, la varianza asociada a cada nivel, esta basado en un diseño ANOVA de cinco niveles, consistente en la definición de AREAS de  $(10 \times 10)$  km<sup>2</sup>, subdivididas en cuatro SECTORES de  $(5 \times 5)$  km<sup>2</sup>, de los cuales se eligen dos al azar; en cada uno de ellos se toman tres MUESTRAS distribuidas aleatoriamente dentro del sector; cada doce muestras recogidas, se duplica una en campo, y de cada par de muestras duplicadas, una vuelve a duplicarse en laboratorio. Una MUESTRA de campo se obtiene como unión de cinco incrementos tomados en estrella, a distancias de 10m.

En el caso de que una nueva determinación de la varianza asociada a cada nivel del muestreo no sea relevante en futuros estudios, y que se persiga, únicamente, la representación de concentraciones de elementos traza en un mapa, el esquema de muestreo propuesto sería un muestreo aleatorio simple, en el cual, dentro de cada AREA se tomase el número de muestras determinado en la Tabla 2 del apartado 4.2. de este estudio.

\* Existen diferentes patrones de variabilidad para los distintos elementos traza analizados: No es posible elaborar, con un mismo plan de muestreo, un mapa geoquímico representativo para los 14 elementos. El diseño propuesto permite llevar a cabo una cartografía representativa para Ag, Ba, Be, Cu, P, Pb y Zn (para distinguir las diferencias de composición

entre dos AREAS con un nivel de significación del 95%), más Mn e Y (para un nivel de significación del 80%).

\* La contribución de los métodos de toma de muestras en campo y de preparación y análisis de las mismas en laboratorio a la varianza total de los resultados es despreciable. De esta manera queda validado el protocolo seguido en este estudio y permite sugerir que se mantenga para la elaboración de un futuro mapa de elementos traza en suelos. Parece, tan sólo, aconsejable variar la metodología de preparación de las muestras de plantas, bien analizando sólo las hojas de las mismas, bien procediendo a un ataque con ácidos no exhaustivo que no solubilice la matriz mineral de las partículas de suelo adheridas a las raíces.

## **5.2. Influencia de la ciudad de Madrid.**

\* Existe una dependencia inversa, estadísticamente significativa, de las concentraciones de Cu, Pb, Zn, P, (Ba, Cr, Mn, Ni e Y) respecto a la distancia a Madrid.

\* Para los elementos Cu, Pb, Zn parece existir una influencia fuerte de Madrid hasta una distancia de 15 km., a partir de la cual se mantiene aún la dependencia con la distancia, pero de una forma mucho más suave, tendiendo a desaparecer.

\* Una posible explicación al hecho que acaba de exponerse es que la contaminación atmosférica de la ciudad se deje notar de manera intensa hasta los 15 km. de la misma, disminuyendo fuertemente o casi en su totalidad a partir de esta distancia. Sin embargo no existen suficientes datos como para descartar la hipótesis de que este modelo venga provocado por la atípica composición de los suelos urbanos (parques, jardines, escombreras, etc...), que se localizan, precisamente dentro y en las inmediaciones de Madrid, frente a los suelos naturales encontrados a mayores distancias.

### 5.3. Clasificación geoquímica de suelos. Zonas anómalas.

\* Con el objeto de definir muestras representativas de zonas anómalas se ha llevado a cabo una clasificación funcional de suelos a partir de las concentraciones de elementos mayoritarios, atendiendo a criterios estrictamente geoquímicos y estadísticos.

\* Se ha obtenido una clasificación en cinco grupos con tres divisiones claras:

- Grupos A1 (Suelos Urbanos) y A2 (Suelos Detríticos): Representan, por este orden, el carácter silicatado entre las muestras estudiadas.

- Grupo B (Yesos): Agrupa estaciones situadas en formaciones yesíferas y muestras de zonas calizas. Aparece como el grupo con un carácter calcáreo más acusado.

- Grupos C1 (Suelos Margo-arcillosos) y C2 (Calcoarenosos): Presentan un carácter intermedio entre los extremos anteriores, con propiedades más próximas al Grupo B.

\* Los contenidos en elementos traza confirman la clasificación establecida, lo cual permite sugerir que, en los suelos naturales, la mayor contribución a tales contenidos no tiene un origen externo, sino que proviene de los materiales precursores y de las características propias de cada suelo.

\* La definición de muestras anómalas se ha realizado mediante la estudentización de los datos por grupos, a partir de las concentraciones en elementos traza. Sus resultados parecen poner de manifiesto las zonas contaminadas con más corrección que si no se hubiese procedido a la clasificación previa por grupos.

Además, este último procedimiento se antoja francamente

desaconsejable desde el momento que la mayor parte del contenido en elementos traza de los suelos estudiados parece venir determinada por la roca madre y los procesos de alteración que los originaron, de modo que individuos contaminados pueden alcanzar concentraciones en elementos traza que respecto a su grupo serían anómalas pero no respecto al conjunto; o, a la inversa, puede haber todo un grupo de suelos enriquecidos naturalmente en algún elemento y que, frente al conjunto, quede clasificado como anómalo, lo que puede llevar a definir, erróneamente, todos sus individuos como contaminados.

\* Si bien en este proyecto no ha podido aplicarse debido al reducido número de individuos por grupo frente al de variables, se recomienda que en la segunda fase del mismo la detección de anomalías se realice, además, desde un punto de vista multivariante.

Para ello puede recurrirse al cálculo de la distancia  $D^2$ -Mahalanobis de cada individuo respecto al centro de gravedad del grupo a que ha sido asignado:

$$(\bar{x}_i - \bar{x})^T S^{-1} (\bar{x}_i - \bar{x}) \quad (2)$$

Esta distancia se compara con el valor de la  $T^2$ -Hotelling correspondiente al número de grados de libertad de dicho grupo.

La  $T^2$ -Hotelling se aproxima mediante una F-Fisher según:

$$T^2_{p,m} = \frac{mp}{m-p+1} F_{p,m-p+1} \quad (3)$$

donde:

m: número de individuos de cada grupo

p: número de variables

Se clasificarían como anómalos aquellos individuos cuya distancia de Mahalanobis al centro de gravedad del grupo a que han sido asignado sea superior al percentil 95% correspondiente en la distribución  $T^2$  de la ecuación (3).

\* Las zonas detectadas como anómalas corresponden, en su mayor parte, a terrenos que soportan una carga anormalmente elevada de metales como consecuencia de vertidos directos de residuos: escombros, basuras, desechos de polígonos industriales (Arganda), etc..., siendo especialmente significativo el enriquecimiento en Cu y Zn.

Otras estaciones anómalas se sitúan en terrazas o aluviones de ríos que, verosímilmente, acarrear contaminantes de zonas urbanas o industriales situadas aguas arriba. La explicación para el resto de de zonas marcadas como anómalas es menos obvia, si bien una de ellas parece estar directamente relacionada con la presencia de un oleoducto en las proximidades.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. SEARLE, S.R. (1971). "Linear Models". John Wiley and Sons. (New York).
2. HUITSON, A. (1971). "The analysis of variance: A basic course". Griffins Statistical Monographs and Courses. Edited by Alan Stuart.
3. MIESCH, A.T. (1976). "Geochemical survey of Missouri - Methods of sampling, laboratory analysis, and statistical reduction of data". U.S. Geol. Survey, Prof. Paper 954-A. U.S. Geological Survey (Washington, D.C.)
4. GARRET, R.G. y GOSS, T.I. (1979). "The evaluation of sampling and analytical variation in regional geochemical surveys". pp.371-384. In J.R. Watterson and P.K. Theobald (ed.). Geochemical Exploration, 1978. Proc. 7th Int. Geochem. Explor. Symp. (Golden, CO; 17-18 April 1978).
5. KLUSMAN, R.W. (1985). "Sample design and analysis for regional geochemical studies". J. Env. Qual. 14. pp.369-375.
6. TESSIER, A.; CAMPBELL, P.G. y BISSOU, M. "Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals". Analytical Chemistry. Vol. 51, n°7. 1979.
7. ADRIANO, D.C. (1986). "Trace Elements in the Terrestrial Environment". Springer-Verlag (New York).
8. ELLIOT, H.A., DEMPSEY, B.A. y MAILLE, P.J. (1990). "Content and Fractionation of Heavy Metals in Water Treatment Sludges". J. Env. Qual. 19. pp.330-334.
9. SIMS, J.T. y KLINE, J.S. (1991). "Chemical Fractionation and Plant Uptake of Heavy Metals in Soils ammended with co-composted Sewage Sludge". J. Env. Qual. 20. pp.387-395.
10. ALBERICI, T.M., SOPPER, W.E., STORM, G.L. y YAHNER, R.H. (1989). "Trace Metals in Soil, Vegetation, and Voles from Mine Land Treated with Sewage Sludge". J. Env. Qual. 18. pp.115-120.

**ANEXO:**

***ESTUDIO DE SEDIMENTOS MARINOS EN LA COSTA DE MALAGA Y  
GRANADA***

## ESTUDIO DE SEDIMENTOS MARINOS DE LA COSTA DE MALAGA Y GRANADA

### INDICE

- 1.- Investigación Geológica Marina del ITGME.
- 2.- Resultados de los análisis.
- 3.- Depuración de la base de datos. Relación carbono-metales
- 4.- Resultados analíticos depurados
- 3.- Correcciones a los resultados analíticos.
- 4.- Relación carbono-metales.
- 5.- Estudio de los resultados materia orgánica-metal.
- 6.- Análisis de los resultados.
- 7.- Conclusiones.

## **1.- INVESTIGACION GEOLOGICA MARINA DEL ITGME**

El Programa General de Cartografía Geológica de la Plataforma Continental Española y zonas Adyacentes, realizado por el Instituto Tecnológico GeoMinero de España, tiene como objetivo principal la realización y publicación de las Hojas Marinas. Cada una de las cuales consta de los documentos siguientes: un mapa geológico convencional y otro morfo-estructural del subsuelo marino a escala 1/200.000; dos mapas sedimentológicos a escala 1/400.000 y la memoria explicativa correspondiente. Otros objetivos del programa consisten en la creación de un fondo documental de líneas geofísicas y de una litoteca del suelo marino.

Durante 1990 se publicó el grupo de hojas marinas nº 79-79E (provincia de Murcia), y quedó preparado para su publicación en 1991 el grupo de hojas marinas nº 25-25E (Gerona). Por otra parte, han continuado los trabajos finales de gabinete sobre el grupo de hojas nº 72-73 (Alicante).

Para la elaboración del grupo de hojas nº 83-83E (Granada-Málaga) se ha realizado la tercera campaña marina de prospección geofísica, según una red de itinerarios de unos 1.100 Km, así como la cuarta campaña marina, con la obtención de unas 600 muestras y testigos, seguidas de una labor de análisis de laboratorio. Por otra parte, se ha efectuado una "campaña litoral", mediante operaciones de buceo cuyo objeto ha sido la extracción de muestras del fondo marino somero. Con todo ello se ha realizado la totalidad de los trabajos de mar, restando los trabajos de gabinete adicionales para su publicación en el próximo ejercicio.

## **2.- RESULTADOS DE LOS ANALISIS**

Las muestras cuyos resultados analíticos se incluyen en las tablas de las páginas siguientes fueron tomadas en las costas de Málaga y Granada en la campaña Geológica Marítima realizada en el año 1991.

### **MUESTRA DC-132 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 35 m.

Fango.

### **MUESTRA DC-133 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 67 m.

Fango beige.

### **MUESTRA DC-136 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

**MUESTRA DC-140 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 170 m.

Fango algo arenoso gris verdoso. Las arenas destacan como puntos negros.

**MUESTRA DC-141 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 235 m.

Fango.

**MUESTRA DC-156 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 321 m.

Fango gris (verde oliva).

**MUESTRA DC-170 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 220 m.

Fango.

**MUESTRA DC-191 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 64 m.

Arena fina fangosa con algo de materia orgánica.

**MUESTRA DC-199 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 54 m.

Fango con algas.

**MUESTRA DC-203 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 29 m.

Fango con materia orgánica.

**MUESTRA DC-204 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 43 m.

Fango con materia orgánica.

**MUESTRA DC-215 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 323 m.

Fango gris.

**MUESTRA DC-277 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 93 m.

Arena fangosa.

**MUESTRA DC-278 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 190 m.

Arena fina fangosa. Color gris.

**MUESTRA DC-279 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 274 m.

Fango gris.

**MUESTRA DC-283 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 46 m.

Arena con bioclastos.

**MUESTRA DC-287 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 18 m.

Arena.

**MUESTRA DC-321 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 290 m.

Fango arcilloso color verde oliva.

**MUESTRA DC-330 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

Profundidad de 59 m.

Fango arenoso con muchas algas.

**MUESTRA DC-331 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )**

MUESTRA DC-346 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 405 m.

Fango.

MUESTRA DC-357 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 280 m.

Fango.

MUESTRA DC-359 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 352 m.

Fango.

MUESTRA DC-383 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 253 m.

Fango plástico color verde oliva.

MUESTRA DC-385 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 364 m.

Fango gris.

MUESTRA DC-393 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 99 m.

Arena bioclástica (fangosa).

