



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN
Y CIENCIA



Instituto Geológico
y Minero de España

DETERMINACIÓN DE NIVELES DE FONDO Y NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA PARA METALES EN SUELOS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN

CORREO ELECTRÓNICO

igme@igme.es

RIOS ROSAS, 23
28003-MADRID
TELÉFONO: 91 349 5700
FAX: 91 442 6216

1. INTRODUCCIÓN	3
2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE	5
3. DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES TIPO.....	6
3.1. Definición de Unidades Litoedafológicas	6
3.2. Definición de unidades tipo	11
4. DISEÑO DEL MUESTREO Y TOMA DE MUESTRAS	14
5. PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS	17
6. DETECCIÓN DE VALORES ANÓMALOS Y DEPURACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	20
6.1. Análisis multivariante	20
6.2. Estudio de valores anómalos.....	20
7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS Y FORMULACIÓN DE VALORES DE FONDO Y DE REFERENCIA.....	23
7.1. Formulación de los valores de fondo	23
7.1.1. Transformación a la Distribución Normal	24
7.1.2. Estimación no paramétrica de la cota superior de la mediana	24
7.2. Formulación de los Valores de Referencia	25
7.3. Resultados	26
7.4. Valores de fondo y valores de referencia propuestos	48
8. DEFINICIÓN DE NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA A PARTIR DE CONSIDERACIONES DE RIESGO.....	49
8.1. Introducción.....	49
8.2. Supuestos y criterios adoptados para la determinación de los niveles genéricos de referencia para metales en suelos de la Comunidad de Aragón.....	51
8.2.1. Definición de niveles de riesgo admisible	52
8.2.2. Usos del suelo y vías de exposición.....	53
8.2.3. Exposición máxima razonable y parámetros de exposición.....	55
8.2.4. Distribución y transporte de los contaminantes en el medio natural.....	59
8.3. Expresiones para el cálculo de los niveles genéricos de referencia	60
8.3.1. Ingestión de suelo.....	62
8.3.2. Inhalación de vapores.....	62
8.3.3. Inhalación de partículas de suelo	62
8.3.4. Contacto dérmico.....	63
8.3.5. Ingestión de alimento contaminado.....	64
8.3.6. Ingestión de agua contaminada	64
8.4. Cálculo de los niveles genéricos de referencia.....	65
8.5. Expresión de los resultados	67
8.6. Comparación de niveles genéricos de referencia	69

9. REFERENCIAS	75
ANEXO I Concentraciones de elementos mayoritarios y elementos traza en los suelos de la Comunidad Autónoma de Aragón	80
ANEXO II Datos químicos y toxicológicos empleados para la determinación de los niveles genéricos de referencia para metales pesados y otros elementos traza en suelos de la Comunidad de Aragón	99

1. INTRODUCCIÓN

El artículo 27.1 de la Ley 10/98, de Residuos, de 21 de abril señala la obligación de las Comunidades Autónomas de declarar, delimitar e inventariar los terrenos contaminados existentes en su territorio. Con este fin se insta al Gobierno a definir los criterios y estándares que permitan llevar a cabo tales trabajos. También señala que tales criterios han de tener en cuenta tanto el uso del suelo como los riesgos que se pudieran derivar para la salud de las personas y los ecosistemas.

En cumplimiento de lo establecido en la Ley 10/98, el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados, especifica niveles genéricos de referencia (NGR) para ciertos compuestos orgánicos. Asimismo en su anexo VII establece los criterios para el cálculo de NGR para cualquier otra sustancia -orgánica o inorgánica-. De este mismo anexo se deduce que deberán ser las Comunidades Autónomas las que definan los NGR para metales, ya que la distribución de estas sustancias en el suelo presenta un marcado carácter local.

Así pues, y de acuerdo con esta normativa, se impone la obligación legal a los gobiernos regionales de establecer herramientas específicamente orientadas a la gestión de los suelos contaminados. El presente trabajo pretende ser una de estas herramientas y tiene por objeto el de servir de instrumento de apoyo para la gestión de los suelos contaminados en la Comunidad Autónoma de Aragón.

Los niveles de fondo se definen como *la concentración de una sustancia, presente de forma sistemática en el medio natural, que no ha sido influenciada por actividades humanas localizadas*. Así pues, estos valores deberían permitir, por sí mismos, detectar la presencia de concentraciones no naturales en el suelo. No obstante, desde el punto de vista de la potencial contaminación de un suelo, establecer un valor o conjunto de valores que permitan caracterizar esas condiciones naturales del suelo resulta insuficiente. Es preciso definir un valor o conjunto de valores que permitan diferenciar con garantías suficientes entre un suelo natural y un suelo alterado. Es decir, valores que permitan asegurar que existe una concentración anormal de dicha sustancia. Estos valores son los denominados niveles de referencia.

No hay que confundir estos últimos valores con los Niveles Genéricos de Referencia, establecidos a partir de consideraciones de riesgo y que se definen, según el artículo 2 del Real Decreto 9/2005, como *la concentración de una sustancia contaminante en el suelo que no conlleva un riesgo superior al máximo aceptable para la salud humana o los ecosistemas (...)*

En este trabajo se han definido niveles de fondo y de referencia para una serie de metales pesados y elementos traza en los suelos de la comunidad autónoma de Aragón. Asimismo, se han formulando unos Niveles Genéricos de Referencia de carácter teórico siguiendo la metodología establecida en el Real Decreto 9/2005 anteriormente mencionado. La combinación de ambos valores ha permitido definir verdaderos Niveles Genéricos de Referencia para los suelos de Aragón.

Los elementos químicos para los que se han definido estos niveles son, en primer lugar, aquellos incluidos en su día en un estudio realizado en 1998 sobre niveles de fondo de metales pesados en la Comunidad Autónoma de Aragón¹. Posteriormente se han incluido otros contaminantes, considerados de interés por sus propiedades toxicológicas, hasta completar la siguiente relación: aluminio, antimonio, arsénico, bario, cadmio, cobalto, cobre, cromo (III) y cromo (VI), estaño, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plata, plomo, selenio, torio, uranio, vanadio y zinc.

La metodología empleada para la determinación de los Niveles Genéricos de Referencia para los suelos de Aragón ha contemplado las siguientes etapas:

1. Recopilación y análisis de la información disponible.
2. Definición de Unidades de Muestreo.
3. Diseño del muestreo y toma de muestras.
4. Preparación y análisis de las muestras.
5. Detección de valores anómalos y purgado de la base de datos.
6. Análisis estadístico de los resultados y formulación de valores de fondo y de referencia.
7. Definición de Niveles Genéricos de Referencia a partir de consideraciones de riesgo.

Conviene aclarar en este punto el motivo de no haber determinado niveles de fondo y de referencia para elementos tan significativos como el berilio y el talio. En el primer caso, los análisis realizados en laboratorio han resultado en concentraciones inferiores al límite de detección en el 83% de las muestras. De esta manera, los valores de fondo y de referencia que se podrían obtener a partir de estos resultados no resultan comparables al resto y podrían llevar a conclusiones erróneas. Se están estudiando procesos estadísticos de imputación para asignar valores a los resultados inferiores al límite de detección. En el caso del talio, no se han recibido resultados para este elemento, a pesar de estar incluido en el paquete de análisis solicitado.

¹ Determinación de los Niveles de Fondo de metales pesados en los suelos de Aragón. Diputación General de Aragón, 1998

2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

La determinación de unos niveles de fondo y de referencia específicos para los suelos de la Comunidad Autónoma de Aragón no es posible sin un conocimiento adecuado de las características físico-químicas y mineralógicas de dichos suelos, así como sobre su génesis y cartografía.

Para la realización de este estudio se ha consultado el Mapa Geológico de España a escala 1: 200.000 (IGME, 1971) así como cartografía obtenida a través de la página web del Gobierno de Aragón. El mapa de coberturas del suelo Corine Land Cover 2000 ha permitido obtener información sobre la localización de determinados usos del suelo (zonas industriales, vertederos, etc.) que pudieran afectar al contenido natural de metales en el mismo.

Además de esta información de tipo cartográfico, Aragón ha sido objeto de estudios específicos relacionados con la caracterización de niveles de metales pesados en suelos no contaminados. En 1998, la Diputación General de Aragón encargó un estudio a la empresa Ingenieros y Arquitectos Asociados, S.A y el CSIC para la determinación de los niveles de fondo de metales pesados en los suelos de Aragón. En este estudio se seleccionaron las unidades y asociaciones de suelos más representativas del territorio y, para cada una de ellas, se obtuvieron los niveles medios de metales pesados. Los valores de fondo propuestos resultan de estimar la concentración media de cada elemento en toda la región eliminando las muestras con desviaciones a la media superiores a dos veces la desviación estándar. Asimismo se analizaron diversos parámetros edáficos (pH, textura, contenido en materia orgánica, etc.) y se estudió la relación entre éstos y la distribución de los metales en el suelo.

Peña et al. llevaron a cabo en 2004 un estudio en el que, entre otros aspectos, se describen las unidades edáficas y las unidades del relieve aragonés.

Por último, existe numerosa información en Internet acerca de la geología, geografía, geomorfología y litología de la comunidad Autónoma de Aragón.

3. DEFINICIÓN DE LAS UNIDADES TIPO

3.1. Definición de Unidades Litoedafológicas

La comunidad de Aragón se puede dividir, de norte a sur, en tres grandes unidades: la gran cadena montañosa de los Pirineos, la Depresión Central del Ebro y otra gran cadena montañosa que es la Cordillera Ibérica. Entre ellas se encontrarían dos zonas de transición o somontanos (Somontano Pirenaico y Piedemonte Ibérico).

1. Los Pirineos Aragoneses:

Esta unidad se compone de una zona axial (cumbres más elevadas) de materiales paleozoicos constituidos, principalmente, por pizarras, granitos, cuarcitas, calizas y rocas metamórficas.

Sobre esta zona axial, adosados a sus materiales, se encuentran importantes macizos calcáreos que constituyen las llamadas sierras interiores (Figura 1).

Dentro del Somontano Pirenaico se hallan materiales mesozoicos y terciarios que constituyen el Prepirineo y que forman pequeñas sierras llamadas exteriores. En su composición aparecen calizas de sedimentación marina, margas y areniscas.

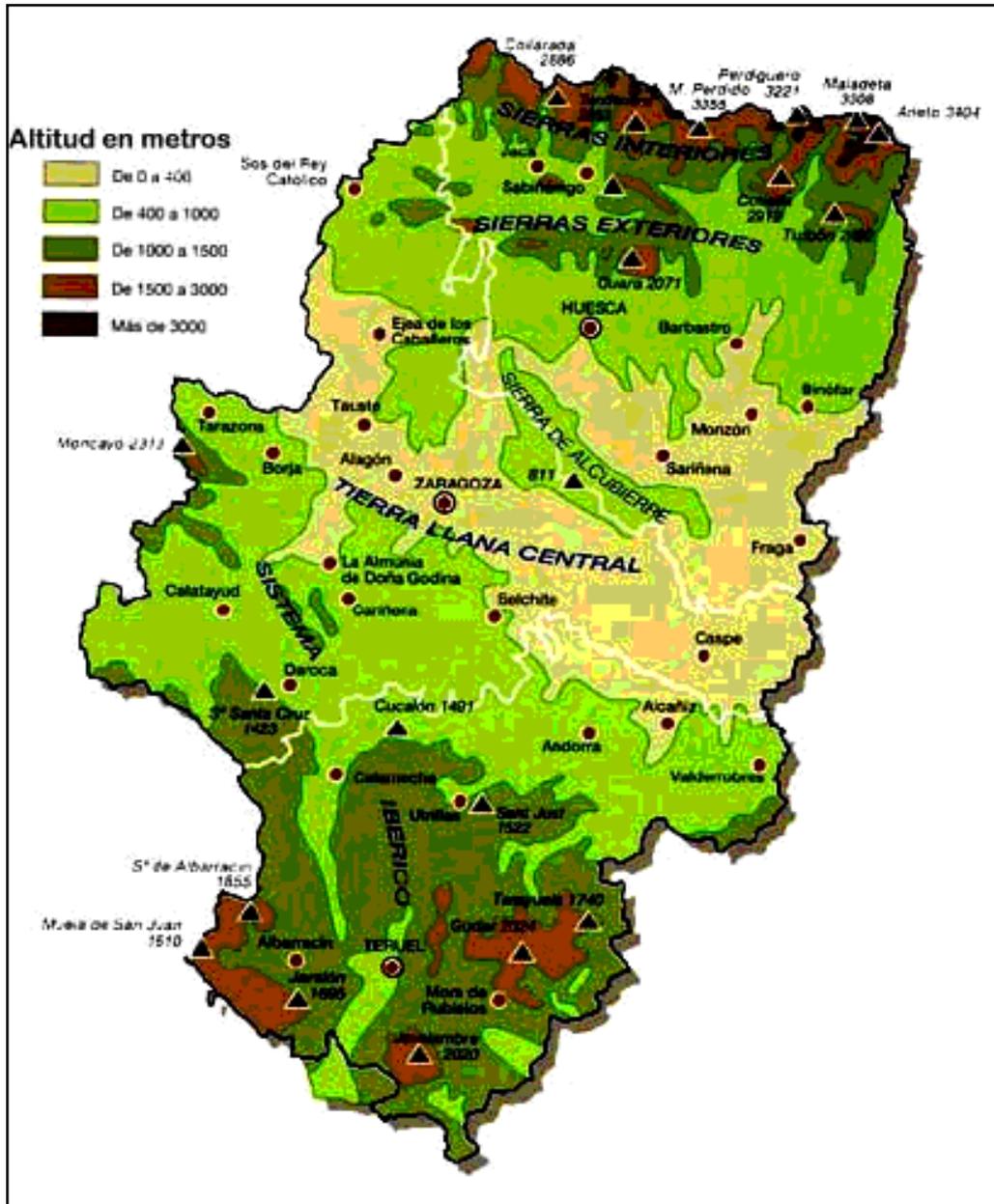


Figura 1. Geomorfología de Aragón.

2. La depresión del Ebro

En la Depresión del Ebro hallamos rocas del terciario, producto de la sedimentación de los materiales arrasados de las cordilleras y que están constituidas por conglomerados, areniscas, arcillas, margas, yesos y calizas. Estos materiales se dispondrían del siguiente modo (Figura 2):

- Los márgenes de la depresión están formados por los materiales detríticos (conglomerados y areniscas) procedentes de las sierras.

- La zona intermedia quedaría constituida por areniscas y arcillas con intercalaciones de material carbonatado.
- La parte central de la depresión presenta materiales yesíferos y evaporíticos con presencia de rocas carbonatadas (margas y calizas).