MUESTRA DC-413 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 67 m.

Fangos fluidos color verde oliva (gran cantidad de rizomas).

MUESTRA DC-419 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 16 m.

Fango.

MUESTRA DC-425 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 390 m.

Fango.

MUESTRA DC-432 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 290 m.

Fango.

MUESTRA DC-443 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 99 m.

Fango algo limoso (gran cantidad de rizomas).

MUESTRA DC-445 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 146 m.

Fango.

MUESTRA DC-447 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 225 m.

Fango.

MUESTRA DC-455 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 82 m.

Fango limoso.

MUESTRA DC-511 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 295 m.

MUESTRA DC-513 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 57 m.

Arena fina algo fangosa.

MUESTRA DC-514 ( $\phi < 20 \mu\text{m}$ )

Profundidad de 60 m.

Arena fina fangosa con biogenos.

FRACCION SOLIDA (resultados en %)

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>Al</u>	<u>Ca</u>	<u>Fe</u>	<u>K</u>	<u>Mg</u>	<u>Na</u>	<u>Ti</u>
DC-132	9.38	3.60	5.23	2.03	1.65	0.23	0.39
DC-133	9.46	2.81	5.21	2.07	1.51	0.24	0.39
DC-136	9.11	3.77	4.88	2.18	1.56	0.32	0.38
DC-140	9.37	4.14	4.97	2.44	1.60	0.37	0.32
DC-141	9.57	4.29	4.83	2.52	1.54	0.46	0.31
DC-156	8.02	4.35	4.40	2.18	1.46	0.53	0.33
DC-170	9.48	3.50	4.89	2.57	1.54	0.49	0.32
DC-191	8.12	4.00	4.84	2.38	1.57	0.37	0.38
DC-199	8.56	4.13	4.99	2.18	1.49	0.32	0.37
DC-203	9.94	3.17	5.40	2.40	1.54	0.31	0.36
DC-204	8.59	2.99	4.86	2.18	1.47	0.31	0.34
DC-215	9.18	4.40	4.81	2.39	1.45	0.50	0.30
DC-277	10.09	2.39	5.50	2.56	1.58	0.42	0.34
DC-278	10.58	3.04	5.20	2.81	1.53	0.47	0.31
DC-279	10.08	3.53	5.20	2.59	1.44	0.45	0.33
DC-283	10.27	3.55	5.60	2.67	1.59	0.36	0.36
DC-287	9.41	6.01	5.16	2.52	1.64	0.34	0.33
DC-321	10.05	4.07	4.78	2.62	1.52	0.58	0.28
DC-330	9.34	1.94	5.31	2.51	1.60	0.44	0.36
DC-331	10.18	3.90	5.51	2.69	1.70	0.43	0.35
DC-346	10.09	4.84	5.03	2.83	1.51	0.61	0.29
DC-357	10.17	4.37	4.98	2.64	1.52	0.61	0.27
DC-359	10.31	3.73	4.92	2.75	1.45	0.66	0.26
DC-383	11.08	3.84	5.40	2.99	1.60	0.71	0.31
DC-385	11.40	4.44	5.27	3.12	1.56	0.74	0.27
DC-393	10.85	2.55	5.21	2.76	1.68	0.65	0.26
DC-413	9.74	1.13	5.27	2.53	1.71	0.61	0.32
DC-419	10.88	3.43	5.40	2.71	2.22	0.59	0.34
DC-425	11.30	4.53	5.37	3.08	1.54	0.72	0.28
DC-432	9.86	2.88	5.12	2.67	1.46	0.71	0.32
DC-443	10.75	----	5.53	2.73	1.57	0.71	0.25
DC-445	11.01	3.37	5.25	2.86	1.56	0.75	0.25
DC-447	11.09	2.68	5.10	2.94	1.52	0.79	0.30
DC-455	11.73	1.90	5.79	2.89	1.65	0.79	0.30
DC-511	11.17	3.40	5.65	2.93	1.39	0.70	0.28
DC-513	11.37	2.40	5.32	2.83	1.40	0.80	0.28
DC-514	11.56	2.25	5.50	2.94	1.42	0.80	0.32
Media:	10.08	3.48	5.18	2.61	1.56	0.54	0.32
D. T.:	0.96	0.96	0.29	0.28	0.14	0.18	0.04

FRACCION SOLIDA (resultados en ppm)

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>Ag</u>	<u>As</u>	<u>Ba</u>	<u>Be</u>	<u>Cd</u>	<u>Co</u>	<u>Cr</u>	<u>Cu</u>	<u>Mn</u>	<u>Mo</u>
DC-132	1.0	25	329	4	2	17	134	41	473	4
DC-133	1.0	20	339	4	2	16	115	38	501	4
DC-136	0.7	20	354	2	2	15	113	34	388	4
DC-140	1.0	20	379	1	2	10	110	30	305	4
DC-141	1.0	20	429	1	2	9	100	27	297	4
DC-156	0.5	20	433	2	2	12	97	26	---	4
DC-170	1.0	20	489	1	2	10	102	27	309	4
DC-191	0.5	20	355	2	2	15	113	38	366	5
DC-199	0.5	20	339	2	2	14	107	38	412	4
DC-203	0.5	20	---	2	2	14	110	35	365	4
DC-204	0.5	20	339	2	2	13	104	36	368	4
DC-215	0.5	20	437	3	2	12	97	30	288	4
DC-277	1.0	20	413	4	2	15	110	38	356	4
DC-278	1.0	20	458	1	2	11	105	31	332	4
DC-279	0.5	20	430	2	2	16	99	41	348	4
DC-283	1.0	20	403	1	2	11	108	35	399	4
DC-287	1.0	20	412	1	2	12	100	32	776	4
DC-321	1.0	20	460	4	2	13	96	31	303	4
DC-330	0.5	20	425	2	2	13	103	37	335	4
DC-331	1.0	20	428	1	2	10	103	32	358	4
DC-346	1.0	20	507	2	2	10	98	27	297	4
DC-357	1.0	25	471	4	2	14	98	31	301	4
DC-359	1.0	20	498	4	2	14	102	34	297	4
DC-383	1.0	20	552	2	2	11	102	28	320	4
DC-385	1.0	20	581	2	2	12	102	27	315	4
DC-393	1.0	20	503	4	2	14	103	36	342	4
DC-413	0.5	20	469	3	2	14	98	40	354	4
DC-419	1.0	20	522	2	2	12	108	44	417	4
DC-425	1.0	20	570	2	2	12	104	35	325	4
DC-432	0.5	20	527	2	2	17	102	31	303	4
DC-443	1.0	22	498	5	2	18	106	42	381	4
DC-445	1.0	29	526	5	2	16	103	38	348	4
DC-447	1.0	30	572	4	2	15	101	30	321	4
DC-455	1.0	27	548	5	2	19	109	42	441	4
DC-511	1.0	20	547	2	2	12	106	34	313	4
DC-513	1.0	20	537	5	2	14	103	40	328	4
DC-514	1.0	22	572	5	2	16	107	33	306	4
Media:	0.9	21	462	2.7	2	14	105	34	361	4
D. T.:	0.2	3	77	1.5	0	3	7	5	88	0

FRACCION SOLIDA (resultados en ppm)

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>Nb</u>	<u>Ni</u>	<u>P</u>	<u>Pb</u>	<u>Sb</u>	<u>V</u>	<u>W</u>	<u>Y</u>	<u>Zn</u>
DC-132	13	104	739	27	10	131	10	15	128
DC-133	13	72	703	26	10	133	10	14	127
DC-136	14	74	660	30	10	128	10	13	132
DC-140	15	62	664	34	10	152	10	12	130
DC-141	13	54	617	37	10	128	10	12	130
DC-156	12	53	557	28	10	---	10	9	120
DC-170	12	52	614	35	10	131	10	11	131
DC-191	14	68	610	28	10	128	10	11	121
DC-199	14	64	761	35	10	131	10	12	127
DC-203	13	60	775	30	10	138	10	13	135
DC-204	12	60	712	34	10	127	10	12	128
DC-215	12	50	602	33	10	124	10	11	138
DC-277	10	57	733	38	10	140	10	12	160
DC-278	13	46	609	30	10	143	10	12	124
DC-279	12	50	668	46	10	136	10	13	138
DC-283	14	49	807	33	10	148	10	14	128
DC-287	13	42	767	31	10	144	10	14	142
DC-321	10	47	564	40	10	129	10	11	135
DC-330	13	48	746	31	10	140	10	10	143
DC-331	13	45	791	41	10	143	10	13	146
DC-346	12	41	594	43	10	139	10	11	142
DC-357	10	47	606	44	10	134	10	10	138
DC-359	10	47	565	45	10	137	10	11	146
DC-383	12	39	655	50	10	148	10	11	164
DC-385	11	39	580	50	10	151	10	12	143
DC-393	10	47	637	46	10	138	10	11	168
DC-413	12	48	680	45	10	133	10	8	182
DC-419	12	46	837	48	10	131	10	12	166
DC-425	11	41	619	58	10	151	10	12	158
DC-432	12	45	638	47	10	144	10	9	164
DC-443	10	48	720	66	10	146	10	13	177
DC-445	10	47	627	59	10	149	10	11	157
DC-447	10	42	553	49	10	146	10	10	154
DC-455	10	50	689	67	10	153	10	13	182
DC-511	13	41	700	60	10	151	10	13	182
DC-513	10	43	697	52	10	145	10	12	171
DC-514	10	45	673	53	10	151	10	11	165
Media:	11.9	51.7	670	42	10	140	10	12	147
D. T.:	1.5	12.5	75	11	0	9	0	2	19

ANALISIS ELEMENTAL

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>C</u>	<u>H</u>	<u>N</u>
DC-132	0.64	0.78	0.15
DC-133	0.59	0.72	0.14
DC-136	0.80	0.87	0.15
DC-140	0.74	0.61	0.15
DC-141	0.64	0.57	0.16
DC-156	----	----	----
DC-170	1.47	0.81	0.20
DC-191	----	----	----
DC-199	----	----	----
DC-203	----	----	----
DC-204	----	----	----
DC-215	0.70	0.60	0.20
DC-277	1.08	0.72	0.20
DC-278	0.41	0.61	0.10
DC-279	0.79	0.65	0.16
DC-283	0.53	0.50	0.14
DC-287	0.75	0.58	0.13
DC-321	0.41	0.46	0.06
DC-330	----	----	----
DC-331	0.98	0.75	0.20
DC-346	0.63	0.52	0.15
DC-357	0.95	0.63	0.31
DC-359	0.58	0.51	0.14
DC-383	0.57	0.45	0.12
DC-385	0.32	0.39	0.11
DC-393	1.09	0.66	0.20
DC-413	1.80	0.76	0.15
DC-419	1.30	0.78	0.19
DC-425	0.48	0.45	0.15
DC-432	1.02	0.60	0.11
DC-443	0.93	0.60	0.21
DC-445	0.79	0.43	0.27
DC-447	0.57	0.36	0.14
DC-455	0.62	0.51	0.13
DC-511	0.76	0.51	0.26
DC-513	1.05	0.51	0.15
DC-514	1.17	0.53	0.24
Media:	0.81	0.59	0.17
D. T.:	0.33	0.13	0.05

FRACCION EXTRAIDA (resultados en ppm)

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>Al</u>	<u>Ca</u>	<u>Fe</u>	<u>K</u>	<u>Mg</u>	<u>Na</u>	<u>Ti</u>
DC-132	4.10	7500	4.10	260	540	180	4.10
DC-133	5.06	6300	5.06	130	300	90	5.06
DC-136	7.60	12806	7.60	250	460	200	7.60
DC-140	4.70	9500	4.70	320	680	410	4.70
DC-141	3.60	4900	3.60	120	220	190	3.60
DC-156	4.40	8600	4.90	170	370	180	4.90
DC-170	7.60	13500	7.60	160	260	130	7.60
DC-191	5.02	8600	5.02	210	480	200	5.02
DC-199	4.90	8956	4.90	210	630	180	4.90
DC-203	5.60	9435	5.60	260	640	280	5.60
DC-204	5.70	9893	5.70	200	600	200	5.70
DC-215	4.90	6798	4.90	140	360	120	4.90
DC-277	5.01	9500	5.01	120	250	200	5.01
DC-278	5.50	11800	5.50	180	460	150	5.50
DC-279	5.00	5200	5.00	120	380	95	5.00
DC-283	5.80	8100	5.80	120	280	140	5.80
DC-287	4.01	8100	4.01	130	380	150	4.01
DC-321	4.90	7500	4.90	180	500	230	4.90
DC-330	8.10	8514	8.10	170	630	220	8.10
DC-331	6.40	9400	6.40	180	400	280	6.40
DC-346	3.10	5000	3.10	80	180	120	3.10
DC-357	4.90	7300	4.90	170	510	240	4.90
DC-359	4.10	5600	4.10	120	230	120	4.10
DC-383	4.90	10700	4.90	400	700	300	4.90
DC-385	6.50	12600	6.50	180	510	240	6.50
DC-393	6.70	9000	6.70	140	200	100	6.70
DC-413	10.20	12985	10.20	160	500	460	10.20
DC-419	4.10	7900	4.10	130	430	450	4.10
DC-425	4.90	11400	4.90	130	260	79	4.98
DC-432	7.00	10647	7.00	110	250	150	7.00
DC-443	4.10	4600	4.10	87	240	140	4.10
DC-445	5.00	7400	5.00	120	360	150	5.00
DC-447	5.50	8700	5.50	100	160	120	5.50
DC-455	6.05	9800	6.05	100	300	160	6.05
DC-511	6.50	14500	6.50	150	350	390	6.50
DC-513	5.50	6400	5.50	80	220	100	5.50
DC-514	5.70	9800	5.70	90	190	120	5.70
Media:	5.40	8898	5.51	162	390	196	5.49
D. T.:	1.37	2506	1.37	68	157	99	1.37

**FRACCION EXTRAIDA (resultados en ppm)**

<b><u>Nº MUESTRA</u></b>	<b><u>Ag</u></b>	<b><u>As</u></b>	<b><u>Ba</u></b>	<b><u>Be</u></b>	<b><u>Cd</u></b>	<b><u>Co</u></b>	<b><u>Cr</u></b>	<b><u>Cu</u></b>	<b><u>Mn</u></b>	<b><u>Mo</u></b>
DC-132	0.04	0.82	4.63	0.04	0.08	0.08	0.08	9.22	22.05	0.20
DC-133	0.05	1.01	4.10	0.05	0.10	0.10	0.10	4.25	28.63	0.20
DC-136	0.11	1.53	3.60	0.08	0.15	0.15	0.15	5.36	27.30	0.30
DC-140	0.04	0.95	1.91	0.04	0.09	0.09	0.09	4.93	13.26	0.19
DC-141	0.04	0.72	2.69	0.04	0.07	0.07	0.07	1.93	7.59	0.36
DC-156	0.04	0.09	4.49	0.05	0.10	0.10	0.07	3.64	18.34	0.20
DC-170	0.07	1.53	5.37	0.07	0.15	0.15	0.15	2.60	18.49	0.30
DC-191	0.04	1.00	1.96	0.05	0.10	0.10	0.10	4.77	15.13	2.96
DC-199	0.05	0.99	3.33	0.04	0.09	0.09	0.09	2.73	24.70	0.19
DC-203	0.03	1.12	2.82	0.05	0.11	0.16	0.11	9.09	30.28	0.22
DC-204	0.07	1.15	1.26	0.06	0.11	0.11	0.11	3.45	20.99	0.23
DC-215	0.06	0.99	3.09	0.05	0.10	0.10	0.10	1.89	8.74	0.20
DC-277	0.05	1.00	1.70	0.05	0.10	0.10	0.10	3.66	30.50	0.20
DC-278	0.05	1.10	2.03	0.05	0.11	0.11	0.11	4.18	19.85	0.22
DC-279	0.03	1.00	1.15	0.05	0.10	0.10	0.10	1.30	9.60	0.20
DC-283	0.05	1.17	5.08	0.05	0.11	0.11	0.11	5.49	20.18	0.23
DC-287	0.61	0.80	2.16	0.04	0.08	0.08	0.08	4.21	53.47	0.16
DC-321	0.05	0.98	3.77	0.05	0.10	0.10	0.10	3.09	14.30	0.83
DC-330	0.08	0.16	2.75	0.08	0.02	0.02	0.02	3.70	32.20	0.40
DC-331	0.06	1.29	0.97	0.06	0.12	0.12	0.12	3.76	17.64	0.25
DC-346	0.03	0.62	3.37	0.03	0.06	0.06	0.06	1.92	7.34	0.93
DC-357	0.05	0.98	2.94	0.05	0.10	0.10	0.10	3.87	13.27	0.19
DC-359	0.04	0.82	4.32	0.04	0.08	0.16	0.08	4.07	16.18	0.70
DC-383	0.04	0.99	1.23	0.04	0.09	0.09	0.09	3.06	22.91	0.19
DC-385	0.06	1.30	3.70	0.06	0.13	0.13	0.13	4.16	17.42	0.26
DC-393	0.07	1.34	1.80	0.07	0.13	0.13	0.13	4.42	18.76	0.26
DC-413	3.42	2.04	8.17	0.10	0.20	0.20	0.20	6.13	23.80	0.40
DC-419	0.04	0.82	1.27	0.04	0.08	0.08	0.08	5.83	17.72	0.45
DC-425	0.04	0.99	5.22	0.04	0.09	0.09	0.09	5.02	18.47	0.19
DC-432	0.05	1.40	4.34	0.07	0.14	0.14	0.14	3.36	17.37	0.28
DC-443	0.04	0.83	0.91	0.04	0.08	0.66	0.08	3.45	12.03	0.70
DC-445	0.05	1.00	1.95	0.05	0.10	0.15	0.10	5.85	19.00	0.20
DC-447	0.05	1.11	6.30	0.05	0.11	0.11	0.11	4.29	15.23	0.22
DC-455	0.06	1.21	2.05	0.06	0.12	0.12	0.12	12.28	36.66	0.24
DC-511	0.06	1.30	3.18	0.06	0.13	0.13	0.13	4.87	19.04	1.49
DC-513	0.55	1.11	1.06	0.55	0.11	0.11	0.11	5.91	18.35	0.94
DC-514	0.06	1.14	0.74	0.06	0.11	0.28	0.11	7.77	38.49	0.22
Media:	0.17	1.09	3.01	0.07	0.10	0.13	0.11	4.58	20.68	0.38
D. T.:	0.56	0.28	1.69	0.09	0.03	0.10	0.03	2.19	9.28	0.30

FRACCION EXTRAIDA (resultados en ppm)

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>Nb</u>	<u>Ni</u>	<u>P</u>	<u>Pb</u>	<u>Sb</u>	<u>V</u>	<u>W</u>	<u>Y</u>	<u>Zn</u>
DC-132	0.41	1.31	4.10	5.57	0.41	0.08	0.41	1.31	7.87
DC-133	0.50	0.50	5.06	2.37	0.50	0.10	0.50	0.86	6.17
DC-136	0.76	0.76	7.60	8.35	0.76	0.15	0.76	1.76	9.58
DC-140	0.47	0.47	4.70	13.17	0.47	0.09	0.47	1.24	6.99
DC-141	0.36	0.36	3.64	8.40	0.36	0.07	0.36	0.72	4.80
DC-156	0.49	0.49	5.14	13.24	0.49	0.10	0.49	1.24	6.04
DC-170	0.76	0.76	7.60	11.82	0.76	0.15	0.76	1.61	8.44
DC-191	0.50	0.50	5.02	7.59	0.50	0.10	0.50	1.20	5.18
DC-199	0.49	0.49	4.97	8.11	0.49	0.10	0.49	1.24	12.43
DC-203	0.56	0.56	5.76	16.10	0.56	0.11	0.56	1.46	7.85
DC-204	0.57	0.57	5.75	8.62	0.57	0.11	0.57	1.09	7.64
DC-215	0.49	0.49	4.99	9.39	0.49	0.10	0.49	0.74	5.04
DC-277	0.50	0.50	9.13	9.28	0.50	0.10	0.50	1.80	14.75
DC-278	0.55	0.55	5.50	7.86	0.55	0.11	0.55	1.98	6.76
DC-279	0.50	0.50	5.00	5.55	0.50	0.10	0.50	0.65	3.10
DC-283	0.58	0.58	5.80	21.00	0.58	0.11	0.58	1.75	9.50
DC-287	0.40	0.40	4.53	6.06	0.40	0.08	0.40	1.56	12.13
DC-321	0.49	0.49	7.54	11.36	0.49	0.10	0.49	1.27	5.24
DC-330	0.81	0.81	18.08	9.16	0.81	0.32	0.81	1.86	19.78
DC-331	0.64	0.64	7.07	12.13	0.64	0.12	0.71	1.36	10.83
DC-346	0.31	0.31	3.10	9.02	0.31	0.06	0.31	0.83	5.36
DC-357	0.49	0.49	6.17	14.25	0.49	0.10	0.49	1.42	6.27
DC-359	0.41	0.61	4.11	11.61	0.41	0.08	0.41	1.35	8.81
DC-383	0.49	0.49	4.99	9.50	0.49	0.09	0.49	1.53	5.94
DC-385	0.65	0.65	7.08	16.25	0.65	0.13	0.65	1.62	15.27
DC-393	0.67	0.67	11.32	14.34	0.67	0.13	0.67	1.94	19.56
DC-413	1.02	1.02	30.80	13.29	1.02	0.71	1.02	2.45	26.89
DC-419	0.41	0.41	6.12	12.62	0.41	0.08	0.41	1.35	15.33
DC-425	0.49	0.49	4.90	15.73	0.49	0.09	0.49	1.84	6.70
DC-432	0.70	0.70	7.50	14.71	0.70	0.14	0.70	1.75	12.80
DC-443	0.41	0.49	4.16	12.57	0.41	0.08	0.41	1.04	11.78
DC-445	0.50	0.50	6.55	15.65	0.50	0.10	0.50	1.70	8.90
DC-447	0.55	0.55	8.64	12.77	12.83	0.11	0.55	1.61	10.09
DC-455	0.60	0.60	11.85	20.51	0.60	0.12	0.60	2.48	18.21
DC-511	0.65	0.65	12.48	18.07	0.65	0.13	5.26	2.55	13.00
DC-513	0.55	0.55	9.20	12.33	0.55	0.11	0.55	1.95	14.95
DC-514	0.57	0.74	19.73	21.90	0.57	0.11	0.57	2.68	22.93
Media:	0.54	0.59	7.72	11.90	0.54	0.13	0.68	1.53	10.62
D. T.:	0.14	0.18	5.32	4.45	1.51	0.11	0.79	0.52	5.54

### **3.- DEPURACION DE LA BASE DE DATOS. RELACION CARBONO-METALES**

Se estudió para cada metal la correlación entre la concentración en carbono (indicativo de la actividad orgánica de la zona) y la concentración de ese metal, en cada una de las muestras.

Se observó que los gráficos correspondientes a varios elementos en la fase extraída eran exactamente iguales, con la salvedad de que los valores eran proporcionales. Ello se debía a que los valores correspondientes se encontraban por debajo del límite de detección del análisis. Las diferencias de valores se deben a los distintos factores de corrección utilizados, debido a los distintos pesos de muestras utilizados, y al volumen extraído en cada muestra.

En las tablas siguientes se representan los valores que resultan ser significativos, eliminando aquellos que se sitúan por debajo de los límites de detección.

#### 4.- RESULTADOS ANALITICOS DEPURADOS

##### FRACCION SOLIDA (resultados en %)

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>Al</u>	<u>Ca</u>	<u>Fe</u>	<u>K</u>	<u>Mg</u>	<u>Na</u>	<u>Ti</u>
DC-132	9.38	3.60	5.23	2.03	1.65	0.23	0.39
DC-133	9.46	2.81	5.21	2.07	1.51	0.24	0.39
DC-136	9.11	3.77	4.88	2.18	1.56	0.32	0.38
DC-140	9.37	4.14	4.97	2.44	1.60	0.37	0.32
DC-141	9.57	4.29	4.83	2.52	1.54	0.46	0.31
DC-156	8.02	4.35	4.40	2.18	1.46	0.53	0.33
DC-170	9.48	3.50	4.89	2.57	1.54	0.49	0.32
DC-191	8.12	4.00	4.84	2.38	1.57	0.37	0.38
DC-199	8.56	4.13	4.99	2.18	1.49	0.32	0.37
DC-203	9.94	3.17	5.40	2.40	1.54	0.31	0.36
DC-204	8.59	2.99	4.86	2.18	1.47	0.31	0.34
DC-215	9.18	4.40	4.81	2.39	1.45	0.50	0.30
DC-277	10.09	2.39	5.50	2.56	1.58	0.42	0.34
DC-278	10.58	3.04	5.20	2.81	1.53	0.47	0.31
DC-279	10.08	3.53	5.20	2.59	1.44	0.45	0.33
DC-283	10.27	3.55	5.60	2.67	1.59	0.36	0.36
DC-287	9.41	6.01	5.16	2.52	1.64	0.34	0.33
DC-321	10.05	4.07	4.78	2.62	1.52	0.58	0.28
DC-330	9.34	1.94	5.31	2.51	1.60	0.44	0.36
DC-331	10.18	3.90	5.51	2.69	1.70	0.43	0.35
DC-346	10.09	4.84	5.03	2.83	1.51	0.61	0.29
DC-357	10.17	4.37	4.98	2.64	1.52	0.61	0.27
DC-359	10.31	3.73	4.92	2.75	1.45	0.66	0.26
DC-383	11.08	3.84	5.40	2.99	1.60	0.71	0.31
DC-385	11.40	4.44	5.27	3.12	1.56	0.74	0.27
DC-393	10.85	2.55	5.21	2.76	1.68	0.65	0.26
DC-413	9.74	1.13	5.27	2.53	1.71	0.61	0.32
DC-419	10.88	3.43	5.40	2.71	2.22	0.59	0.34
DC-425	11.30	4.53	5.37	3.08	1.54	0.72	0.28
DC-432	9.86	2.88	5.12	2.67	1.46	0.71	0.32
DC-443	10.75	----	5.53	2.73	1.57	0.71	0.25
DC-445	11.01	3.37	5.25	2.86	1.56	0.75	0.25
DC-447	11.09	2.68	5.10	2.94	1.52	0.79	0.30
DC-455	11.73	1.90	5.79	2.89	1.65	0.79	0.30
DC-511	11.17	3.40	5.65	2.93	1.39	0.70	0.28
DC-513	11.37	2.40	5.32	2.83	1.40	0.80	0.28
DC-514	11.56	2.25	5.50	2.94	1.42	0.80	0.32