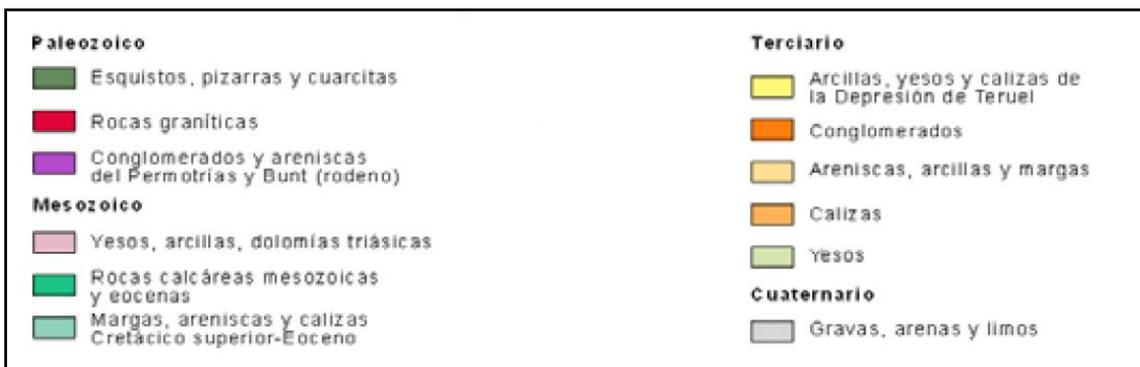
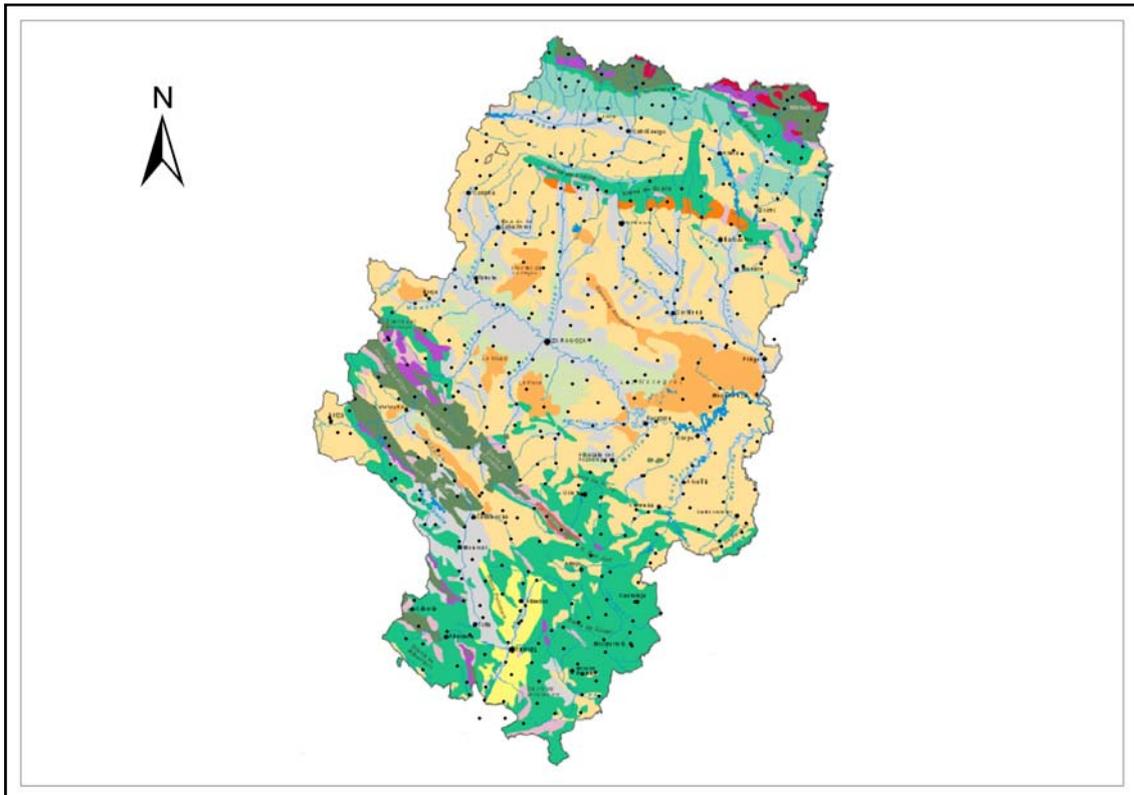


Figura 2. Mapa litológico de Aragón (adaptado de Peña y Lozano, 2004).

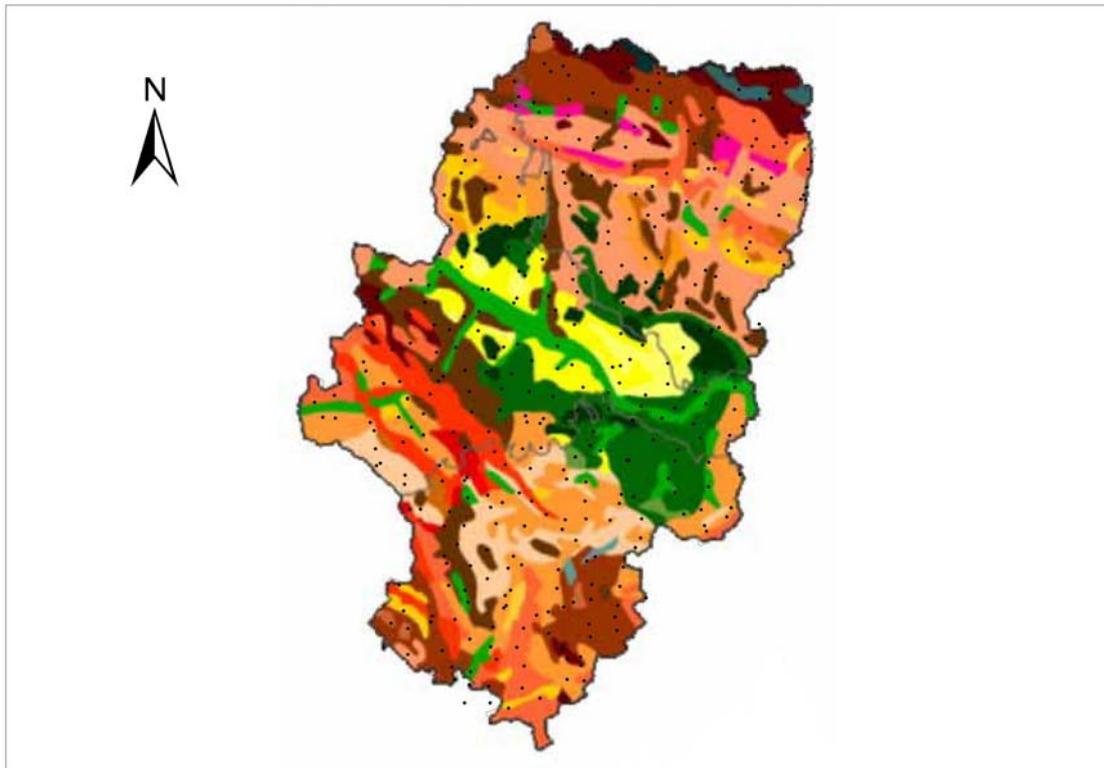
3. La Cordillera Ibérica

Los materiales paleozoicos se localizan en el núcleo de la cordillera y se componen de pizarras, cuarcitas y calizas, al igual que en los Pirineos Aragoneses. Los materiales del mesozoico se componen de calizas y dolomías del Jurásico y el

cretácico superior. Asimismo, se presentan materiales del Terciario en pequeñas cuencas o en fosas tectónicas mayores compuestas por importantes espesores de series detríticas, yesos y calizas.

Sobre estas litologías se han desarrollado muchos tipos de suelos que se han podido cartografiar en función de los suelos dominantes presentes en ellas (Figura 3):

- Fluvisoles y Leptosoles: son suelos que presentan un desarrollo escaso o pequeño condicionado por su formación sobre materiales muy duros en fuerte pendiente (Leptosoles) o porque la deposición de sus materiales originarios ha sido relativamente reciente (Fluvisoles). Los Leptosoles quedarían asociados a las laderas del Pirineo y Sistema Ibérico y a las laderas abruptas de la Depresión de Ebro. Los Fluvisoles se localizan en el fondo de los valles, en torno a los ejes de los ríos, sobre depósitos aluviales actuales o terrazas recientes. Estos últimos son suelos muy productivos.
- Vertisoles: son suelos desarrollados sobre materiales sedimentarios arcillosos. Aparecen en laderas de las sierras.
- Gypsisoles y Calcisoles: son suelos poco desarrollados condicionados por un clima semiárido con una estación seca muy marcada. Los calcisoles se caracterizan por la presencia de horizontes de acumulación de carbonatos; aparecen en la Depresión del Ebro y en laderas de las sierras que presentan materiales carbonatados. Son suelos favorables para el desarrollo de vegetación y cultivos y no presentan problemas de salinidad aunque, en ocasiones, se pueden formar costras calcáreas en superficie, lo que dificulta su aprovechamiento agrícola. Los Gypsisoles presentan horizontes de acumulación de yeso y se localizan en la zona central de la Depresión de Ebro. Son suelos que pueden presentar problemas de salinidad.
- Cambisoles: son los tipos de suelos más abundantes dentro del territorio aragonés. Son suelos más desarrollados en comparación con los anteriores. Aparecen sobre materiales carbonatados en el Prepirineo, Sierras Interiores, Sierras Exteriores y depresiones dentro de la Cordillera Ibérica. En general, se caracterizan por una importante actividad biológica, lo que les hace ser buenos para la agricultura siempre que la pendiente, la profundidad y la pedregosidad sean adecuadas.



Unidades de suelo dominantes	Asociaciones	Inclusión
Fluvisol eútrico FLe	GL	
Leptosol eútrico LPe	CMu, CMd, LPq	LPe
Leptosol lítico LPq	Ro, LPq	CMe, CMd
Leptosol lítico LPq	CMc	
Vertisol eútrico VRe	RGe	
Calcisol háplico CLh	LPq, LPk	LVx
Calcisol háplico CLh	GYh, RGc	SC
Calcisol háplico CLh	Lvx	
Gypsisol háplico GYh	Sc, SCg	
Gypsisol háplico GYh	RGc, SCg	
Luvisol cálcico LVk	CMc, Ro	CMc, LVf, LVv
Luvisol crómico LVx	CMe	
Cambisol eútrico CMe	LPe, LPe, LPq, R	
Cambisol húmico CMu	CMd, LPe, LPq, r	
Cambisol gleico CMg	CMc	LVx
Cambisol calcárico CMc	LPk, LPq	LVx
Cambisol calcárico CMc	PHc, LPk	
Cambisol calcárico CMc	PHc, LPk, LPq	LVx
Cambisol calcárico CMc	LPk, RGc	
Cambisol calcárico CMc	LPk, ie	LVx
Cambisol calcárico CMc	RGc	Zo
Cambisol calcárico CMc	RGc	
Cambisol calcárico CMc	LPq, LVx	
Cambisol calcárico CMc	LVx	
Cambisol calcárico CMc	RGc, SC	

Fuente: Mapa de suelos de la Comunidad Europea escala 1:1.000.000 (FAO-UNESCO, 1984). Leyenda del Mapa de suelos del Mundo (FAO-UNESCO, 1990). Elaboración propia.

Figura 3. Mapa de Unidades de suelos de Aragón (adaptado de Ibarra, 2004).

Dentro de estas grandes unidades de suelos aparecerían otros tipos de suelos minoritarios en asociación con ellos.

El muestreo llevado a cabo ha permitido abarcar todo los tipos de materiales litológicos y, por tanto, todos los tipos de suelos mayoritarios que se encuentran en la comunidad de Aragón.

3.2. Definición de unidades tipo

Los valores de fondo y de referencia deben definirse para poblaciones de suelos homogéneas. Si en una región existen diversas unidades tipo de suelos que son significativamente diferentes en cuanto a sus concentraciones químicas elementales, se deberán definir valores específicos para cada una de dichas unidades. El establecimiento de un conjunto de unidades tipo ha de alcanzar un equilibrio entre dos objetivos enfrentados: por una parte, el número de unidades definido debe ser el suficiente para que cada una de ellas sea relativamente homogénea internamente y distinta de las demás; por otra, las unidades en que se divida el área de estudio no pueden ser tan numerosas que resulten en un listado tan extenso de valores que haga inviable su utilización. La definición a priori de estas unidades homogéneas puede atender a distintos criterios. Entre los aspectos que condicionan los contenidos elementales de un suelo se cuentan el sustrato litológico del cual se deriva la textura, el tipo de suelo según criterio edafológico, el uso del terreno, etc. En cualquier caso, parece existir un acuerdo generalizado en cuanto a que los factores más determinantes de las concentraciones naturales de elementos traza presentes en un suelo son su textura y el material litológico precursor.

A grandes rasgos, puede considerarse que la comunidad de Aragón está conformada por tres grandes unidades geomorfológicas: las dos grandes cadenas montañosas y la depresión central. No obstante, como se ha comentado en el apartado anterior, los materiales litológicos son muy variados y se encuentran muy intercalados dentro del territorio, por lo que no parece posible definir unidades homogéneas en cuanto a la litología de los materiales precursores.

Para comprobar si es posible establecer dos unidades tipo homogéneas (zona de sierras y zona de valle) para la definición de niveles de fondo y de referencia se ha tomado como punto de partida la división de las muestras en grupos o *clusters* en función de su contenido en los elementos que diferencian a ambas unidades; es decir, aluminio, hierro, magnesio, calcio, sodio y potasio (pertenecientes a las pizarras, granitos y cuarcitas de la zona de sierra) y calcio y sodio (correspondientes a los materiales yesíferos y evaporíticos de la zona de valle). Los análisis realizados, los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas se exponen a continuación.

En primer lugar se han calculado los estadísticos descriptivos para el total de las muestras. Los resultados se muestran en la tabla 1.

VARIABLE	Casos	Media	Mediana	Min	Max	p5	p95	Varianza	SD
Aluminio	387	4642,09	4380	740	14300	1868	8766	4513108,3	2124,41
Antimonio	387	1,41	1	0,5	19	0,5	3	2,4	1,55
Arsénico	387	14,71	12,7	2,4	66	6,14	29,84	69,52	8,34
Bario	387	311,78	290	25	1350	25	670	41542,93	203,82
Cadmio	387	0,19	0,2	0,05	2,3	0,05	0,4	0,033	0,18
Cobalto	387	8,76	8	2	66	3	17	24,68	4,97
Cobre	387	15,34	13	2	128	6	33	113,18	10,64
Cromo	387	44,34	41	5	170	17	85	466,42	21,59
Estaño	387	1,905	2	0,5	7	0,5	4	1,58	1,25
Hierro	387	2152,22	1980	300	6730	900	4060	977788,31	988,83
Manganeso	387	377,02	341	39	1750	128,4	752,8	47734,65	218,48
Mercurio	387	0,028	0,018	0,0025	0,465	0,005	0,079	0,0019	0,044
Molibdeno	387	1,79	1	1	8	1	4	1,22	1,104
Níquel	387	21,07	19	3	122	7	42,6	146,82	12,12
Plata	387	0,504	0,25	0,25	2,5	0,25	1,3	0,14	0,37
Plomo	387	19,71	18	2,5	204	7	35,6	177,24	13,31
Selenio	387	0,91	0,8	0,05	3	0,05	2,2	0,48	0,69
Torio	387	9,59	8,8	1	30,1	4,04	17,76	18,93	4,35
Uranio	387	3,17	3,1	0,25	14,2	0,25	6,1	2,81	1,68
Vanadio	387	53,61	48	4	240	18	106	927,45	30,45
Zinc	387	43,79	36	0,5	292	6	106,6	1299,11	36,04

Tabla 1. Estadísticos descriptivos correspondientes al total de las muestras

Posteriormente, se han agrupado las muestras en las dos unidades geomorfológicas definidas (zona de sierras y zona de valle) y se ha comprobado mediante un análisis de conglomerados jerárquico si existen diferencias significativas entre las dos unidades desde el punto de vista de su contenido en los elementos anteriormente mencionados, además de otros elementos que reflejan con mayor fiabilidad la naturaleza geológica del terreno (Sc, Sr, Th, Ti, U).

La Figura 4 refleja el dendograma del análisis realizado. Dado que la métrica de las variables es muy diferente (por ejemplo, el rango para el Sc o el Th es de decenas de mg/kg, mientras que para el calcio es de decenas de miles de mg/kg) se han tipificado las variables utilizadas en el análisis.

* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S * * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Within Group)

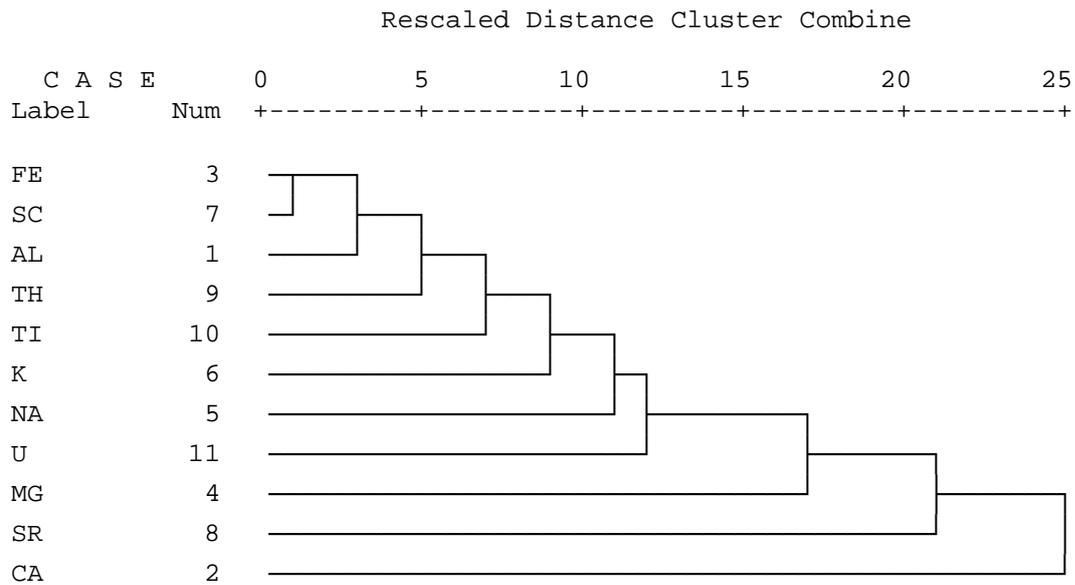


Figura 4. Análisis del agrupamiento de variables.

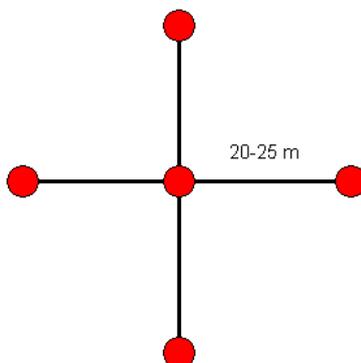
Los resultados obtenidos no parecen indicar la existencia de unidades tipo en cuanto a las variables analizadas. Por lo tanto, dado los resultados obtenidos y teniendo en cuenta que los materiales de la unidad “zona de valle” proceden en su mayor parte de la erosión y el arrastre de los materiales de la unidad “zona de sierras”, cabe concluir que no es necesario el cálculo de los niveles de fondo para dos unidades tipo, sino que es más razonable realizarlo para el global de muestras.

4. DISEÑO DEL MUESTREO Y TOMA DE MUESTRAS

Las muestras de suelo recogidas en este proyecto corresponden a suelos residuales, es decir, a suelos formados por la alteración de las rocas infrayacentes y por los procesos edáficos subsecuentes. Por ello, se ha evitado la recolección de muestras en puntos en los que los suelos pudieran tener un cierto desplazamiento o una absoluta falta de relación con los materiales rocosos del substrato (coluviones, recubrimientos de posible origen antrópico, depósitos de origen fluvial, etc.). Se han elegido puntos en los que se ha podido observar, en algún corte del terreno, la relación espacial y genética estrecha entre el suelo y el substrato original.

El diseño del muestreo responde a un modelo aleatorio estratificado. La distribución de los puntos de muestreo es, en parte, uniforme, por cuanto se ha procurado situar una muestra en cada hoja topográfica 1/25.000. Dentro de cada hoja la situación de dicha muestra se ha establecido aleatoriamente. Sin embargo, en algunos casos la situación propuesta ha sido modificada por los prospectores sobre el terreno, por no existir un suelo adecuado (no residual) o por estar localizado en una zona con indicios próximos de contaminación manifiestos (basureros, proximidad a desagües, proximidad a granjas, obras civiles, pueblos, etc.). Asimismo se ha procurado recoger las muestras a una distancia mínima de 25-50 m de carreteras importantes o de nudos de comunicación. En el caso de algunas hojas 1/25.000 se han tomado 2 muestras, asimismo, situadas aleatoriamente.

La muestra de suelo es de naturaleza compuesta, por resultar de la agregación de cinco incrementos de muestra tomados según un esquema en cruz en torno al punto central de muestreo (cruz con brazos de 20-25 m), en cinco catas o pocillos. La toma de muestras compuesta es siempre aconsejable por contribuir a la reducción del error de muestreo y a una mayor reproducibilidad de los resultados de muestreo.



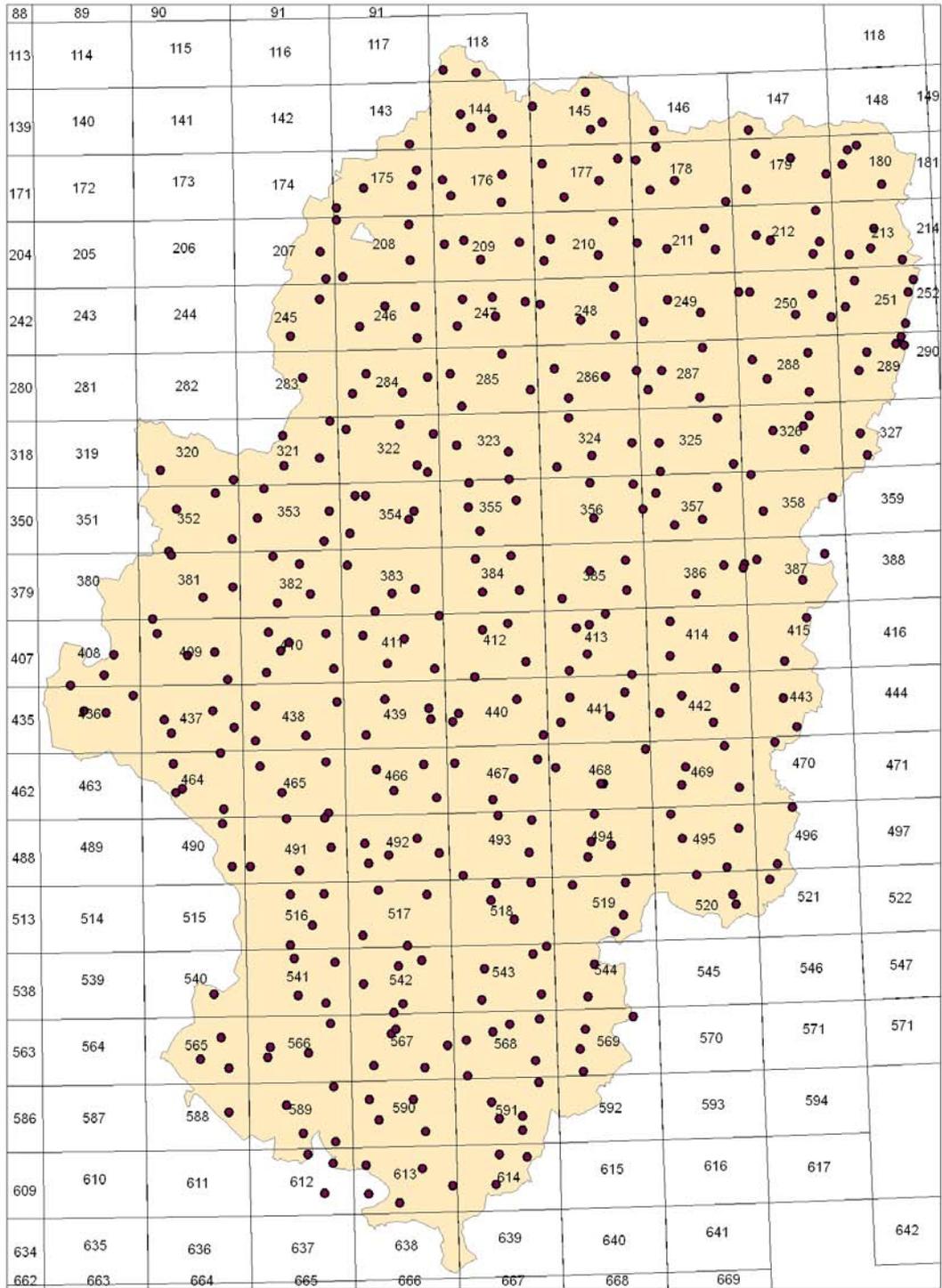
En cada cata o pocillo, se ha recogido la muestra de suelo en el tramo de profundidad 0-20 cm (nivel B-C), descabezando previamente en algunos casos los 0-5 cm más superficiales cuando contienen materia orgánica (hojas, raíces) en descomposición. El material tomado en cada cata ha sido tamizado in situ con un tamiz de malla 5 mm. Las cinco porciones inferiores a 5 mm obtenidas, con un peso mínimo total de 1,5 kg, se introducen en una bolsa de plástico que se numera en su parte exterior. Una tarjeta de cartulina con la numeración de la muestra se introduce asimismo en la bolsa junto con las porciones de suelo, antes de su cierre y precintado.

En cada toma de muestra se ha cumplimentado una ficha de campo (Figura 5) en la cual, además de señalar el número o identificador de la muestra y las coordenadas UTM obtenidas con GPS, se describen otras características del entorno de la muestra (vegetación, cultivos, litología, relieve, etc.) y de su naturaleza (humedad, granulometría, color, etc.).

MUESTRADE										
ID Muestra Sup	ID Muestra Inf	COORDX	COORDY	Huso	Hoja 1/50.000	Uso suelo	Vegetación	Litología Bedrock	Afloramientos	Incrementos
Relieve	Tipo de suelo	Estructura	Textura Muestra Inf.	Interv. Muestra Inf.	Textura Muestra Sup.	Interv. Muestra Sup.	Humedad Muestra Sup.	Humedad Muestra Inf.	Contenido Mat. Org. Muestra Sup.	Contenido Mat. Org. Muestra Inf.
%Castos Suelo Sup	%Castos Suelo Sup	Horizonte Muestra Sup.	Horizonte Muestra Inf.	Clasificación suelo	Foto detalle pocillo	Foto General		Radiación gamma (CS)		
Observaciones:										
<p>Relieve: Llano, moderado, fuerte Uso suelo: agrícola, ganadería, semi-urbano... Tipo suelo: Residual, aluvial, sobre coluvión... Estructura: S/No</p> <p>Textura M Inf.: arcilloso, arcilla-silt, silt-arena, arenoso Humedad: seco/húmedo Mat. Orgánica: baja/alta %Castos suelo: 0; 0-2; 2-5; 5-15; 15-40; 40-80; >80</p> <p>Horizonte M Inf.: C, B Clasificación suelo FAO:</p> <p>litología: R. Graníticas (0), R. Volcánicas Ácidas (1), R. Básicas y U.B. (2), R. Carbonatadas (3), Lutitas-Areniscas-Conglomerados (4), Esquistos-Neises-Cuarcitas (5) o Recubrimiento (6).</p>										
NUMERACIÓN DE MUESTRAS . SUELOS: N° de la hoja 1/50.000, seguido del n° correlativo de las muestras tomadas en dicha hoja , seguido de la letra T o C según se trate del suelo superior (T) o inferior (C). Ej. De muestra tomada en la hoja 0089: 00892T										

Figura 5. Ficha de muestra utilizada

En total se han recogido 403 muestras de suelo residual en el territorio de Aragón, cuya situación se presenta en el mapa adjunto.



5. PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

Las muestras recogidas han sido llevadas a la Litoteca del IGME de Peñarroya. En el taller de preparación han tenido lugar las siguientes operaciones:

- Secado de las muestras en estufa a 40°C.
- Disgregación de la muestra con rodillo de madera para deshacer los grumos o agregados de material del suelo.
- Homogeneización de la muestra a través de cuarteadora. Con ello se pretende evitar las posibles diferenciaciones que, por razón de granulometría o peso específico, pudieran haberse producido en el interior de la bolsa desde la recogida.
- Tamizado a 2 mm a través de tamices con malla de acero inoxidable y limpieza sistemática de dichos tamices entre muestra y muestra.
- Cuarteo de la muestra y obtención de una submuestra de 60-70 g, envasado en bote de plástico para su envío al laboratorio de análisis.

Se ha optado por utilizar técnicas de laboratorio que garanticen el análisis total (o casi total) de las muestras, excluyendo la posibilidad de análisis con extracciones parciales (agua regia u otras). Estas técnicas se describen a continuación.

La gama completa de 52 elementos, entre trazas y mayoritarios, ha sido determinada en los laboratorios de ACTIVATION LABORATORIES LTD (ACTLABS) en Ancaster, (Ontario, Canadá). Se han determinado las concentraciones de 52 elementos, de los cuales un grupo ha sido analizado por la técnica de Activación Neutrónica (INAA) y otro por Espectrometría de Emisión Plasma con Acoplamiento Inductivo (ICPAES). Elementos como Cd, Sb, Bi han sido analizados también por absorción atómica con el fin de rebajar su límite de detección. El Hg ha sido analizado por absorción atómica con generación de hidruros.

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

Las ventajas de esta técnica son las siguientes:

- Es bastante rápida.
- No requiere tratamiento químico, con lo cual se evitan contaminaciones e interferencias con otros elementos.
- Es una técnica multielemental, que permite determinar hasta 35 elementos simultáneamente.

- Los elementos traza ligados a materia orgánica son determinados con gran fiabilidad y con un bajo límite de detección, sin necesidad de calcinación (en el caso de materia orgánica) y evitando las posibles pérdidas en esta etapa.

En la técnica ICPAES (espectrometría de emisión plasma con acoplamiento inductivo), un gramo de submuestra de granulometría inferior a 63 μ se pone en disolución mediante un ataque fuerte tetra-ácido (HCl, H₂NO₃, HClO₄ y HF), que produce la digestión total o prácticamente total de la muestra, y se pasa a un plasma excitado por radiofrecuencias. Cada elemento en disolución produce un espectro característico, siendo la intensidad de las líneas espectrales directamente proporcionales a la concentración de elementos presentes.