FRACCION SOLIDA (resultados en ppm)

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>Aq</u>	<u>As</u>	<u>Ba</u>	<u>Be</u>	<u>Cd</u>	<u>Co</u>	<u>Cr</u>	<u>Cu</u>	<u>Mn</u>	<u>Mo</u>
DC-132	***	25	329	4	*	17	134	41	473	*
DC-133	***	**	339	4	*	16	115	38	501	*
DC-136	***	**	354	2	*	15	113	34	388	*
DC-140	***	**	379	1	*	10	110	30	305	*
DC-141	***	**	429	1	*	9	100	27	297	*
DC-156	***	**	433	2	*	12	97	26	---	*
DC-170	***	**	489	1	*	10	102	27	309	*
DC-191	***	**	355	2	*	15	113	38	366	5
DC-199	***	**	339	2	*	14	107	38	412	*
DC-203	***	**	---	2	*	14	110	35	365	*
DC-204	***	**	339	2	*	13	104	36	368	*
DC-215	***	**	437	3	*	12	97	30	288	*
DC-277	***	**	413	4	*	15	110	38	356	*
DC-278	***	**	458	1	*	11	105	31	332	*
DC-279	***	**	430	2	*	16	99	41	348	*
DC-283	***	**	403	1	*	11	108	35	399	*
DC-287	***	**	412	1	*	12	100	32	776	*
DC-321	***	**	460	4	*	13	96	31	303	*
DC-330	***	**	425	2	*	13	103	37	335	*
DC-331	***	**	428	1	*	10	103	32	358	*
DC-346	***	**	507	2	*	10	98	27	297	*
DC-357	***	25	471	4	*	14	98	31	301	*
DC-359	***	**	498	4	*	14	102	34	297	*
DC-383	***	**	552	2	*	11	102	28	320	*
DC-385	***	**	581	2	*	12	102	27	315	*
DC-393	***	**	503	4	*	14	103	36	342	*
DC-413	***	**	469	3	*	14	98	40	354	*
DC-419	***	**	522	2	*	12	108	44	417	*
DC-425	***	**	570	2	*	12	104	35	325	*
DC-432	***	**	527	2	*	17	102	31	303	*
DC-443	***	22	498	5	*	18	106	42	381	*
DC-445	***	29	526	5	*	16	103	38	348	*
DC-447	***	30	572	4	*	15	101	30	321	*
DC-455	***	27	548	5	*	19	109	42	441	*
DC-511	***	**	547	2	*	12	106	34	313	*
DC-513	***	**	537	5	*	14	103	40	328	*
DC-514	***	22	572	5	*	16	107	33	306	*

FRACCION SOLIDA (resultados en ppm)

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>Nb</u>	<u>Ni</u>	<u>P</u>	<u>Pb</u>	<u>Sb</u>	<u>V</u>	<u>W</u>	<u>Y</u>	<u>Zn</u>
DC-132	13	104	739	27	**	131	**	15	128
DC-133	13	72	703	26	**	133	**	14	127
DC-136	14	74	660	30	**	128	**	13	132
DC-140	15	62	664	34	**	152	**	12	130
DC-141	13	54	617	37	**	128	**	12	130
DC-156	12	53	557	28	**	---	**	9	120
DC-170	12	52	614	35	**	131	**	11	131
DC-191	14	68	610	28	**	128	**	11	121
DC-199	14	64	761	35	**	131	**	12	127
DC-203	13	60	775	30	**	138	**	13	135
DC-204	12	60	712	34	**	127	**	12	128
DC-215	12	50	602	33	**	124	**	11	138
DC-277	10	57	733	38	**	140	**	12	160
DC-278	13	46	609	30	**	143	**	12	124
DC-279	12	50	668	46	**	136	**	13	138
DC-283	14	49	807	33	**	148	**	14	128
DC-287	13	42	767	31	**	144	**	14	142
DC-321	10	47	564	40	**	129	**	11	135
DC-330	13	48	746	31	**	140	**	10	143
DC-331	13	45	791	41	**	143	**	13	146
DC-346	12	41	594	43	**	139	**	11	142
DC-357	10	47	606	44	**	134	**	10	138
DC-359	10	47	565	45	**	137	**	11	146
DC-383	12	39	655	50	**	148	**	11	164
DC-385	11	39	580	50	**	151	**	12	143
DC-393	10	47	637	46	**	138	**	11	168
DC-413	12	48	680	45	**	133	**	8	182
DC-419	12	46	837	48	**	131	**	12	166
DC-425	11	41	619	58	**	151	**	12	158
DC-432	12	45	638	47	**	144	**	9	164
DC-443	10	48	720	66	**	146	**	13	177
DC-445	10	47	627	59	**	149	**	11	157
DC-447	10	42	553	49	**	146	**	10	154
DC-455	10	50	689	67	**	153	**	13	182
DC-511	13	41	700	60	**	151	**	13	182
DC-513	10	43	697	52	**	145	**	12	171
DC-514	10	45	673	53	**	151	**	11	165

ANALISIS ELEMENTAL

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>C</u>	<u>H</u>	<u>N</u>
DC-132	0.64	0.78	0.15
DC-133	0.59	0.72	0.14
DC-136	0.80	0.87	0.15
DC-140	0.74	0.61	0.15
DC-141	0.64	0.57	0.16
DC-156	----	----	----
DC-170	1.47	0.81	0.20
DC-191	----	----	----
DC-199	----	----	----
DC-203	----	----	----
DC-204	----	----	----
DC-215	0.70	0.60	0.20
DC-277	1.08	0.72	0.20
DC-278	0.41	0.61	0.10
DC-279	0.79	0.65	0.16
DC-283	0.53	0.50	0.14
DC-287	0.75	0.58	0.13
DC-321	0.41	0.46	0.06
DC-330	----	----	----
DC-331	0.98	0.75	0.20
DC-346	0.63	0.52	0.15
DC-357	0.95	0.63	0.31
DC-359	0.58	0.51	0.14
DC-383	0.57	0.45	0.12
DC-385	0.32	0.39	0.11
DC-393	1.09	0.66	0.20
DC-413	1.80	0.76	0.15
DC-419	1.30	0.78	0.19
DC-425	0.48	0.45	0.15
DC-432	1.02	0.60	0.11
DC-443	0.93	0.60	0.21
DC-445	0.79	0.43	0.27
DC-447	0.57	0.36	0.14
DC-455	0.62	0.51	0.13
DC-511	0.76	0.51	0.26
DC-513	1.05	0.51	0.15
DC-514	1.17	0.53	0.24

FRACCION EXTRAIDA (resultados en ppm)

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>Al</u>	<u>Ca</u>	<u>Fe</u>	<u>K</u>	<u>Mg</u>	<u>Na</u>	<u>Ti</u>
DC-132	****	7500	****	260	540	180	****
DC-133	****	6300	****	130	300	90	****
DC-136	****	12806	****	250	460	200	****
DC-140	****	9500	****	320	680	410	****
DC-141	****	4900	****	120	220	190	****
DC-156	****	8600	****	170	370	180	****
DC-170	****	13500	****	160	260	130	****
DC-191	****	8600	****	210	480	200	****
DC-199	****	8956	****	210	630	180	****
DC-203	****	9435	****	260	640	280	****
DC-204	****	9893	****	200	600	200	****
DC-215	****	6798	****	140	360	120	****
DC-277	****	9500	****	120	250	200	****
DC-278	****	11800	****	180	460	150	****
DC-279	****	5200	****	120	380	95	****
DC-283	****	8100	****	120	280	140	****
DC-287	****	8100	****	130	380	150	****
DC-321	****	7500	****	180	500	230	****
DC-330	****	8514	****	170	630	220	****
DC-331	****	9400	****	180	400	280	****
DC-346	****	5000	****	80	180	120	****
DC-357	****	7300	****	170	510	240	****
DC-359	****	5600	****	120	230	120	****
DC-383	****	10700	****	400	700	300	****
DC-385	****	12600	****	180	510	240	****
DC-393	****	9000	****	140	200	100	****
DC-413	****	12985	****	160	500	460	****
DC-419	****	7900	****	130	430	450	****
DC-425	****	11400	****	130	260	79	****
DC-432	****	10647	****	110	250	150	****
DC-443	****	4600	****	87	240	140	****
DC-445	****	7400	****	120	360	150	****
DC-447	****	8700	****	100	160	120	****
DC-455	****	9800	****	100	300	160	****
DC-511	****	14500	****	150	350	390	****
DC-513	****	6400	****	80	220	100	****
DC-514	****	9800	****	90	190	120	****

FRACCION EXTRAIDA (resultados en ppm)

No	Mn	Cu	Cr	Co	Cd	Be	Ba	As	Aq	Ns NUESTRA
DC-132	22.05	9.22	***	***	***	***	4.63	***	***	***
DC-133	28.63	4.25	***	***	***	***	4.10	***	***	***
DC-136	27.30	5.36	***	***	***	***	3.60	0.11	***	***
DC-140	13.26	4.93	***	***	***	***	1.91	***	***	***
DC-141	7.59	1.93	***	***	***	***	2.69	***	***	***
DC-156	18.34	3.64	***	***	***	***	4.49	***	***	***
DC-170	18.49	2.60	***	***	***	***	5.37	***	***	***
DC-191	15.13	4.77	***	***	***	***	1.96	***	***	***
DC-199	24.70	2.73	***	***	***	***	3.33	***	***	***
DC-203	30.28	9.09	***	***	***	***	2.82	***	***	***
DC-204	20.99	3.45	***	***	***	***	1.26	***	***	***
DC-215	8.74	1.89	***	***	***	***	3.09	0.06	***	***
DC-277	30.50	3.66	***	***	***	***	1.70	***	***	***
DC-278	19.85	4.18	***	***	***	***	2.03	***	***	***
DC-279	9.60	1.30	***	***	***	***	1.15	***	***	***
DC-283	20.18	5.49	***	***	***	***	5.08	***	***	***
DC-287	53.47	4.21	***	***	***	***	2.16	0.61	***	***
DC-321	14.30	3.09	***	***	***	***	3.77	***	***	***
DC-330	32.20	3.70	***	***	***	***	2.75	***	***	***
DC-331	17.64	3.76	***	***	***	***	0.97	***	***	***
DC-346	7.34	1.92	***	***	***	***	3.37	***	***	***
DC-357	13.27	3.87	***	***	***	***	2.94	***	***	***
DC-359	16.18	4.07	***	***	***	***	4.32	***	***	***
DC-383	22.91	3.06	***	***	***	***	1.23	***	***	***
DC-385	17.42	4.16	***	***	***	***	3.70	***	***	***
DC-393	18.76	4.42	***	***	***	***	1.80	***	***	***
DC-413	23.80	6.13	***	***	***	***	8.17	3.42	***	***
DC-419	17.72	5.83	***	***	***	***	1.27	***	***	***
DC-425	18.47	5.02	***	***	***	***	5.22	***	***	***
DC-432	17.37	3.36	***	***	***	***	4.34	***	***	***
DC-443	12.03	3.45	***	***	***	***	0.91	***	***	***
DC-445	19.00	5.85	***	***	***	***	1.95	***	***	***
DC-447	15.23	4.29	***	***	***	***	6.30	***	***	***
DC-455	36.66	12.28	***	***	***	***	2.05	***	***	***
DC-511	19.04	4.87	***	***	***	***	3.18	***	***	***
DC-513	18.35	5.91	***	***	***	***	1.06	0.55	***	***
DC-514	38.49	7.77	***	***	***	***	0.74	***	***	***

**FRACCION EXTRAIDA (resultados en ppm)**

<b><u>Nº MUESTRA</u></b>	<b><u>Nb</u></b>	<b><u>Ni</u></b>	<b><u>P</u></b>	<b><u>Pb</u></b>	<b><u>Sb</u></b>	<b><u>V</u></b>	<b><u>W</u></b>	<b><u>Y</u></b>	<b><u>Zn</u></b>
DC-132	****	1.31	4.10	5.57	****	****	****	1.31	7.87
DC-133	****	****	5.06	2.37	****	****	****	0.86	6.17
DC-136	****	****	7.60	8.35	****	****	****	1.76	9.58
DC-140	****	****	4.70	13.17	****	****	****	1.24	6.99
DC-141	****	****	3.64	8.40	****	****	****	0.72	4.80
DC-156	****	****	5.14	13.24	****	****	****	1.24	6.04
DC-170	****	****	7.60	11.82	****	****	****	1.61	8.44
DC-191	****	****	5.02	7.59	****	****	****	1.20	5.18
DC-199	****	****	4.97	8.11	****	****	****	1.24	12.43
DC-203	****	****	5.76	16.10	****	****	****	1.46	7.85
DC-204	****	****	5.75	8.62	****	****	****	1.09	7.64
DC-215	****	****	4.99	9.39	****	****	****	0.74	5.04
DC-277	****	****	9.13	9.28	****	****	****	1.80	14.75
DC-278	****	****	5.50	7.86	****	****	****	1.98	6.76
DC-279	****	****	5.00	5.55	****	****	****	0.65	3.10
DC-283	****	****	5.80	21.00	****	****	****	1.75	9.50
DC-287	****	****	4.53	6.06	****	****	****	1.56	12.13
DC-321	****	****	7.54	11.36	****	****	****	1.27	5.24
DC-330	****	****	18.08	9.16	****	****	****	1.86	19.78
DC-331	****	****	7.07	12.13	****	****	0.71	1.36	10.83
DC-346	****	****	3.10	9.02	****	****	****	0.83	5.36
DC-357	****	****	6.17	14.25	****	****	****	1.42	6.27
DC-359	****	0.61	4.11	11.61	****	****	****	1.35	8.81
DC-383	****	****	4.99	9.50	****	****	****	1.53	5.94
DC-385	****	****	7.08	16.25	****	****	****	1.62	15.27
DC-393	****	****	11.32	14.34	****	****	****	1.94	19.56
DC-413	****	****	30.80	13.29	****	0.71	****	2.45	26.89
DC-419	****	****	6.12	12.62	****	****	****	1.35	15.33
DC-425	****	****	4.90	15.73	****	****	****	1.84	6.70
DC-432	****	****	7.50	14.71	****	****	****	1.75	12.80
DC-443	****	0.49	4.16	12.57	****	****	****	1.04	11.78
DC-445	****	****	6.55	15.65	****	****	****	1.70	8.90
DC-447	****	****	8.64	12.77	****	****	****	1.61	10.09
DC-455	****	****	11.85	20.51	****	****	****	2.48	18.21
DC-511	****	****	12.48	18.07	****	****	5.26	2.55	13.00
DC-513	****	****	9.20	12.33	****	****	****	1.95	14.95
DC-514	****	0.74	19.73	21.90	****	****	****	2.68	22.93

## 5.- ESTUDIO DE LOS RESULTADOS MATERIA ORGANICA-METAL

Una vez depurada la base de datos, del análisis de los resultados se pueden realizar las siguientes observaciones:

\*Debido a que el límite de detección de la técnica analítica utilizada es superior a la concentración de las muestras a analizar, no tenemos datos de los siguientes elementos: Cd, Sb, Ag, As, Be, Mo y W de la fase sólida, y Al, Fe, Ti, As, Cr y Nb en la fase extraída.

\*La concentración del metal en la fase sólida es independiente de la concentración de carbono en los siguientes elementos: Al, Fe, K, Mg, Ti, Ba, Cr, Cu, Mn, Nb, P, V, Zn, Na, Co, Y, Ni y Pb. Se observa en los trece primeros una variabilidad bastante baja, mientras que en los últimos las fluctuaciones son mayores.

\*Se puede apreciar una relación inversa entre la concentración de calcio en la fase sólida y el carbono, mientras que ésta es directamente proporcional, referida a la fase extraída. Esto tiene una posible explicación lógica debido al empleo de dicho elemento por la fauna marina, y en especial a su utilización en los caparzones de los moluscos.

\*En la fase extraída, no se aprecia ninguna relación entre las concentraciones de metal y carbono, salvo en el caso del zinc. Una explicación a esto podría ser que este elemento es inmovilizado por bicarbonatos, hidróxidos y ligandos orgánicos en descomposición. También, este elemento forma parte de un gran número de metaloenzimas.

Cabe destacar el caso de vanadio, en el que sólo tenemos un valor por encima del límite de detección, correspondiendo asimismo a un alto contenido en carbono. Esto puede ser debido a que ciertos invertebrados, como los tunicados, acumulan vanadio del agua del mar.

Por último en la plata, pese a tener sólo cinco valores representativos, se puede apreciar una cierta relación directa con la concentración de carbono.

## 6.- ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Para la representación gráfica de los valores, en el mapa de la zona, procedemos previamente a la estandarización de los mismos. De este modo asignaremos los siguientes numeros:

\*0 a los valores comprendidos entre la media y un  $\pm$  la desviación típica.

\*+1 y -1 a los valores comprendidos entre la media y  $\pm$  la desviación típica, y  $\pm$  dos veces la desviación típica respectivamente.

\*+2 y -2 a los valores comprendidos entre la media y  $\pm$  dos veces la desviación típica, y  $\pm$  tres veces la desviación típica respectivamente.

\*+3 y -3 a los valores comprendidos entre la media y  $\pm$  tres veces la desviación típica, y  $\pm$  cuatro veces la desviación típica respectivamente.

Y así sucesivamente.

Se consideró como anomalía a cualquier valor situado a más de dos veces la desviación típica de la media.

Las tablas y los mapas de isovalores se representan a continuación.

FRACCION SOLIDA

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>Al</u>	<u>Ca</u>	<u>Fe</u>	<u>K</u>	<u>Mg</u>	<u>Na</u>	<u>Ti</u>
DC-132	0	0	0	-2	0	-1	+1
DC-133	0	0	0	-1	0	-1	+1
DC-136	0	0	0	-1	0	-1	+1
DC-140	0	0	0	0	0	0	0
DC-141	0	0	-1	0	0	0	0
DC-156	-2	0	-1	-1	0	0	0
DC-170	0	0	0	0	0	0	0
DC-191	-2	0	-1	0	0	0	+1
DC-199	-1	0	0	-1	0	-1	+1
DC-203	0	0	0	0	0	-1	0
DC-204	-1	0	-1	-1	0	-1	0
DC-215	0	0	-1	0	0	0	0
DC-277	0	0	+1	0	0	0	0
DC-278	0	0	0	0	0	0	0
DC-279	0	0	0	0	0	0	0
DC-283	0	0	+1	0	0	0	0
DC-287	0	+2	0	0	0	-1	0
DC-321	0	0	-1	0	0	0	0
DC-330	0	-1	0	0	0	0	0
DC-331	0	0	+1	0	0	0	0
DC-346	0	+1	0	0	0	0	0
DC-357	0	0	0	0	0	0	-1
DC-359	0	0	0	0	0	0	-1
DC-383	0	0	0	+1	0	0	0
DC-385	+1	0	0	+1	0	+1	-1
DC-393	0	0	0	0	0	0	-1
DC-413	0	-2	0	0	+1	0	0
DC-419	0	0	0	0	+4	0	0
DC-425	+1	+1	0	+1	0	0	0
DC-432	0	0	0	0	0	0	0
DC-443	0	--	+1	0	0	0	-1
DC-445	0	0	0	0	0	+1	-1
DC-447	+1	0	+1	+1	0	+1	0
DC-455	+1	-1	+1	0	0	+1	0
DC-511	+1	0	+1	+1	-1	0	0
DC-513	+1	-1	0	0	-1	+1	0
DC-514	+1	-1	+1	+1	0	+1	0

FRACCION SOLIDA

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>Ag</u>	<u>As</u>	<u>Ba</u>	<u>Be</u>	<u>Cd</u>	<u>Co</u>	<u>Cr</u>	<u>Cu</u>	<u>Mn</u>	<u>Mo</u>
DC-132	***	+1	-1	0	*	0	+3	+1	+1	*
DC-133	***	**	-1	0	*	0	+1	0	+1	*
DC-136	***	**	-1	0	*	0	+1	0	0	*
DC-140	***	**	-1	0	*	-1	0	0	0	*
DC-141	***	**	0	0	*	-1	0	-1	0	*
DC-156	***	**	0	0	*	0	-1	-1	--	*
DC-170	***	**	0	0	*	-1	0	-1	0	*
DC-191	***	**	-1	0	*	0	+1	0	0	+1
DC-199	***	**	-1	0	*	0	0	0	0	*
DC-203	***	**	--	0	*	0	0	0	0	*
DC-204	***	**	-1	0	*	0	0	0	0	*
DC-215	***	**	0	0	*	0	-1	0	0	*
DC-277	***	**	0	0	*	0	0	0	0	*
DC-278	***	**	0	0	*	0	0	0	0	*
DC-279	***	**	0	0	*	0	0	+1	0	*
DC-283	***	**	0	0	*	0	0	0	0	*
DC-287	***	**	0	0	*	0	0	0	+4	*
DC-321	***	**	0	0	*	0	-1	0	0	*
DC-330	***	**	0	0	*	0	0	0	0	*
DC-331	***	**	0	0	*	-1	0	0	0	*
DC-346	***	**	0	0	*	-1	0	-1	0	*
DC-357	***	+1	0	0	*	0	0	0	0	*
DC-359	***	**	0	0	*	0	0	0	0	*
DC-383	***	**	+1	0	*	0	0	-1	0	*
DC-385	***	**	+1	0	*	0	0	-1	0	*
DC-393	***	**	0	0	*	0	0	0	0	*
DC-413	***	**	0	0	*	0	0	+1	0	*
DC-419	***	**	0	0	*	0	0	+1	0	*
DC-425	***	**	+1	0	*	0	0	0	0	*
DC-432	***	**	0	0	*	0	0	0	0	*
DC-443	***	0	0	+1	*	+1	0	0	0	*
DC-445	***	+2	0	+1	*	0	0	0	0	*
DC-447	***	+2	+1	0	*	0	0	0	0	*
DC-455	***	+1	+1	+1	*	+1	0	+1	0	*
DC-511	***	**	+1	0	*	0	0	0	0	*
DC-513	***	**	0	+1	*	0	0	0	0	*
DC-514	***	0	+1	+1	*	0	0	0	0	*

**FRACCION SOLIDA**

<b>Nº MUESTRA</b>	<b>Nb</b>	<b>Ni</b>	<b>P</b>	<b>Pb</b>	<b>Sb</b>	<b>V</b>	<b>W</b>	<b>Y</b>	<b>Zn</b>
DC-132	0	+4	0	-1	**	0	**	+1	0
DC-133	0	+1	0	-1	**	0	**	0	-1
DC-136	+1	+1	0	-1	**	-1	**	0	0
DC-140	+1	0	0	0	**	+1	**	0	0
DC-141	0	0	0	0	**	-1	**	0	0
DC-156	0	0	-1	-1	**	--	**	-1	-1
DC-170	0	0	0	0	**	0	**	0	0
DC-191	+1	+1	0	-1	**	-1	**	0	-1
DC-199	+1	0	+1	0	**	0	**	0	-1
DC-203	0	0	+1	-1	**	0	**	0	0
DC-204	0	0	0	0	**	-1	**	0	0
DC-215	0	0	0	0	**	-1	**	0	0
DC-277	-1	0	0	0	**	0	**	0	0
DC-278	0	0	0	-1	**	0	**	0	-1
DC-279	0	0	0	0	**	0	**	0	0
DC-283	+1	0	+1	0	**	0	**	0	0
DC-287	0	0	+1	0	**	0	**	0	0
DC-321	-1	0	-1	0	**	-1	**	0	0
DC-330	0	0	+1	0	**	0	**	0	0
DC-331	0	0	+1	0	**	0	**	0	0
DC-346	0	0	0	0	**	0	**	0	0
DC-357	-1	0	0	0	**	0	**	0	0
DC-359	-1	0	-1	0	**	0	**	0	0
DC-383	0	0	0	0	**	0	**	0	0
DC-385	0	0	-1	0	**	+1	**	0	0
DC-393	-1	0	0	0	**	0	**	0	+1
DC-413	0	0	0	0	**	0	**	-1	+1
DC-419	0	0	+2	0	**	0	**	0	0
DC-425	0	0	0	+1	**	+1	**	0	0
DC-432	0	0	0	0	**	0	**	-1	0
DC-443	-1	0	0	+2	**	0	**	0	+1
DC-445	-1	0	0	+1	**	0	**	0	0
DC-447	-1	0	-1	0	**	0	**	0	0
DC-455	-1	0	0	+2	**	+1	**	0	+1
DC-511	0	0	0	+1	**	+1	**	0	+1
DC-513	-1	0	0	0	**	0	**	0	+1
DC-514	-1	0	0	0	**	+1	**	0	0

**ANALISIS ELEMENTAL**

<b><u>Nº MUESTRA</u></b>	<b><u>C</u></b>	<b><u>H</u></b>	<b><u>N</u></b>
DC-132	0	+1	0
DC-133	0	0	0
DC-136	0	+2	0
DC-140	0	0	0
DC-141	0	0	0
DC-156	--	--	--
DC-170	+1	+1	0
DC-191	--	--	--
DC-199	--	--	--
DC-203	--	--	--
DC-204	--	--	--
DC-215	0	0	0
DC-277	0	0	0
DC-278	-1	0	-1
DC-279	0	0	0
DC-283	0	0	0
DC-287	0	0	0
DC-321	-1	0	-2
DC-330	--	--	--
DC-331	0	+1	0
DC-346	0	0	0
DC-357	0	0	+2
DC-359	0	0	0
DC-383	0	0	0
DC-385	-1	-1	-1
DC-393	0	0	0
DC-413	+2	+1	0
DC-419	+1	+1	0
DC-425	0	-1	0
DC-432	0	0	-1
DC-443	0	0	0
DC-445	0	-1	+1
DC-447	0	-1	0
DC-455	0	0	0
DC-511	0	0	+1
DC-513	0	0	0
DC-514	+1	0	+1