Las ventajas de esta técnica son:

- Es multielemental, sensible y con bajos límites de detección.
- La gama de elementos que se determinan más fácilmente con ICP se complementa muy bien con aquellos que son más propios de INAA.

En la Tabla 2 puede verse la gama total de elementos analizados (52), las técnicas utilizadas en cada caso y su límite inferior de detección.

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

Tabla 2. Elementos traza y mayoritarios analizados, técnicas instrumentales empleadas y límites inferiores de detección

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

6. DETECCIÓN DE VALORES ANÓMALOS Y DEPURACIÓN DE LA BASE DE DATOS

La definición de valores de fondo y de referencia para los suelos de Aragón ha de llevarse a cabo sobre muestras no contaminadas. A pesar de que durante el diseño del muestreo y la recogida de muestras se han tomado todas las precauciones posibles para garantizar la ausencia de influencia antrópica en los resultados, no es posible garantizar completamente la inexistencia de afecciones no detectadas durante la campaña de muestreo. Por este motivo, se ha llevado a cabo un trabajo previo de control y depuración de los resultados analíticos para identificar posibles valores anómalos que pudieran tener un origen natural y que, por tanto, deben ser eliminados de la base de datos. A continuación se describe el estudio estadístico de los resultados anómalos.

6.1. Análisis multivariante

El análisis multivariante identifica los valores anómalos en relación con todas las concentraciones de elementos traza. Para ello, se calcula la distancia de Mahalanobis de cada determinación a la media del conjunto de determinaciones y se compara con el valor de la distribución χ^2 que se utilice como límite para la definición de anomalía.

Formalmente, la distancia de Mahalanobis entre un punto x y la media μ , en una población de matriz de covarianzas Σ , se define como:

$$d_m(x, \mu) = ((x - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu))^{-1/2}$$

En el caso que nos ocupa, la distribución de las distancias obtenidas corresponde a una distribución χ^2 de 21 grados de libertad (número de elementos químicos para los que se va a definir valor de fondo y referencia). Como límite para la definición de anomalías se señala el valor de 38,9322 correspondiente al percentil 99 de dicha distribución, de manera que una muestra será clasificada como anómala cuando presente una distancia de Mahalanobis superior a dicho valor.

6.2. Estudio de valores anómalos

En la Tabla 3 se muestran las distancias de Mahalanobis indicadoras de posibles anomalías obtenidas para la base de datos global.

MUESTRA	DISTANCIA DE MAHALANOBIS
3251	39,3171
5173	40,3619
4641	41,0909
2483	41,4167
3571	42,1008
5911	42,9243
5893	43,7607
4925	44,7924
3523	44,9800
1761	50,4011
4654	51,3465
2874	51,3927
5686	53,9910
1791	54,0880
5403	54,4300
3214	54,5478
1461	57,6206
4384	59,9964
1793	61,4465
4101	63,5080
4664	64,7963
4651	74,0270
6133	76,7125
1452	80,1028
6131	94,5597
4092	105,4581
5685	128,3438
4102	133,0095
5694	139,7392
1792	144,1672
4371	150,7573
4103	164,7941
1782	203,2824
4661	241,4015
2883	278,3840

Tabla 3: Muestras señaladas como anómalas según el análisis multivariante para la base de datos global.

Se han obtenido 35 muestras con una distancia de Mahalanobis superior al límite determinado a partir de la distribución χ^2 . Por lo general, estas muestras anómalas presentan contenidos en metales pesados superiores al resto de muestras. La mayor parte de las anomalías detectadas se ubican en la zona de las cumbres montañosas,

en donde las concentraciones en metales pesados son más elevadas que en el resto de la región.

A pesar de la presencia de un número considerable de valores anómalamente altos, únicamente se han eliminado 13 muestras de la base de datos para la definición de valores de fondo y referencia. Las muestras eliminadas son aquellas que se encontraban a menos de 1 km de zonas industriales o de vertederos, por lo que parece razonable pensar que pudieran estar afectadas por procesos antrópicos. Para el resto de los resultados señalados como anómalos no se ha detectado ninguna evidencia que permita asignar la concentración química determinada a un proceso no natural y, consecuentemente, se han mantenido en la base de datos de trabajo.

De acuerdo a lo expuesto, los valores de fondo y referencia se han definido a partir de 387 concentraciones químicas elementales.

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS Y FORMULACIÓN DE VALORES DE FONDO Y DE REFERENCIA

Existen diversos enfoques para la definición de valores de fondo y de referencia de elementos químicos en suelos.

En este trabajo se entiende por valor de fondo aquel que describe la distribución de concentraciones de un elemento químico en suelos no afectados por actividades antrópicas. La manera óptima de describir esta distribución sería mediante el histograma de las frecuencias de valores en la población real, obtenido a partir de un muestreo adecuado. Sin embargo, dado que este histograma ofrece una información demasiado detallada y únicamente es válido para la muestra tomada, se ha optado por definir el valor de fondo a partir de los valores característicos de la población. Estos valores (de centramiento, de dispersión y de ordenación) son más estables y facilitan la interpretación de los resultados. En nuestro caso se ha elegido para la definición de los valores de fondo de elementos traza en los suelos de Aragón la cota superior de la mediana con un 95% de confianza.

Se entiende por valor de referencia aquel valor tal que su superación por una unidad muestral de la población actual caracterizada sea poco probable y que, por tanto, si no ha habido modificaciones en las condiciones de muestreo, sea también poco probable su superación por una unidad muestral obtenida posteriormente. Para la definición de los valores de referencia de elementos traza en suelos de Aragón se ha elegido como valor de referencia la cota superior del percentil 90% con un 95% de confianza. Adicionalmente, se han calculado otros valores de referencia secundarios a partir de las cotas superiores de los percentiles 95% y 99% con un 95% de confianza.

A continuación se expone la metodología para el cálculo de estos valores.

7.1. Formulación de los valores de fondo

Para una distribución Normal la cota superior de la media² puede calcularse a través de la siguiente expresión.

$$C_M = \bar{x} + t_{(1-\alpha; n-1)} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

donde:

C_M : Cota superior de la media (y de la moda y la mediana en una distribución Normal).

² En una distribución normal la media, la moda y la mediana son iguales.

n: tamaño de la muestra.

\bar{x} : Media aritmética de la muestra de n datos.

$t_{(1-\alpha; n-1)}$: Percentil $100 \times (1-\alpha)$ -ésimo de la distribución t-Student de n-1 grados de libertad.

s: desviación típica de la muestra de n datos.

Se ha utilizado la mediana en lugar de la media por ser éste un valor de centramiento más robusto y, por tanto, menos sensible a determinaciones extremas debidas a un carácter fuertemente asimétrico de la distribución o a la existencia de valores extremos. Dado que estos dos problemas se presentan frecuentemente en datos analíticos de concentraciones elementales en suelos, se ha preferido obtener los valores de fondo a partir de la mediana.

7.1.1. Transformación a la distribución Normal

La expresión anteriormente expuesta es válida únicamente para distribuciones normales. Por tanto, si la distribución de la población no se ajusta a la distribución Normal es necesario realizar una transformación adecuada. Generalmente, la transformación logarítmica de los datos originales permite obtener una distribución que cumple la hipótesis de normalidad o, al menos, se aproxima en mayor medida a ella que la distribución correspondiente de los datos originales.

Siempre que sea necesario proceder a la transformación a la normalidad, T, la expresión de la cota superior de la mediana C_M , así como la de la cota superior del percentil p-ésimo C_P que veremos posteriormente, debe ser aplicada a los datos transformados. Por tanto, las cotas superiores correspondientes a los datos originales se calculan mediante la transformación inversa de las calculadas, $T^{-1}(C_M)$ y $T^{-1}(C_P)$.

Es preciso aclarar que la correspondencia entre las cotas de los datos transformados y de los datos originales es válida, en general, para transformaciones monótonas (como es la logarítmica) y para valores característicos de ordenación (entre ellos la mediana), pero no lo es para la media y la moda. Por tanto, la transformación inversa de una cota superior de la media (igual a la moda y la mediana en distribuciones normales) calculada a partir de los datos transformados, sí corresponde a una cota superior para la mediana de la población original pero no podría ser tomada, en general, como cota superior de la media y de la moda de estos datos originales. Este hecho lleva a que se considere la cota superior de la mediana como el valor de fondo más representativo.

7.1.2. Estimación no paramétrica de la cota superior de la mediana

En los casos en que la distribución, original o transformada, no pueda considerarse Normal (según el Test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, p-valor < 0.001) o cuando, al calcular la cota superior de la mediana de la población original a partir de la transformación inversa, $T^{-1}(C_M)$, ésta sea inferior al valor de la mediana obtenida con

los datos originales, se realizará una estimación no paramétrica³ de la cota superior de la mediana a partir de los datos originales.

En estos casos no paramétricos, la cota superior de la mediana para un nivel de confianza $(1-\alpha)$ se calcula como el valor correspondiente a la muestra que ocupa la posición C-ésima mayor, en la serie ordenada de mayor a menor de resultados, despejando de la expresión:

$$1 - B(C-1, n, p) \geq 1-\alpha$$

donde:

B: Valor de la función de distribución acumulada binomial de parámetros n y p .

n : Número de datos.

7.2. Formulación de los Valores de Referencia

Para una distribución Normal la cota superior del percentil p -ésimo puede calcularse a través de la siguiente expresión.

$$C_p = \bar{x} + g_{(1-\alpha;p,n)}s$$

donde,

C_p : Cota superior del percentil p -ésimo.

\bar{x} : Media aritmética de la muestra de n datos.

$g_{(1-\alpha;p,n)}$: Factor de Odeh y Owen para la determinación de la cota superior del percentil p -ésimo, a partir de una muestra de n datos, con un grado de confianza de $1-\alpha$, basada en la distribución t-Student descentrada (Hahn y Meeker, 1991). n : tamaño de la muestra.

s : desviación típica de la muestra de n datos.

Particularizando esta expresión para los percentiles 90%, 95% y 99% se obtendrían las cotas superiores correspondientes. Dado que esta expresión sólo es válida para distribuciones normales todo lo señalado anteriormente en relación con la transformación a la distribución Normal es igualmente válido.

A la hora de utilizar los distintos valores de referencia (90, 95 y 99) es preciso tener en cuenta el hecho de que la probabilidad de superación del Valor de Referencia-90 por una unidad muestral obtenida de la población de fondo (no alterada) es superior a la correspondiente a los Valores de Referencia 95 y 99.

La estimación de la cota superior de los percentiles se ha realizado siempre de forma paramétrica puesto que la aplicación del criterio anteriormente expuesto a los

³ Sin recurrir al ajuste de una distribución de frecuencias teórica a la distribución empírica de los datos.

percentiles p99 ó p95 conduce en la mayoría de las ocasiones a obtener como valor de la cota superior de dichos percentiles el valor máximo de la serie de datos, lo cual corresponde, en general, a niveles de confianza muy inferiores al 95 %⁴.

7.3. Resultados

En lo que sigue se muestran en forma de fichas y para cada elemento los valores de fondo y de referencia calculados según los procedimientos anteriormente expuestos. En las fichas figuran además los estadísticos característicos de la población original, el diagrama de caja y bigotes para los datos originales o transformados (dependiendo de cuál de ellos se aproxime más a una distribución Normal), el histograma de la distribución de frecuencias de los valores originales o transformados y el gráfico de normalidad Q-Q (referido a los datos originales o a los transformados).

En aquellos casos en los que los datos utilizados sean los transformados, se incluye una tabla con la media y desviación típica de la distribución de los transformados, y el Test de normalidad Kolmogorov-Smirnov.

⁴ En el caso de estimadores no paramétricos, para obtener un determinado nivel de confianza es necesario definir un intervalo mayor que si dicho intervalo hiciese referencia a una distribución bien definida de la misma población; O lo que es lo mismo, para un intervalo dado, el nivel de confianza obtenido mediante una estimación no paramétrica es menor que si se tratase de una distribución determinada.

Aluminio

Valores de Fondo	
Media	4642,09
Media recortada al 5%	4522,78
Mediana	4380
Cota Superior de la Mediana	4540*
Varianza	4513108,3
Desviación	2124,41
Mínimo	740
Máximo	14300
Rango	13560
Amplitud Intercuartil	2720
P90	7564
P95	8766
Valor de referencia-99	13919,98
Valor de referencia-95	9826,71
Valor de Referencia-90	8183,39

* Cota no paramétrica

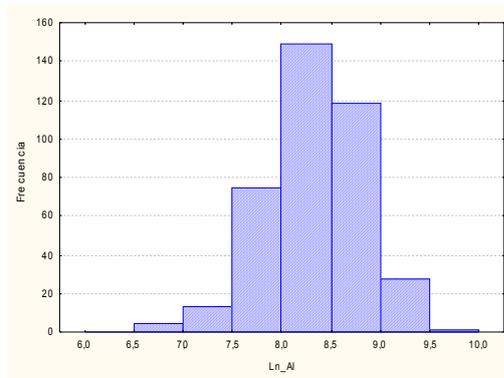
Transformación Logarítmica

Ln (Al)	
Media Ln	8,3355
Desv. Ln	0,4799

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Al)	Estadístico	g.l	Sig
	0,063	387	0,01

Histograma



Boxplot

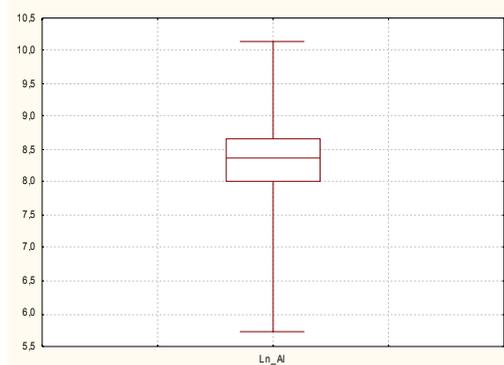
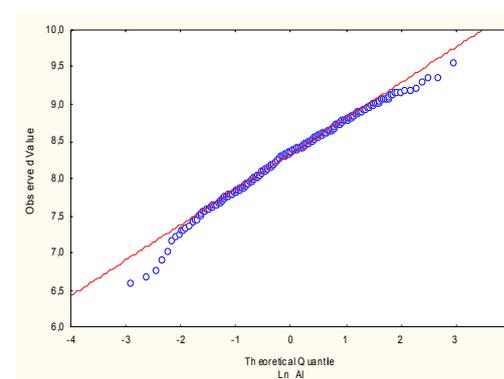


Diagrama Q-Q de normalidad



Antimonio

Valores de Fondo	
Media	1,408
Media recortada al 5%	1,224
Mediana	1
Cota Superior de la Mediana	1,12
Varianza	2,403
Desviación	1,550
Mínimo	0,5
Máximo	19
Rango	18,50
Amplitud Intercuartil	1.50
P90	3
P95	3
Valor de referencia-99	6,26
Valor de referencia-95	3,74
Valor de Referencia-90	2,86