FRACCION EXTRAIDA

<u>Nº MUESTRA</u>	<u>Al</u>	<u>Ca</u>	<u>Fe</u>	<u>K</u>	<u>Mg</u>	<u>Na</u>	<u>Ti</u>
DC-132	****	0	****	+1	0	0	****
DC-133	****	-1	****	0	0	-1	****
DC-136	****	+1	****	+1	0	0	****
DC-140	****	0	****	+2	+1	+2	****
DC-141	****	-1	****	0	-1	0	****
DC-156	****	0	****	0	0	0	****
DC-170	****	+1	****	0	0	0	****
DC-191	****	0	****	0	0	0	****
DC-199	****	0	****	0	+1	0	****
DC-203	****	0	****	+1	+1	0	****
DC-204	****	0	****	0	+1	0	****
DC-215	****	0	****	0	0	0	****
DC-277	****	0	****	0	0	0	****
DC-278	****	+1	****	0	0	0	****
DC-279	****	-1	****	0	0	-1	****
DC-283	****	0	****	0	0	0	****
DC-287	****	0	****	0	0	0	****
DC-321	****	0	****	0	0	0	****
DC-330	****	0	****	0	+1	0	****
DC-331	****	0	****	0	0	0	****
DC-346	****	-1	****	-1	-1	0	****
DC-357	****	0	****	0	0	0	****
DC-359	****	-1	****	0	-1	0	****
DC-383	****	0	****	+3	+1	+1	****
DC-385	****	+1	****	0	0	0	****
DC-393	****	0	****	0	-1	0	****
DC-413	****	+1	****	0	0	+2	****
DC-419	****	0	****	0	0	+2	****
DC-425	****	0	****	0	0	-1	****
DC-432	****	0	****	0	0	0	****
DC-443	****	-1	****	-1	0	0	****
DC-445	****	0	****	0	0	0	****
DC-447	****	0	****	0	-1	0	****
DC-455	****	0	****	0	0	0	****
DC-511	****	+2	****	0	0	+1	****
DC-513	****	0	****	-1	-1	0	****
DC-514	****	0	****	-1	-1	0	****

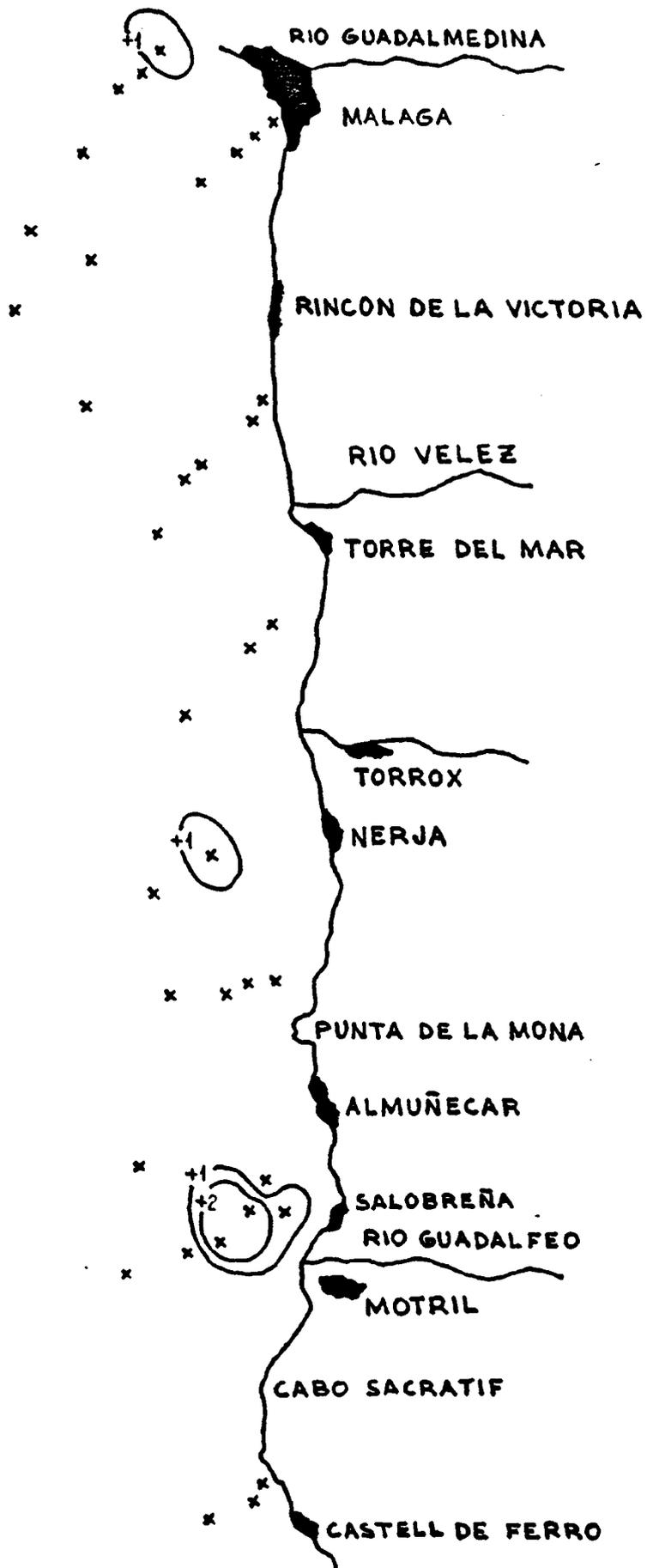
**FRACCION EXTRAIDA**

<b><u>Nº MUESTRA</u></b>	<b><u>Aq</u></b>	<b><u>As</u></b>	<b><u>Ba</u></b>	<b><u>Be</u></b>	<b><u>Cd</u></b>	<b><u>Co</u></b>	<b><u>Cr</u></b>	<b><u>Cu</u></b>	<b><u>Mn</u></b>	<b><u>Mo</u></b>
DC-132	****	****	0	****	****	****	****	+2	0	0
DC-133	****	****	0	****	****	****	****	0	0	****
DC-136	0	****	0	****	****	****	****	0	0	****
DC-140	****	****	0	****	****	****	****	0	0	****
DC-141	****	****	0	****	****	****	****	-1	-1	0
DC-156	****	****	0	****	****	****	****	0	0	****
DC-170	****	****	+1	****	****	****	****	0	0	****
DC-191	****	****	0	****	****	****	****	0	0	+8
DC-199	****	****	0	****	****	****	****	0	0	0
DC-203	****	****	0	****	****	0	****	+2	+1	0
DC-204	****	****	-1	****	****	****	****	0	0	0
DC-215	0	****	0	****	****	****	****	-1	-1	****
DC-277	****	****	0	****	****	****	****	0	+1	****
DC-278	****	****	0	****	****	****	****	0	0	****
DC-279	****	****	-1	****	****	****	****	-1	-1	****
DC-283	****	****	+1	****	****	****	****	0	0	****
DC-287	+1	****	0	****	****	****	****	0	+3	****
DC-321	****	****	0	****	****	****	****	0	0	+1
DC-330	****	****	0	****	****	****	****	0	+1	0
DC-331	****	****	-1	****	****	****	****	0	0	****
DC-346	****	****	0	****	****	****	****	-1	-1	+1
DC-357	****	****	0	****	****	****	****	0	0	****
DC-359	****	****	0	****	****	****	****	0	0	+1
DC-383	****	****	-1	****	****	****	****	0	0	****
DC-385	****	****	0	****	****	****	****	0	0	****
DC-393	****	****	0	****	****	****	****	0	0	****
DC-413	+5	****	+3	****	****	****	****	0	0	****
DC-419	****	****	-1	****	****	****	****	0	0	0
DC-425	****	****	+1	****	****	****	****	0	0	****
DC-432	****	****	0	****	****	****	****	0	0	****
DC-443	****	****	-1	****	****	+5	****	0	0	+1
DC-445	****	****	0	****	****	0	****	0	0	****
DC-447	****	****	+1	****	****	****	****	0	0	****
DC-455	****	****	0	****	****	****	****	+3	+1	****
DC-511	****	****	0	****	****	****	****	0	0	+3
DC-513	0	****	-1	+5	****	****	****	0	0	+1
DC-514	****	****	-1	****	****	+1	****	+1	+1	****

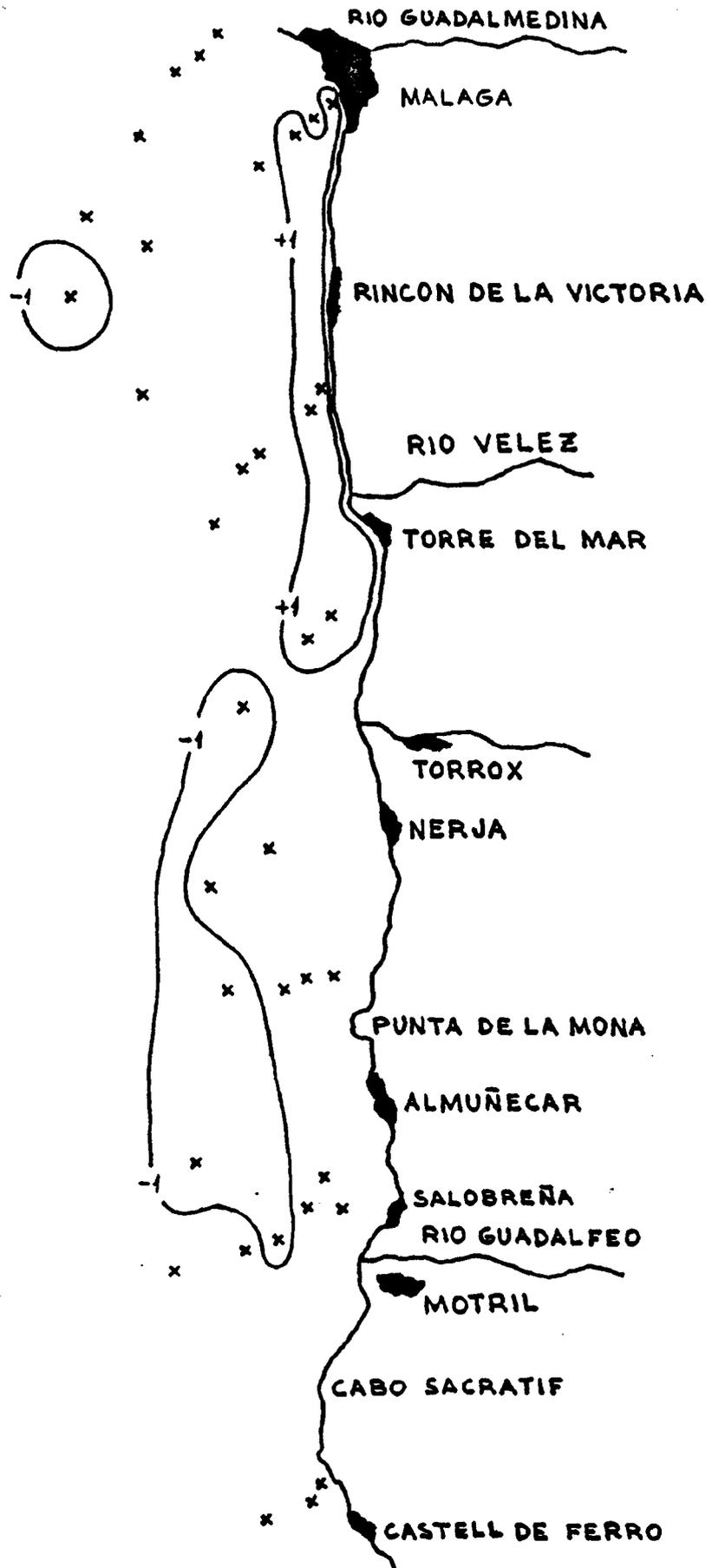
**FRACCION EXTRAIDA**

<b><u>Nº MUESTRA</u></b>	<b><u>Nb</u></b>	<b><u>Ni</u></b>	<b><u>P</u></b>	<b><u>Pb</u></b>	<b><u>Sb</u></b>	<b><u>V</u></b>	<b><u>W</u></b>	<b><u>Y</u></b>	<b><u>Zn</u></b>
DC-132	****	+3	0	-1	****	****	****	0	0
DC-133	****	****	0	-2	****	****	****	-1	0
DC-136	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-140	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-141	****	****	0	0	****	****	****	-1	-1
DC-156	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-170	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-191	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-199	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-203	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-204	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-215	****	****	0	0	****	****	****	-1	0
DC-277	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-278	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-279	****	****	0	-1	****	****	****	-1	-1
DC-283	****	****	0	+2	****	****	****	0	0
DC-287	****	****	0	-1	****	****	****	0	0
DC-321	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-330	****	****	+1	0	****	****	****	0	+1
DC-331	****	****	0	0	****	****	0	0	0
DC-346	****	****	0	0	****	****	****	-1	0
DC-357	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-359	****	0	0	0	****	****	****	0	0
DC-383	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-385	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-393	****	****	0	0	****	****	****	0	+1
DC-413	****	****	+4	0	****	+5	****	+1	+2
DC-419	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-425	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-432	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-443	****	0	0	0	****	****	****	0	0
DC-445	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-447	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-455	****	****	0	+1	****	****	****	+1	+1
DC-511	****	****	0	+1	****	****	+5	+2	0
DC-513	****	****	0	0	****	****	****	0	0
DC-514	****	0	+2	+2	****	****	****	+2	+2