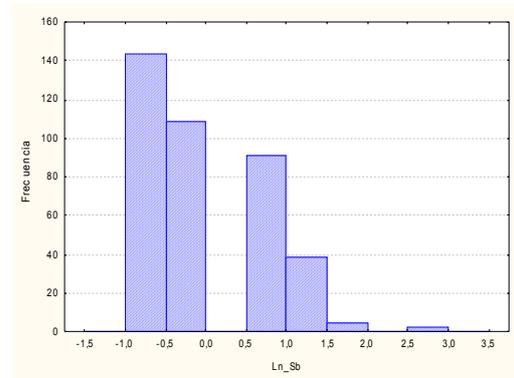
Transformación logarítmica

Ln (Sb)	
Media Ln	0,0539
Desv. Ln	0,7088

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Sb)	Estadístico	g.l	Sig
	0,226	387	0,000

Histograma



Boxplot

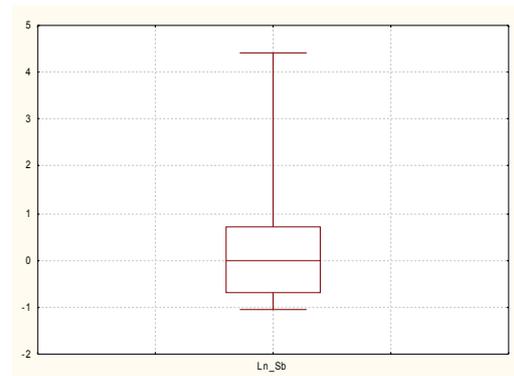
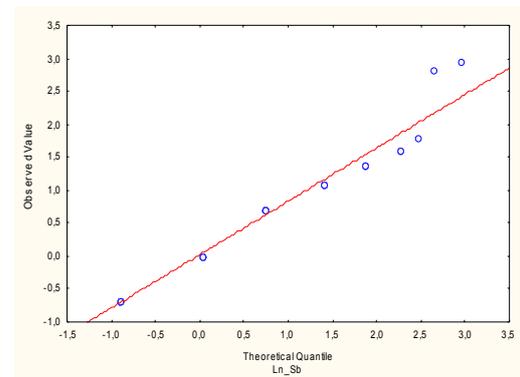


Diagrama Q-Q de normalidad



Arsénico

Valores de Fondo	
Media	14,713
Media recortada al 5%	13,775
Mediana	12,7
Cota Superior de la Mediana	13,57
Varianza	69,519
Desviación	8,338
Mínimo	2,4
Máximo	66
Rango	63,60
Amplitud Intercuartil	7.70
P90	24,04
P95	29,84
Valor de referencia-99	43,31
Valor de referencia-95	30,62
Valor de Referencia-90	25,52

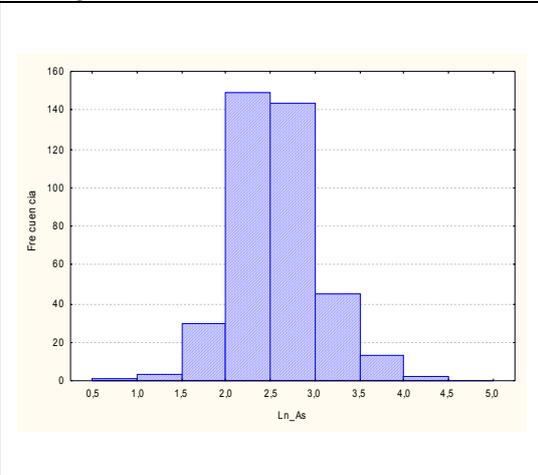
Transformación Logarítmica

Ln (As)	
Media Ln	2,5679
Desv. Ln	0,4779

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (As)	Estadístico	g.l	Sig
	0.054	387	0,09

Histograma



Boxplot

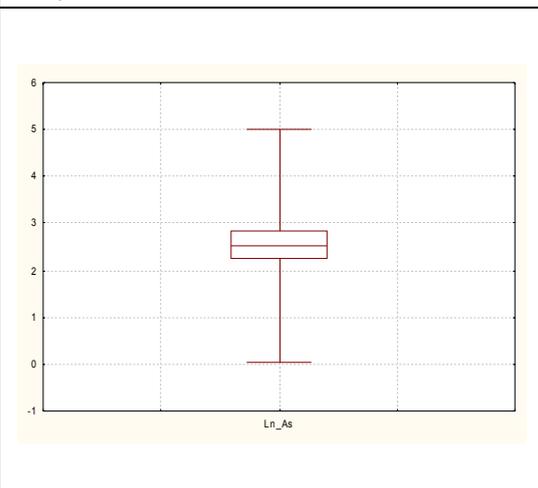
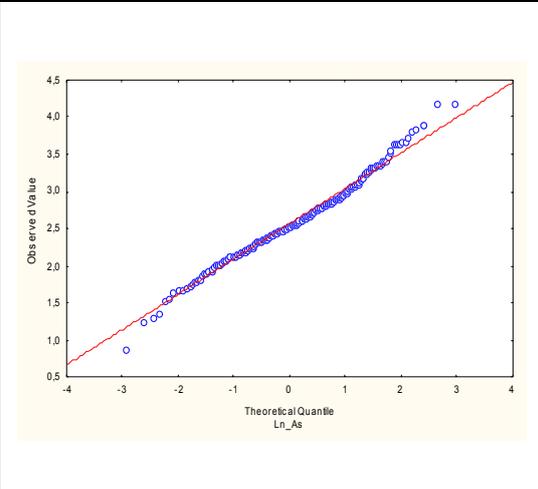


Diagrama Q-Q de normalidad



Bario

Valores de Fondo	
Media	311,78
Media recortada al 5%	298,54
Mediana	290
Cota Superior de la Mediana	300*
Varianza	41542,927
Desviación	203,82
Mínimo	25
Máximo	1350
Rango	1325
Amplitud Intercuartil	230
P90	572
P95	670
Valor de referencia-99	2636,35
Valor de referencia-95	1295,19
Valor de Referencia-90	891,50

*Cota no paramétrica

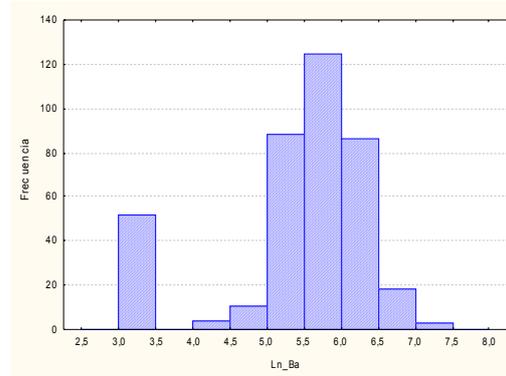
Transformación Logarítmica

Ln (Ba)	
Media Ln	5,4165
Desv. Ln	0,9795

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Ba)	Estadístico	g.l	Sig
	0,186	387	0,000

Histograma



Boxplot

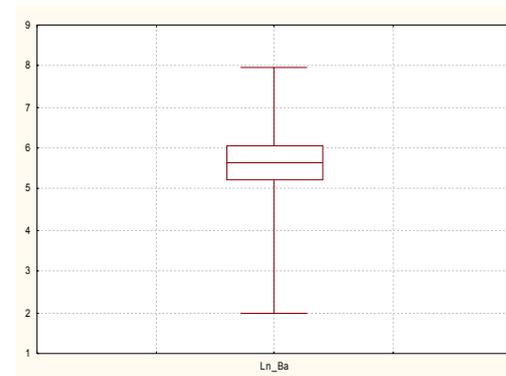
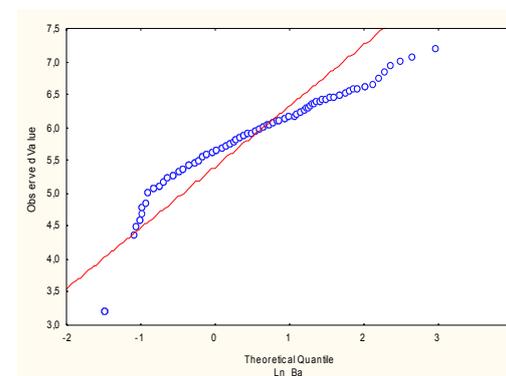


Diagrama Q-Q de normalidad

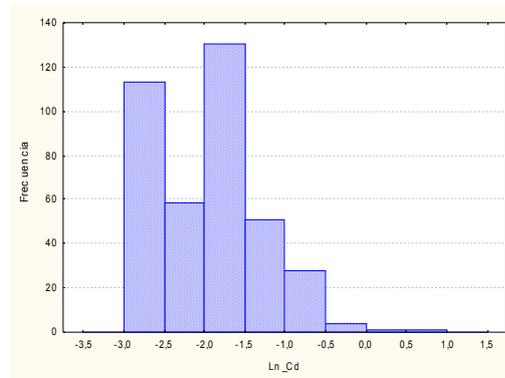


Cadmio

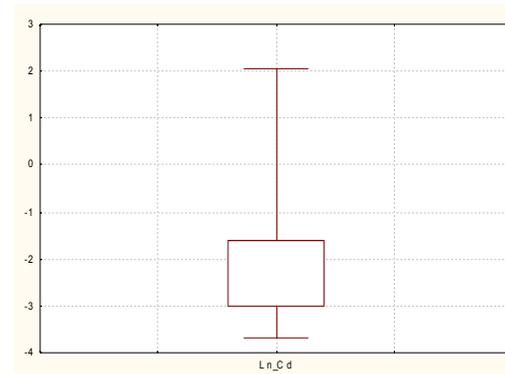
Valores de Fondo	
Media	0,1875
Media recortada al 5%	0,1658
Mediana	0,2
Cota Superior de la Mediana	0,2*
Varianza	0,03
Desviación	0,1818
Mínimo	0,05
Máximo	2,3
Rango	2,25
Amplitud Intercuartil	0,15
P90	0,3
P95	0,4
Valor de referencia-99	0,99
Valor de referencia-95	0,56
Valor de Referencia-90	0,41

*Cota no paramétrica

Histograma



Boxplot



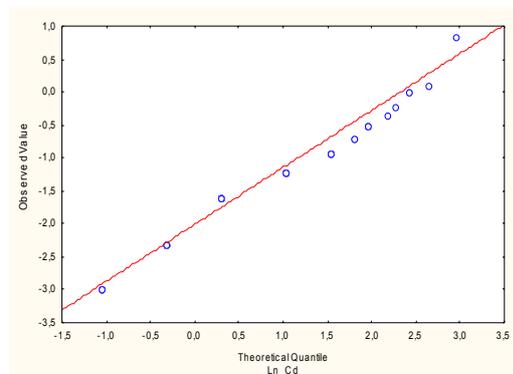
Transformación Logarítmica

Ln (Cd)	
Media Ln	-1,982
Desv. Ln	0,7836

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Cd)	Estadístico	g.l	Sig
	0,238	387	0,000

Diagrama Q-Q de normalidad



Cobalto

Valores de Fondo	
Media	8,76
Media recortada al 5%	8,34
Mediana	8
Cota Superior de la Mediana	8,13
Varianza	24,68
Desviación	4,97
Mínimo	2
Máximo	66
Rango	64
Amplitud Intercuartil	4
P90	14
P95	17
Valor de referencia-99	25,58
Valor de referencia-95	18,16
Valor de Referencia-90	15,17

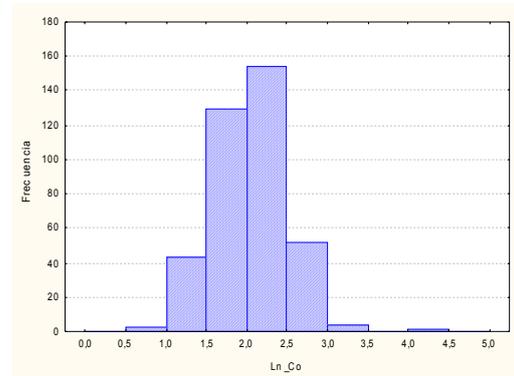
Transformación Logarítmica

Ln (Co)	
Media Ln	2,0555
Desv. Ln	0,4722

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Co)	Estadístico	g.l	Sig
	0,088	387	0,000

Histograma



Boxplot

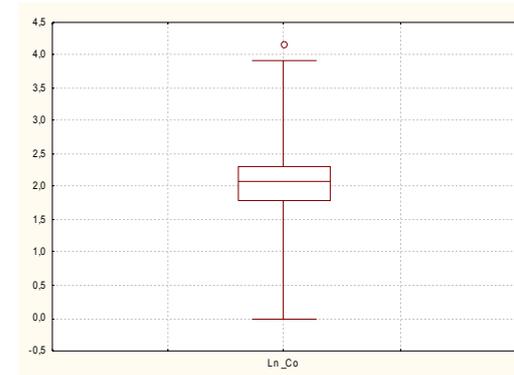
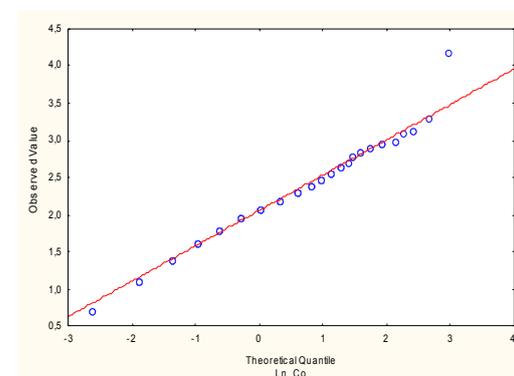


Diagrama Q-Q de normalidad



Cobre

Valores de Fondo	
Media	15,3385
Media recortada al 5%	14,1382
Mediana	13
Cota Superior de la Mediana	13,72
Varianza	113,183
Desviación	10,63
Mínimo	2
Máximo	128
Rango	126
Amplitud Intercuartil	9
P90	27
P95	33
Valor de referencia-99	51,26
Valor de referencia-95	34,57
Valor de Referencia-90	28,10

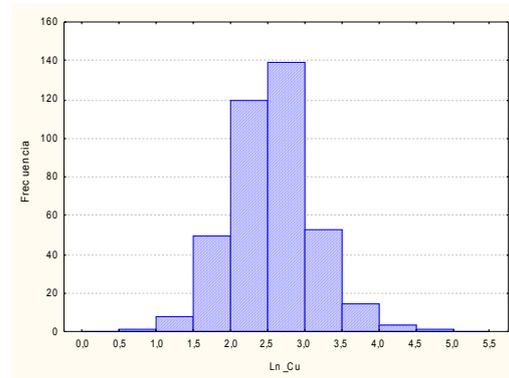
Transformación Logarítmica

Ln (Cu)	
Media Ln	2,573
Desv. Ln	0,5429

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Cu)	Estadístico	g.l	Sig
	0,066	387	0,000

Histograma



Boxplot

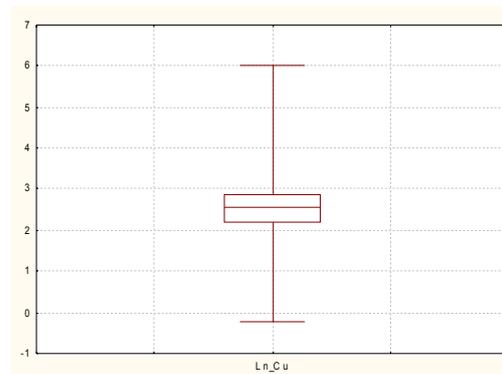
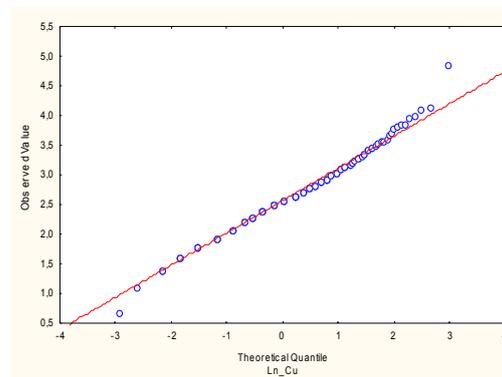


Diagrama Q-Q de normalidad



Cromo

Valores de Fondo	
Media	44,34
Media recortada al 5%	42,98
Mediana	41
Cota Superior de la Mediana	41,05
Varianza	466,423
Desviación	21,60
Mínimo	5
Máximo	170
Rango	165
Amplitud Intercuartil	27
P90	72
P95	85
Valor de referencia-99	141,32
Valor de referencia-95	97,67
Valor de Referencia-90	80,44

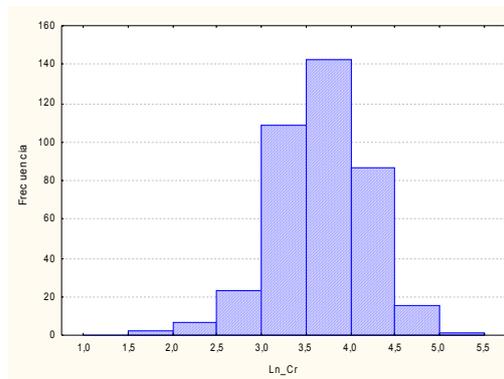
Transformación Logarítmica

Ln (Cr)	
Media Ln	3,6721
Desv. Ln	0,5091

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Cr)	Estadístico	g.l	Sig
	0,052	387	0,015

Histograma



Boxplot

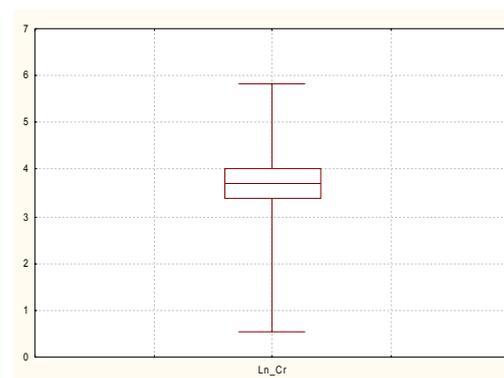
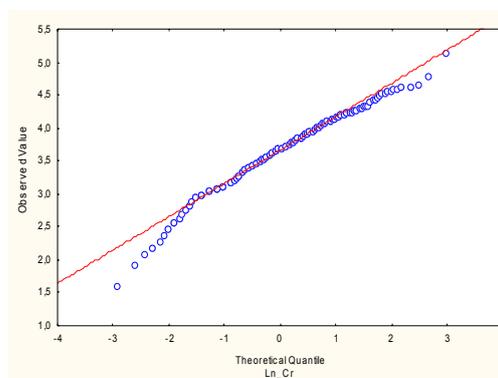


Diagrama Q-Q de normalidad

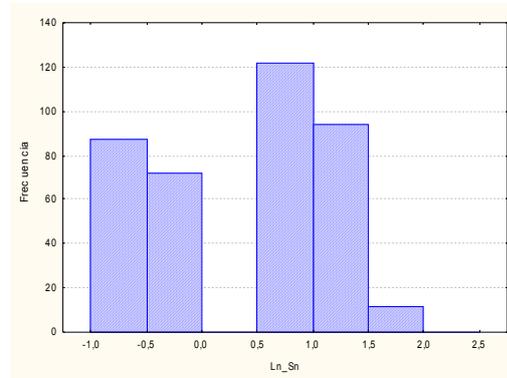


Estaño

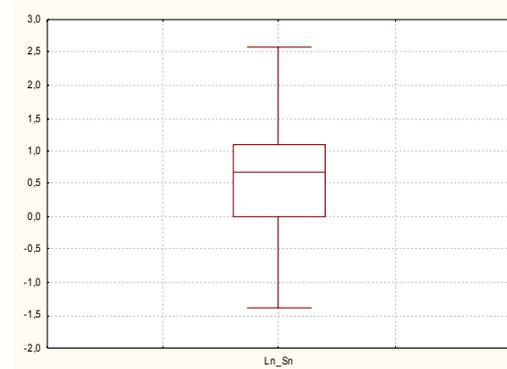
Valores de Fondo	
Media	1,906
Media recortada al 5%	1,813
Mediana	2
Cota Superior de la Mediana	2*
Varianza	1,576
Desviación	1,255
Mínimo	0,5
Máximo	7
Rango	6,50
Amplitud Intercuartil	2
P90	4
P95	4
Valor de referencia-99	9,42
Valor de referencia-95	5,54
Valor de Referencia-90	4,19

*Cota no paramétrica

Histograma



Boxplot



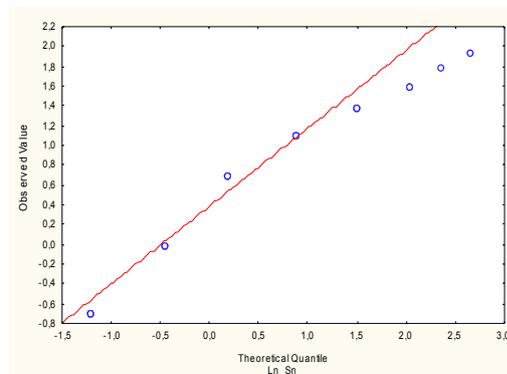
Transformación Logarítmica

Ln (Sn)	
Media Ln	0,4041
Desv. Ln	0,7318

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Sn)	Estadístico	g.l	Sig
	0,243	387	0,000

Diagrama Q-Q de normalidad



Hierro

Valores de Fondo	
Media	2152,22
Media recortada al 5%	2082,90
Mediana	1980
Cota Superior de la Mediana	2019,07
Varianza	977788,31
Desviación	988,83
Mínimo	300
Máximo	6730
Rango	6430
Amplitud Intercuartil	1110
P90	3542
P95	4060
Valor de referencia-99	10072,82
Valor de referencia-95	4485,61
Valor de Referencia-90	3751,32

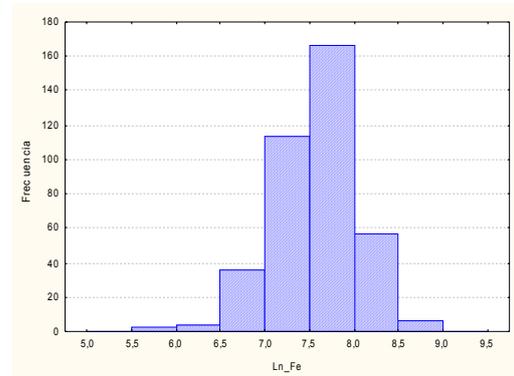
Transformación Logarítmica

Ln (Fe)	
Media Ln	7,5711
Desv. Ln	0,4688

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Fe)	Estadístico	g.l	Sig
	0,064	387	0,001

Histograma



Boxplot

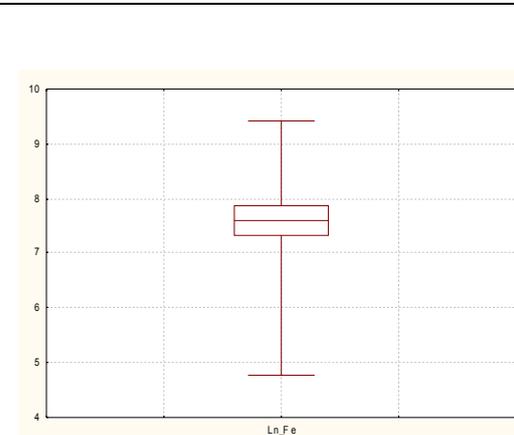
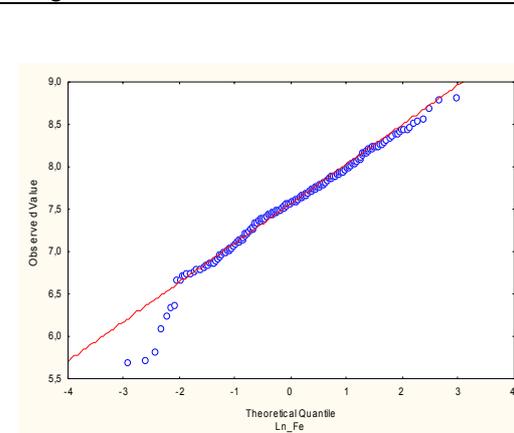


Diagrama Q-Q de normalidad



Manganeso

Valores de Fondo	
Media	377,02
Media recortada al 5%	356,02
Mediana	341
Cota Superior de la Mediana	359*
Varianza	47734,65
Desviación	218,48
Mínimo	39
Máximo	1750
Rango	1711
Amplitud Intercuartil	219
P90	585,80
P95	752,80
Valor de referencia-99	1334,72
Valor de referencia-95	887,68
Valor de Referencia-90	716,42

*Cota no paramétrica

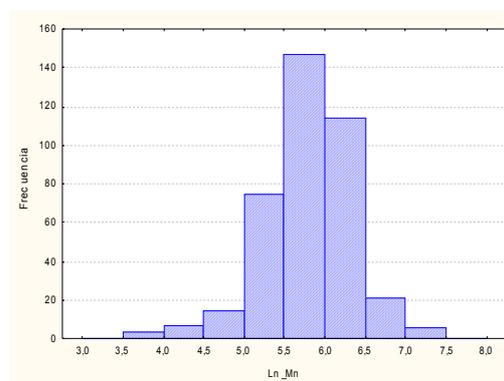
Transformación Logarítmica

Ln (Mn)	
Media Ln	5,7844
Desv. Ln	0,5621

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Mn)	Estadístico	g.l	Sig
	0,056	387	0,005

Histograma



Boxplot

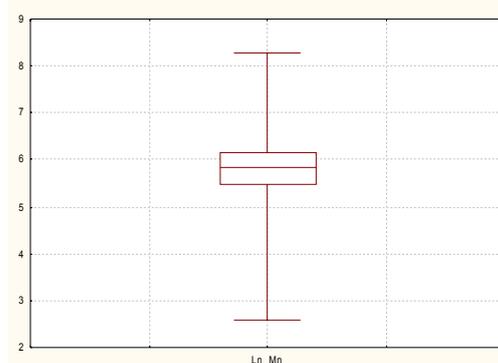
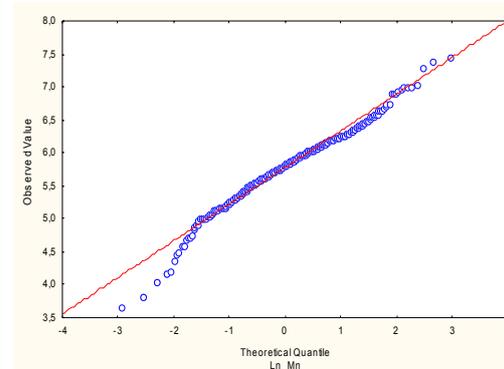


Diagrama Q-Q de normalidad



Mercurio

Valores de Fondo	
Media	0,0283
Media recortada al 5%	0,0216
Mediana	0,018
Cota Superior de la Mediana	0,02
Varianza	0,00193
Desviación	0,0439
Mínimo	0,003
Máximo	0,465
Rango	0,463
Amplitud Intercuartil	0,017
P90	0,05
P95	0,078
Valor de referencia-99	0,15
Valor de referencia-95	0,08
Valor de Referencia-90	0,06

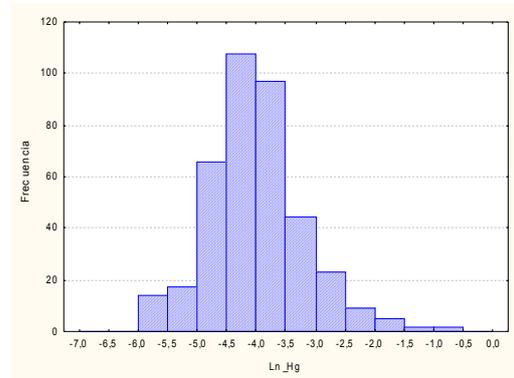
Transformación Logarítmica

Ln (Hg)	
Media Ln	-3,99
Desv. Ln	0,8377

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Hg)	Estadístico	g.l	Sig
	0,070	387	0,000

Histograma



Boxplot

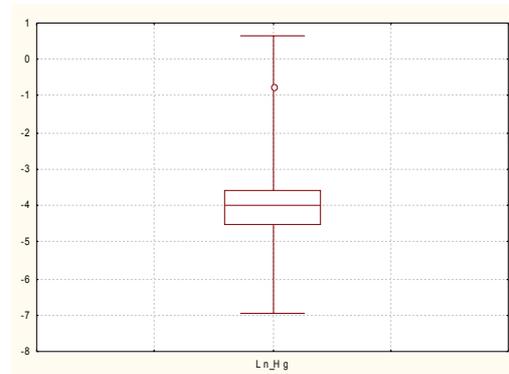
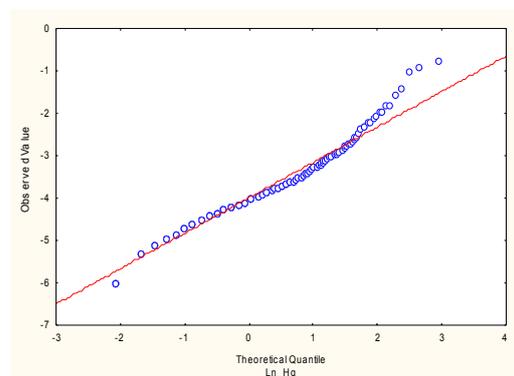


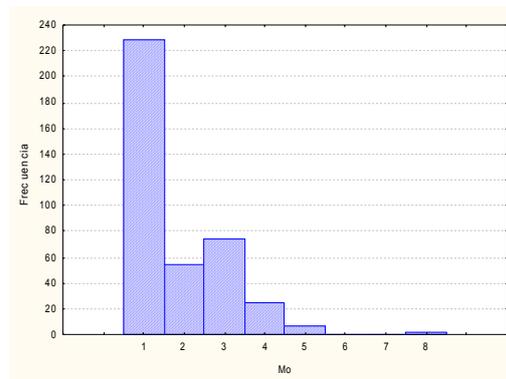
Diagrama Q-Q de normalidad



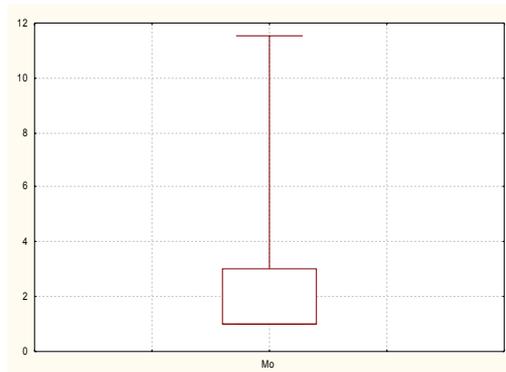
Molibdeno

Valores de Fondo	
Media	1,79
Media recortada al 5%	1,68
Mediana	1
Cota Superior de la Mediana	1,60
Varianza	1,219
Desviación	1,10
Mínimo	1
Máximo	8
Rango	7
Amplitud Intercuartil	2
P90	3
P95	4
Valor de referencia-99	5,91
Valor de referencia-95	4
Valor de Referencia-90	3,25