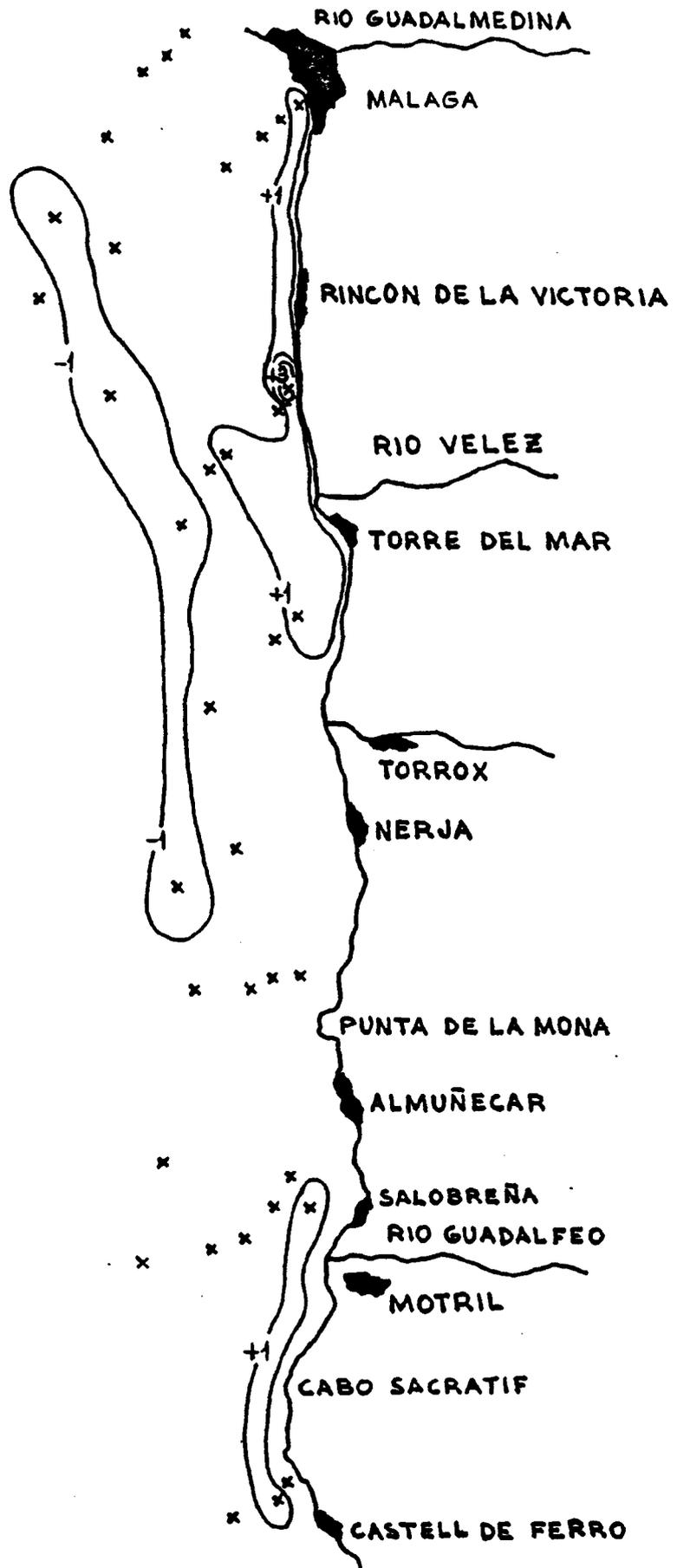
# As (SOLIDA)



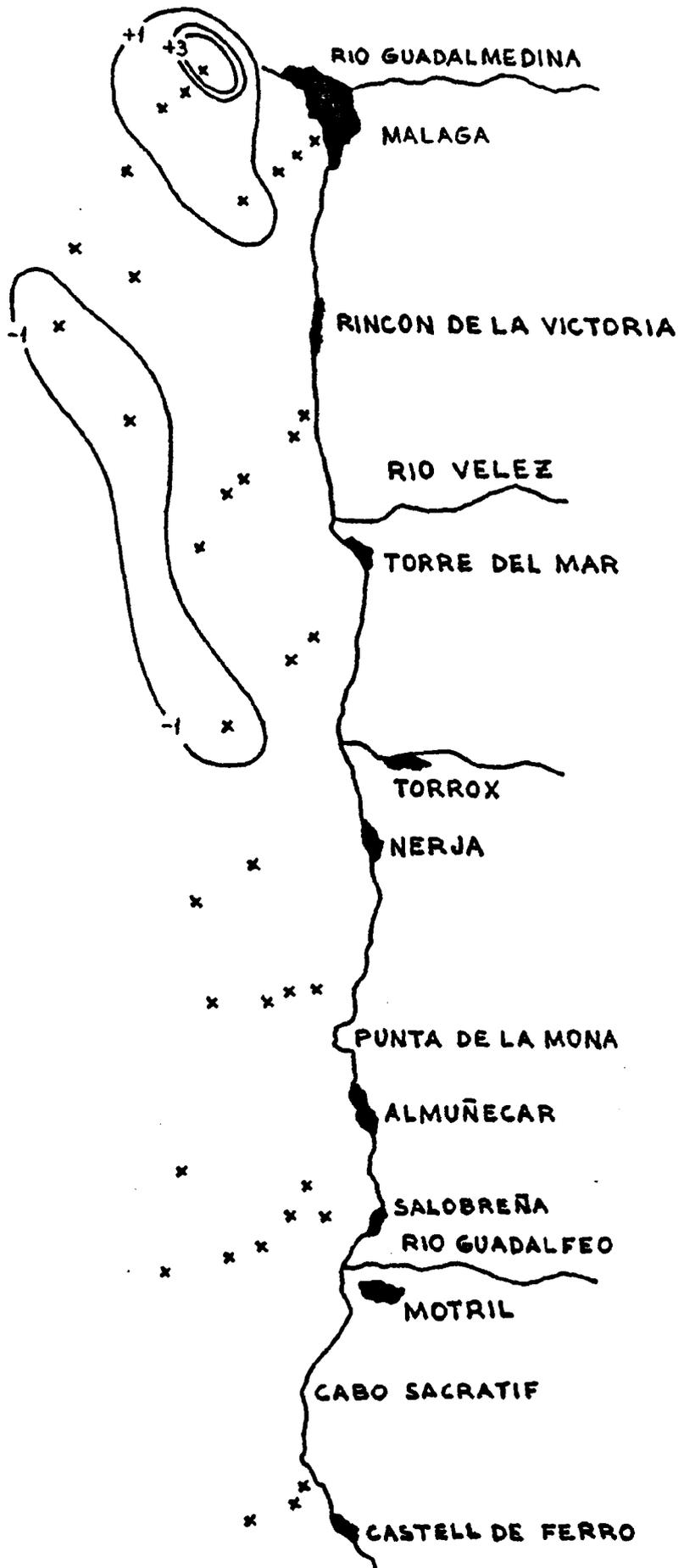
# P (SOLIDA)



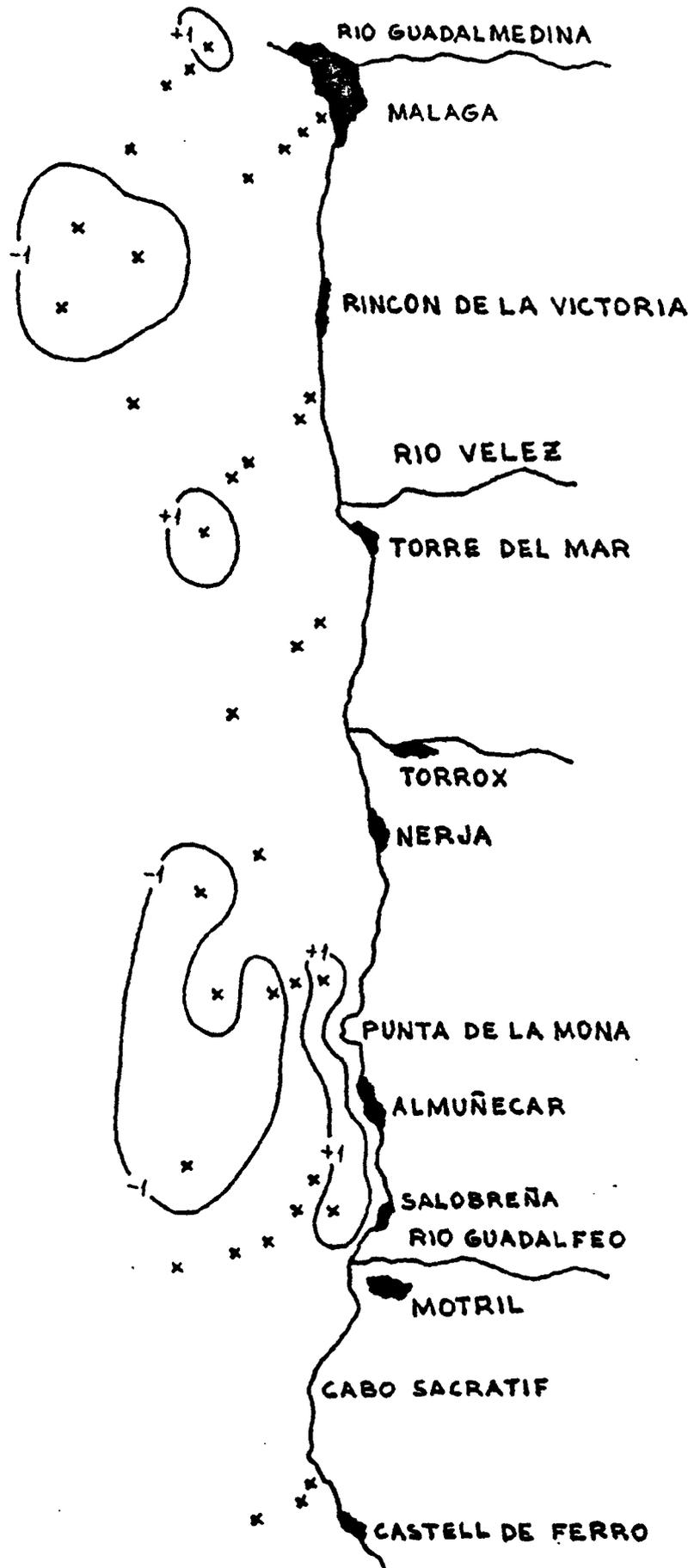
# Mn (EXTRAIDA)



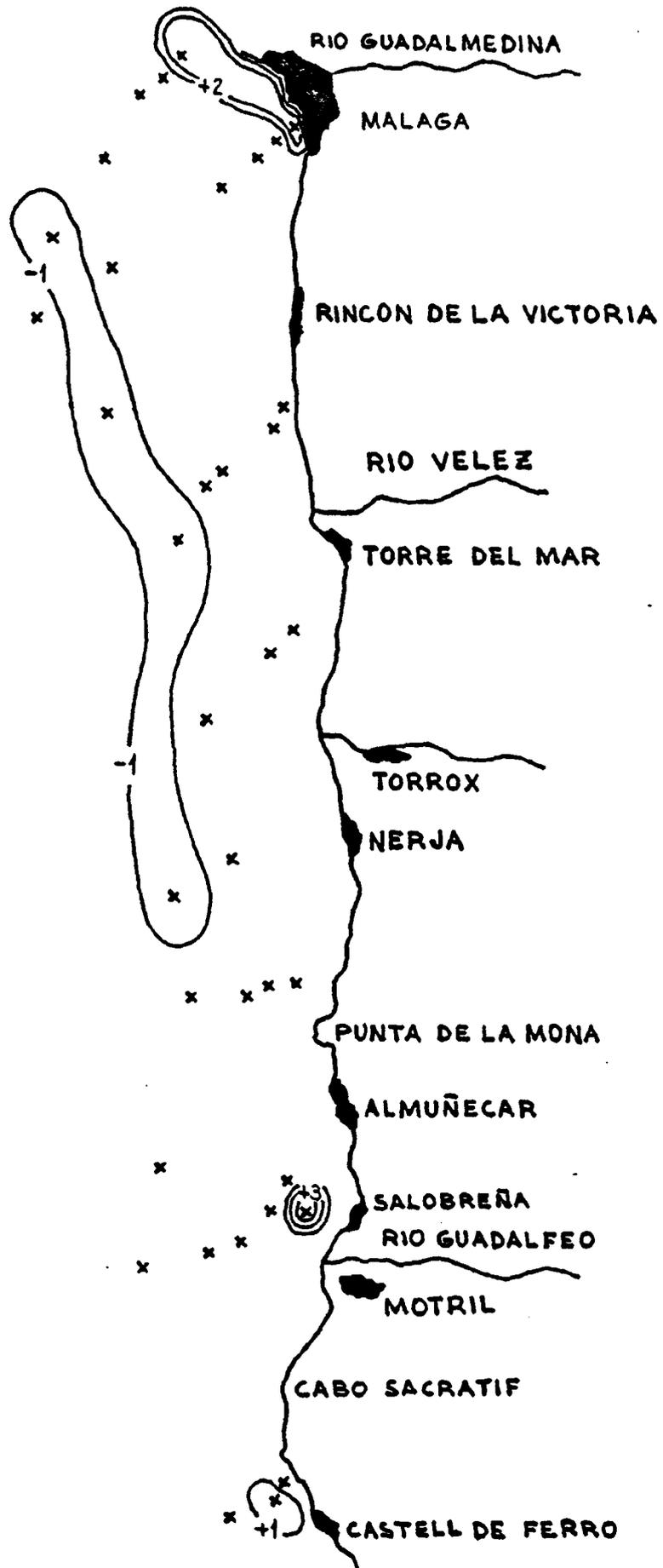
# Cr (SOLIDA)