Histograma



Boxplot



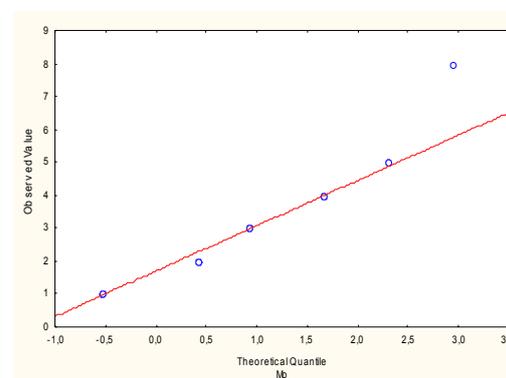
Transformación Logarítmica

Ln (Mo)	
Media Ln	0,4231
Desv. Ln	0,5386

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Mo)	Estadístico	g.l	Sig
	0,373	387	0,000

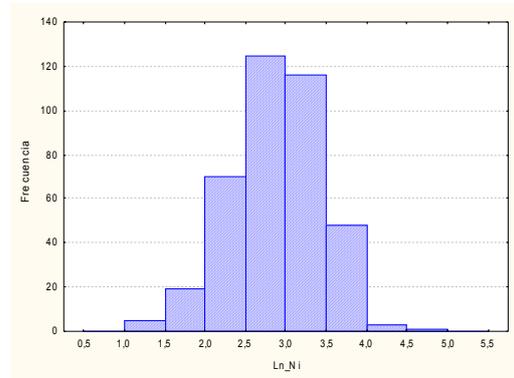
Diagrama Q-Q de normalidad



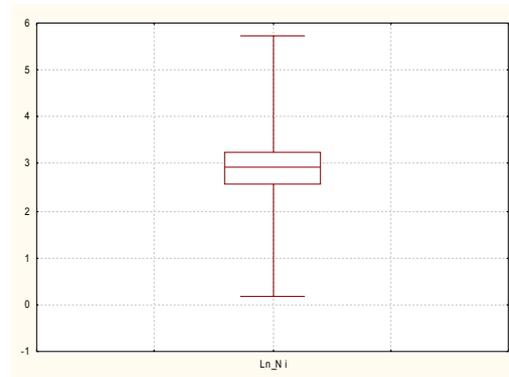
Níquel

Valores de Fondo	
Media	21,07
Media recortada al 5%	20,19
Mediana	19
Cota Superior de la Mediana	19,01
Varianza	146,82
Desviación	12,12
Mínimo	3
Máximo	122
Rango	119
Amplitud Intercuartil	13
P90	37
P95	42,6
Valor de referencia-99	74,39
Valor de referencia-95	49,49
Valor de Referencia-90	39,94

Histograma



Boxplot



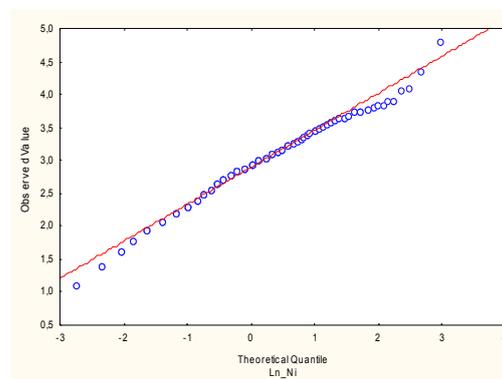
Transformación Logarítmica

Ln (Ni)	
Media Ln	2,8980
Desv. Ln	0,5618

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Ni)	Estadístico	g.l	Sig
	0,066	387	0,000

Diagrama Q-Q de normalidad



Plata

Valores de Fondo	
Media	0,504
Media recortada al 5%	0,4581
Mediana	0,25
Cota Superior de la Mediana	0,43
Varianza	0,14
Desviación	0,3743
Mínimo	0,25
Máximo	2,5
Rango	2,25
Amplitud Intercuartil	0,45
P90	1
P95	1,3
Valor de referencia-99	1,93
Valor de referencia-95	1,23
Valor de Referencia-90	0,97

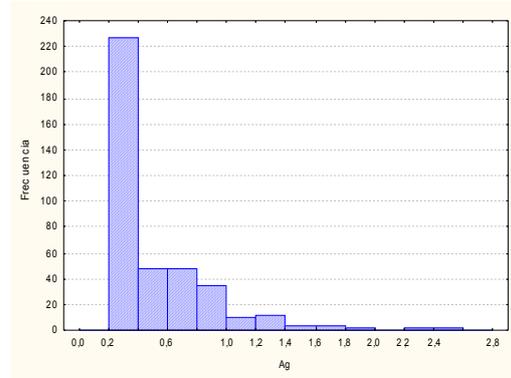
Transformación Logarítmica

Ln (Ag)	
Media Ln	-0,8993
Desv. Ln	0,6206

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Ag)	Estadístico	g.l	Sig
	0,370	387	0,000

Histograma



Boxplot

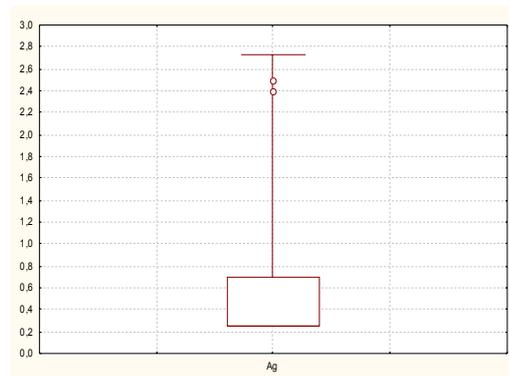
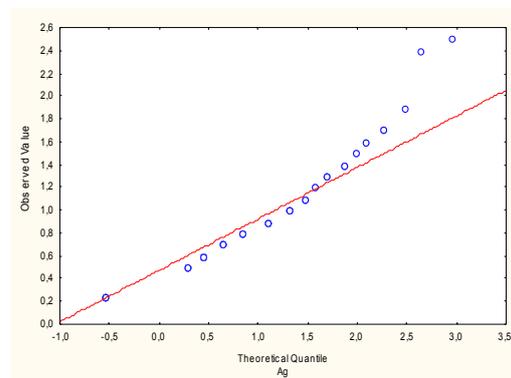


Diagrama Q-Q de normalidad

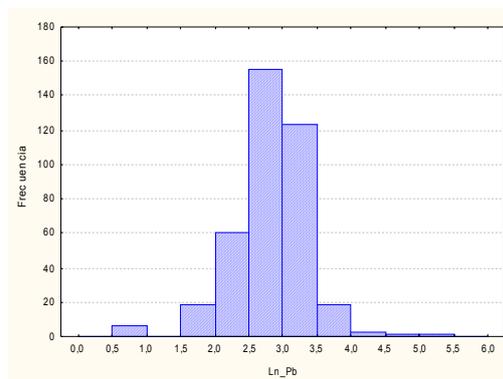


Plomo

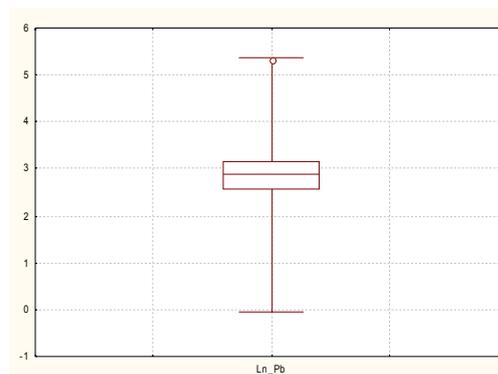
Valores de Fondo	
Media	19,708
Media recortada al 5%	18,583
Mediana	18
Cota Superior de la Mediana	19*
Varianza	177,240
Desviación	13,313
Mínimo	2,5
Máximo	204
Rango	201,50
Amplitud Intercuartil	10
P90	29
P95	35,6
Valor de referencia-99	64,49
Valor de referencia-95	44,04
Valor de Referencia-90	36,04

*Cota no paramétrica

Histograma



Boxplot



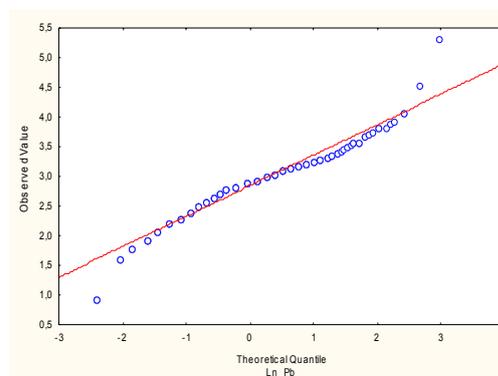
Transformación Logarítmica

Ln (Pb)	
Media Ln	2,8459
Desv. Ln	0,5257

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Pb)	Estadístico	g.l	Sig
	0,121	387	0,000

Diagrama Q-Q de normalidad



Selenio

Valores de Fondo	
Media	0,913
Media recortada al 5%	0,868
Mediana	0,8
Cota Superior de la Mediana	0,7*
Varianza	0,478
Desviación	0,692
Mínimo	0,05
Máximo	3
Rango	2,95
Amplitud Intercuartil	0,90
P90	1,9
P95	2,2
Valor de referencia-99	39,04
Valor de referencia-95	4,87
Valor de Referencia-90	3,08

*Cota no paramétrica

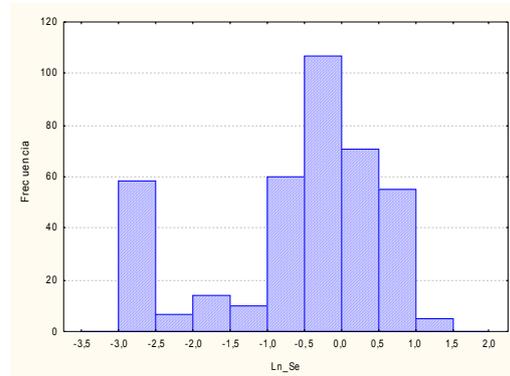
Transformación Logarítmica

Ln (Se)	
Media Ln	-0,5715
Desv. Ln	1,2061

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Se)	Estadístico	g.l	Sig
	0,187	387	0,000

Histograma



Boxplot

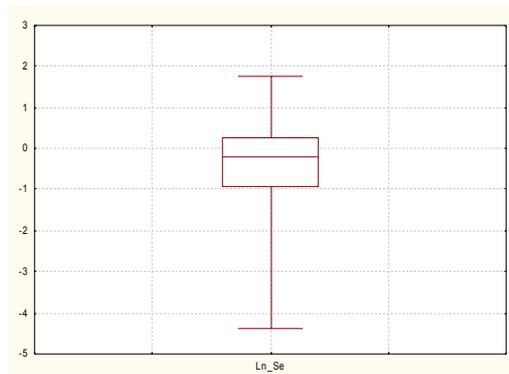
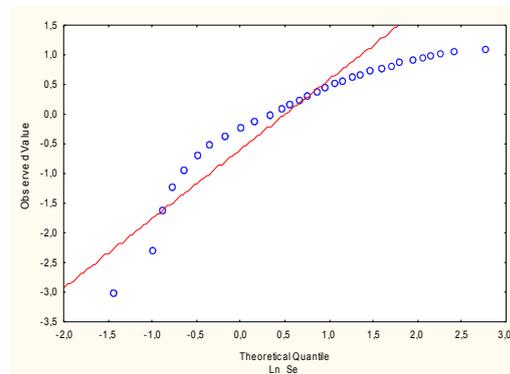


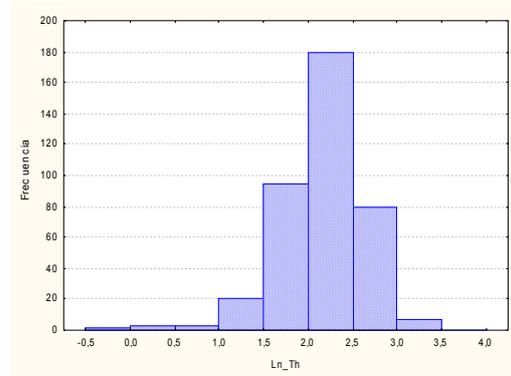
Diagrama Q-Q de normalidad



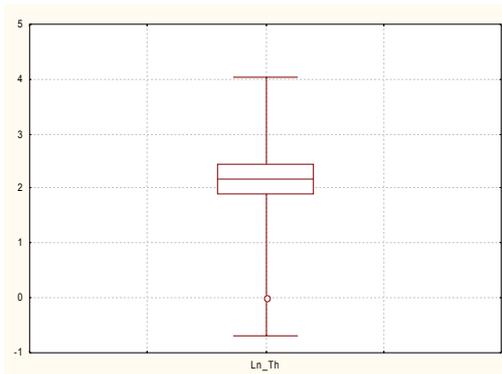
Torio

Valores de Fondo	
Media	9,590
Media recortada al 5%	9,325
Mediana	8,8
Cota Superior de la Mediana	9
Varianza	18,935
Desviación	4,351
Mínimo	1
Máximo	30,1
Rango	29,10
Amplitud Intercuartil	5,0
P90	15,9
P95	17,76
Valor de referencia-99	46,41
Valor de referencia-95	20,32
Valor de Referencia-90	16,93

Histograma



Boxplot



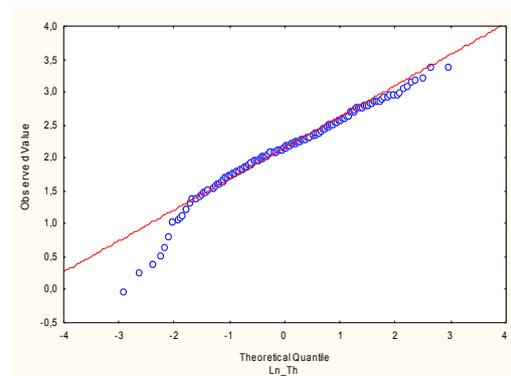
Transformación Logarítmica

Ln (Th)	
Media Ln	2,1567
Desv. Ln	0,4786

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Th)	Estadístico	g.l	Sig
	0,072	387	0,000