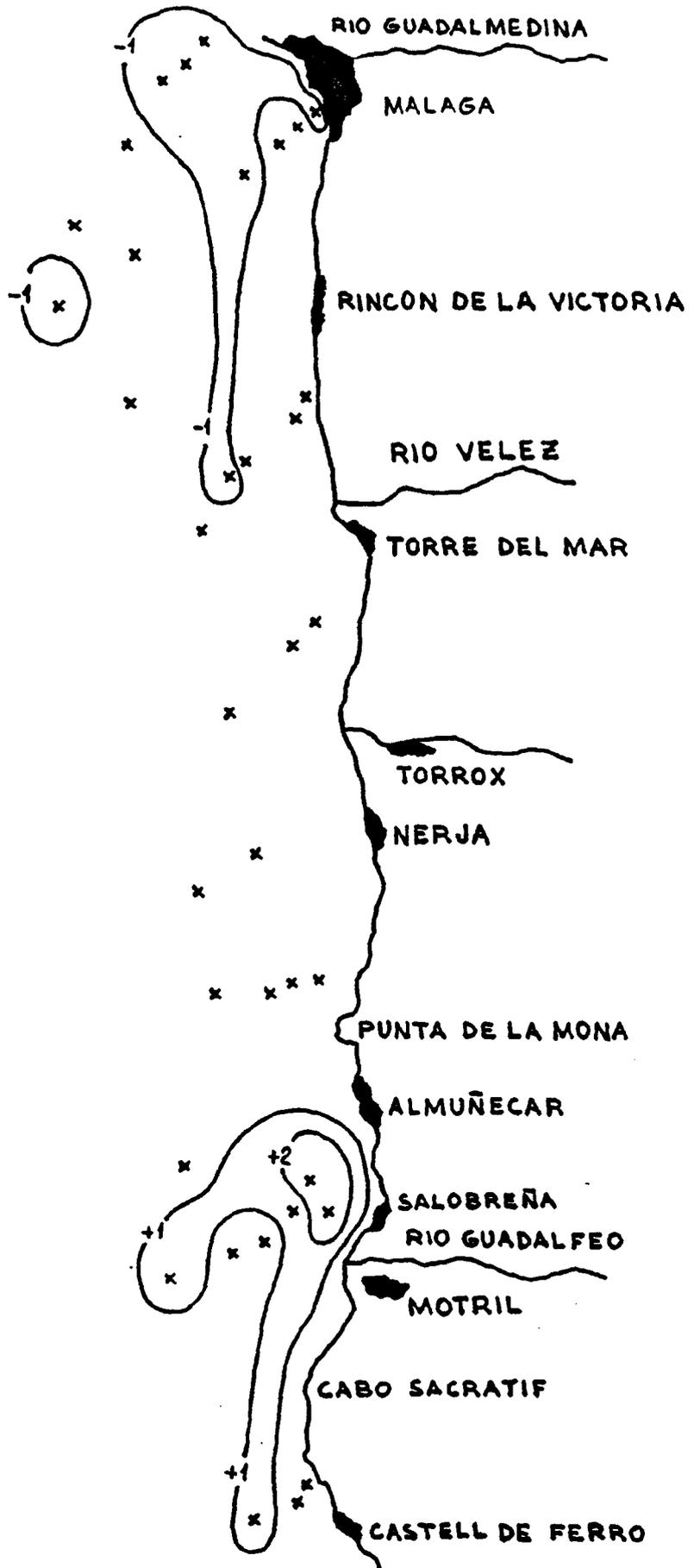
# Cu (SOLIDA)



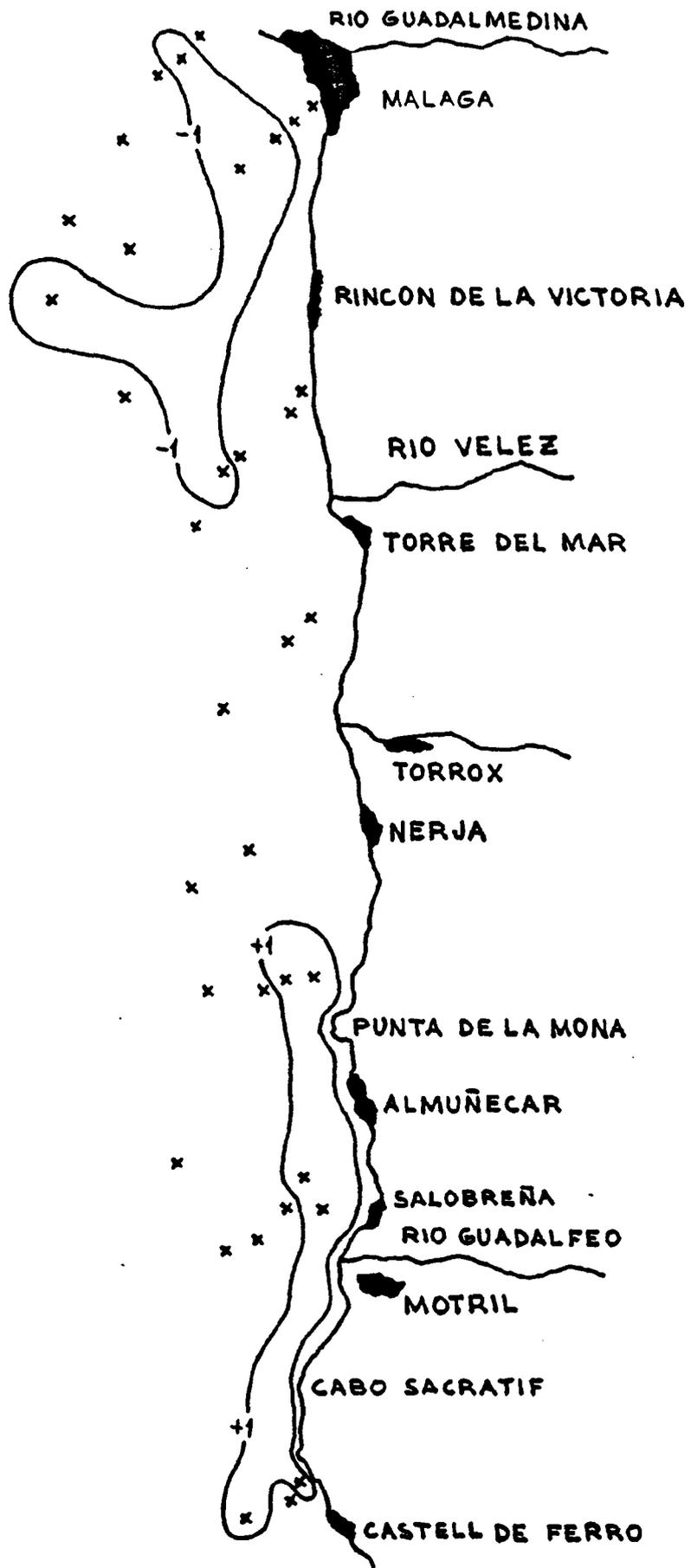
# Cu (EXTRAIDA)



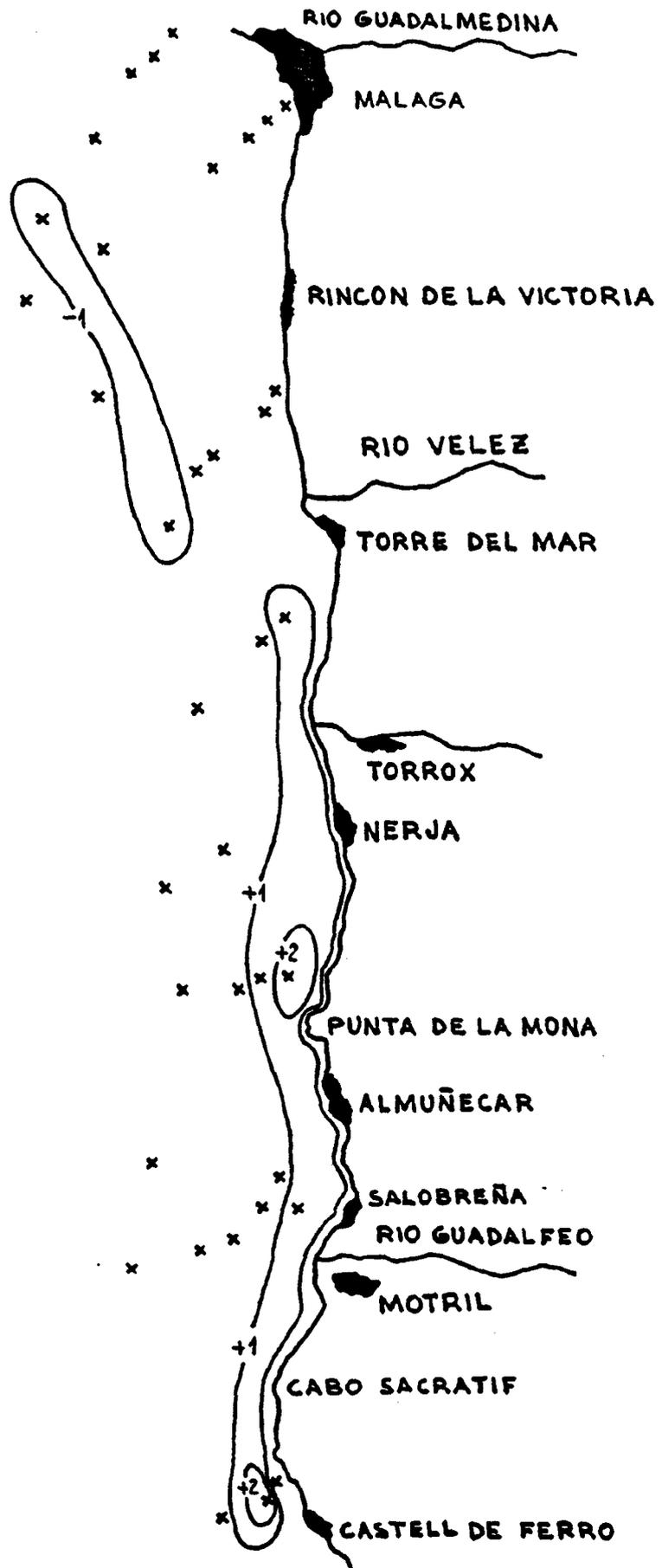
# Pb (SOLIDA)



# Zn (SOLIDA)



# Zn (EXTRAIDA)



## 7.- CONCLUSIONES

\*Existe un aumento de la concentración del metal en el sentido Oeste-Este en los siguientes casos:

Al, K, Na, Ba, Be, Pb y V de la fase sólida.

\*Este aumento es en el sentido inverso en el caso del Nb de la fase sólida.

\*Aumenta la concentración en sentido Oeste-Este y en dirección a la costa en los siguientes casos:

Fe y Zn de la fase sólida y Zn, Y en la fase extraída.

\*En el caso de P de la fase sólida, la evolución es en sentido inverso al mencionado anteriormente.

\*Existencia de los mayores valores en los puntos próximos a la costa en el P de la fase sólida y Mn de la fase extraída.

Estas orientaciones, en su mayoría correspondientes a la fase sólida, deben ser originados por la distribución de las distintas estructuras mineralógicas y geológicas existentes en la zona.

Por otro lado, podemos distinguir los siguientes puntos anómalos:

\*Proximidades de la ciudad de Málaga:

Cr y Ni de la fase sólida y Cu y Ni de la fase extraída.

\*En el punto 191 existe una anomalía referente al Mo de la fase extraída.

\*Zona situada entre el Rincón de la Victoria y la desembocadura del río Vélez:

Ca y Mn de la fase sólida y Mn y Pb de la fase extraída.

\*Cercanías de la Punta de la Mona:

Ba, Ag, P, V, Zn y Na de la fase extraída y C.

\*Proximidades de Salobreña y la desembocadura del río Guadalfeo:

As y Pb de la fase sólida, Co y Cu de la fase extraída.

\*Zona cercana a Castell de Ferro:

Be, Mo, P, Pb, W, Y, Zn y Ca de la fase extraída.

Se observa así, una acumulación de metales pesados en puntos pre- visiblemente contaminados.