Diagrama Q-Q de normalidad

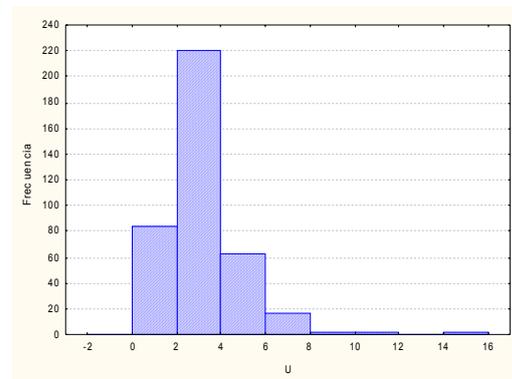


Uranio

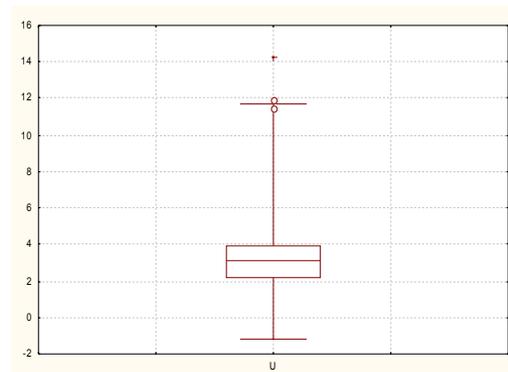
Valores de Fondo	
Media	3,166
Media recortada al 5%	3,075
Mediana	3,1
Cota Superior de la Mediana	3,1*
Varianza	2,813
Desviación	1,677
Mínimo	0,25
Máximo	14,2
Rango	13,95
Amplitud Intercuartil	1,70
P90	4,92
P95	6,1
Valor de referencia-99	74,91
Valor de referencia-95	9,88
Valor de Referencia-90	7,44

*Cota no paramétrica

Histograma



Boxplot



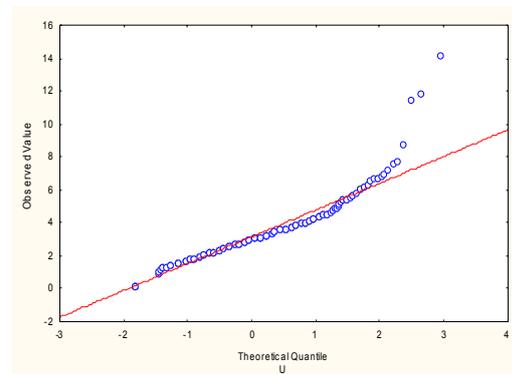
Transformación Logarítmica

Ln (U)	
Media Ln	0,9629
Desv. Ln	0,7432

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (U)	Estadístico	g.l	Sig
	0,177	387	0,000

Diagrama Q-Q de normalidad



Vanadio

Valores de Fondo	
Media	53,61
Media recortada al 5%	51,33
Mediana	48
Cota Superior de la Mediana	48,21
Varianza	927,455
Desviación	30,45
Mínimo	4
Máximo	240
Rango	236
Amplitud Intercuartil	38
P90	94
P95	106
Valor de referencia-99	196,77
Valor de referencia-95	129,25
Valor de Referencia-90	103,64

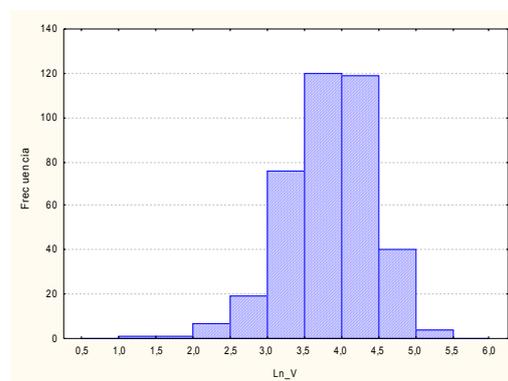
Transformación Logarítmica

Ln (V)	
Media Ln	3,8270
Desv. Ln	0,5792

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (V)	Estadístico	g.l	Sig
	0,043	387	0,077

Histograma



Boxplot

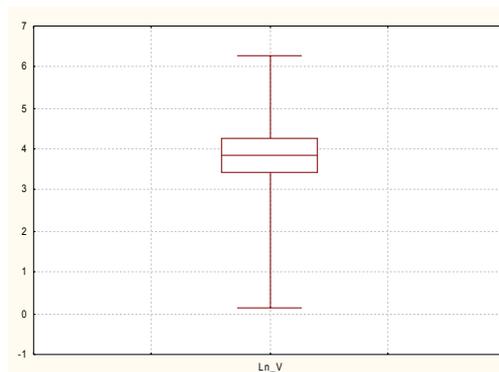
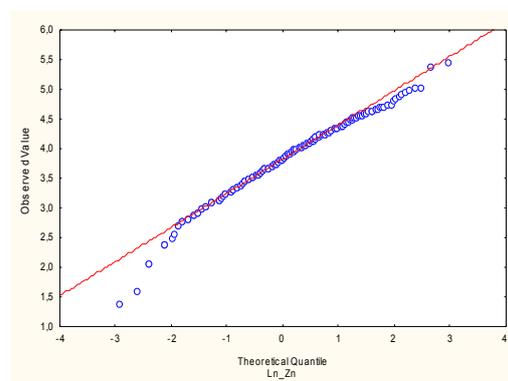


Diagrama Q-Q de normalidad



Zinc

Valores de Fondo	
Media	43,79
Media recortada al 5%	40,04
Mediana	36
Cota Superior de la Mediana	39*
Varianza	1299,11
Desviación	36,04
Mínimo	0,5
Máximo	292
Rango	291,50
Amplitud Intercuartil	33
P90	82,2
P95	106,6
Valor de referencia-99	396,53
Valor de referencia-95	189,61
Valor de Referencia-90	128,67

*Cota no paramétrica

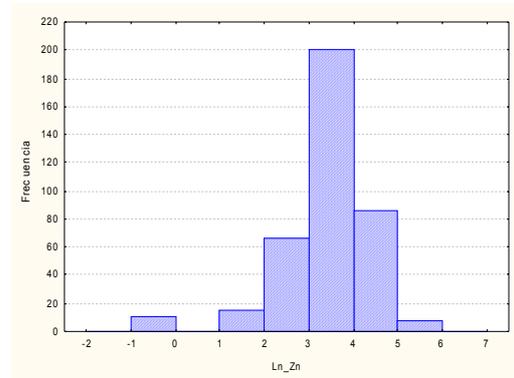
Transformación Logarítmica

Ln (Zn)	
Media Ln	3,4284
Desv. Ln	1,0168

Test de normalidad

Kolmogorov-Smirnov			
Ln (Zn)	Estadístico	g.l	Sig
	0,123	387	0,000

Histograma



Boxplot

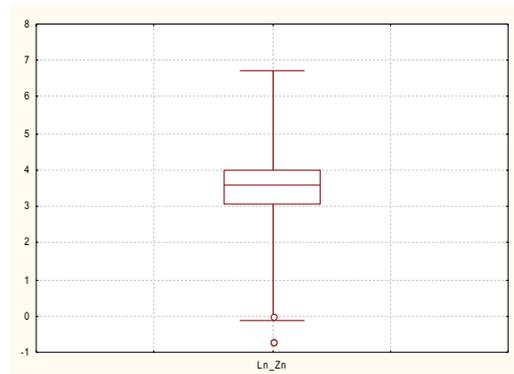
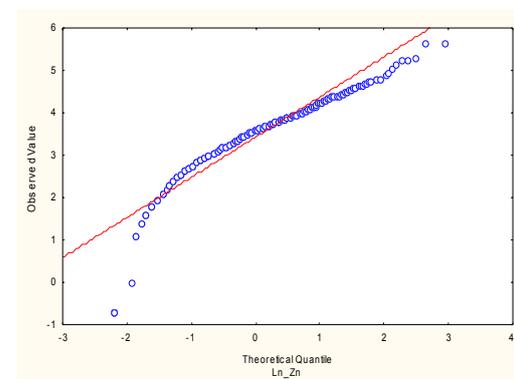


Diagrama Q-Q de normalidad



7.4. Valores de fondo y valores de referencia propuestos

En la Tabla 4 figuran los valores de fondo y de referencia propuestos para los suelos de la Comunidad de Aragón. Estos valores han sido redondeados a partir de su varianza asociada: A modo de comparación se han incluido en la tabla los valores de referencia obtenidos en su día en el estudio anteriormente mencionado sobre niveles de fondo para metales en los suelos de Aragón. Hay que tener en cuenta, no obstante, que la metodología de cálculo de ambos valores de referencia es completamente distinta.

ELEMENTO	Cota sup. mediana	VR90	VR95	VR99	Nivel F (INARSA-CSIC)
Aluminio	4540*	8185	9825	13920	31500
Antimonio	1	3	4	6	1,8
Arsénico	14	26	31	45	24
Bario	300*	890	1295	2635	188
Cadmio	0,2*	0,4	0,6	1	1,8
Cobalto	8	15	18	25	13
Cobre	14	28	35	51	19
Cromo	41	80	98	140	33
Estaño	2*	4	6	9	17
Hierro	2020	3750	4485	10070	28200
Manganeso	359	715	890	1335	524
Mercurio	0,02	0,06	0,08	0,15	0
Molibdeno	2	3	4	6	
Níquel	19	40	49	75	31
Plata	0,4	0,97	1,2	1,9	
Plomo	19*	36	44	64	18
Selenio	0,7*	3	5	39	
Torio	9	17	20	37	
Uranio	3*	7	10	75	
Vanadio	48	100	130	195	
Zinc	39*	130	190	395	87

* Cota no paramétrica

Tabla 4: Valores de Fondo y de Referencia (en mg kg^{-1}) para los suelos de la Comunidad de Aragón

8. DEFINICIÓN DE NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA A PARTIR DE CONSIDERACIONES DE RIESGO

8.1. Introducción

El Real Decreto 9/2005, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados, define nivel genérico de referencia (Art. 2) como “la concentración de una sustancia contaminante en el suelo que no conlleva un riesgo superior al máximo aceptable para la salud humana o los ecosistemas (...)”. Así pues, los NGR permiten establecer un valor o conjunto de valores a partir de los cuales es posible determinar cuándo un suelo es sospechoso de estar contaminado.

A diferencia de los valores derivados de las concentraciones de fondo en suelos, en el caso que nos ocupa los niveles genéricos de referencia se establecen a partir de consideraciones de riesgo para la salud humana por exposición a los contaminantes presentes en un terreno contaminado. Por tanto, estos NGR están íntimamente ligados a la información toxicológica disponible y a juicios subjetivos sobre los modelos de exposición. Este hecho confiere a los NGR un alto grado de incertidumbre, por lo que a la hora de su aplicación en una situación concreta ha de tenerse en cuenta este hecho y prever la aparición de situaciones que requerirán una valoración específica, más allá de la mera comparación con los niveles definidos.

Por otra parte, la formulación de los NGR para metales pesados y otros elementos traza se ve condicionada por el hecho de que estas sustancias están presentes de forma natural en el suelo, por lo que la valoración de la posible relación entre su presencia en los suelos y la existencia de algún tipo de proceso contaminante es más incierta que en el caso de las sustancias orgánicas, por lo general de origen antrópico, cuya presencia en el suelo normalmente sí determina la existencia de algún tipo de proceso contaminante. Por otra parte, se debe constatar la dificultad que entraña la obtención de valores de exposición fiables por la existencia de una gran variedad de formas de especiación con distinto grado de movilidad y biodisponibilidad.

En el presente trabajo se han definido niveles genéricos de referencia para los siguientes elementos, seleccionados de acuerdo con los criterios mencionados anteriormente: aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, cadmio, cobalto, cobre, cromo (III) y cromo (VI), estaño, hierro, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plata, plomo, selenio, talio, torio, uranio, vanadio y zinc.

Aunque se han derivado NGR para el berilio y el talio conviene advertir que sin información previa acerca de los niveles naturales de estos elementos en el suelo las concentraciones propuestas como NGR pueden resultar excesivamente bajas, dándose la paradoja de considerar como NGR concentraciones inferiores a los niveles naturales de estos elementos en el suelo.

Por último, hay que aclarar que en el caso del torio, debido a que no existen valores toxicológicos de referencia que puedan ser utilizados en el modelo de cálculo propuesto, los NGR se han determinado como la suma de la concentración media y el doble de la desviación típica de las concentraciones existentes en suelos de zonas próximas no contaminadas y con sustratos geológicos de similares características, de acuerdo con el criterio recogido en el apartado 3 del Anexo VII del Real Decreto 9/2005.

En lo que sigue se explica la metodología genérica aplicada para la determinación de los NGR para metales pesados y otros elementos traza en los suelos de la Comunidad de Aragón. Los principios metodológicos empleados son los mismos que los que se contemplan en el anexo VII del Real Decreto 9/2005 para el cálculo de niveles genéricos de referencia.

Antes de comenzar a exponer la metodología para el cálculo de los niveles genéricos de referencia es conveniente señalar las siguientes ideas, que condicionan la obtención y aplicación posterior de tales valores:

- Los NGR determinados son genéricos, es decir, aplicables a las condiciones normales de exposición a la contaminación que se dan en los suelos de la Comunidad de Aragón. Por este motivo, en determinados emplazamientos, en los que los parámetros de exposición estén bien caracterizados y difieran significativamente de los empleados para la derivación de dichos NGR, la aplicación de los mismos puede no ser apropiada y deberá realizarse una valoración más específica tomando en consideración las condiciones particulares de tales emplazamientos.
- Algunos de los parámetros empleados para el cálculo de los NGR y que condicionan la exposición a la contaminación del suelo se han tomado de estudios e informes realizados en otros ámbitos territoriales, por lo que no son específicos para la Comunidad de Aragón. Si bien se considera que ello no resta validez a los resultados alcanzados, éstos podrían ser matizados en el futuro en caso de que se adquiriera información propia de la Comunidad de Aragón.
- Los NGR han sido calculados de manera individual para elementos químicos aislados, sin tener en cuenta la posible interacción entre los mismos. Por tanto, en los casos en los que estén presentes varios de estos elementos con efectos

toxicológicos similares se deberá efectuar un análisis de riesgos específico y detallado con el fin de determinar los posibles efectos sinérgicos o aditivos de los mismos.

- El modelo planteado no considera la exposición de fondo a los contaminantes por medio de otras vías de exposición en las que la fuente de contaminación sea distinta al suelo contaminado (como la dieta o la contaminación atmosférica). Es decir, se asume que un individuo únicamente está expuesto a la contaminación a través del suelo.
- Los NGR han sido derivados suponiendo una exposición crónica a las sustancias consideradas. De este modo, no se han tenido en cuenta los efectos agudos provocados por una exposición a corto plazo a altas concentraciones de un determinado elemento.

8.2. Supuestos y criterios adoptados para la determinación de los niveles genéricos de referencia para metales en suelos de la Comunidad de Aragón

Los niveles genéricos de referencia para metales pesados y otros elementos traza en los suelos de la Comunidad de Aragón se han determinado atendiendo a criterios de riesgo para la salud humana. La evaluación del riesgo contempla dos aspectos diferenciados:

- a) Cálculo de los niveles de exposición, expresados en forma de dosis contactada o absorbida, a que están expuestos los potenciales receptores para un determinado uso del terreno; y,
- b) Valoración del potencial tóxico de las sustancias, expresado en términos de una dosis de referencia o ingesta diaria tolerable para sustancias no cancerígenas, y de un factor de pendiente o riesgo de cáncer por unidad de dosis para sustancias cancerígenas.

La información toxicológica empleada en este trabajo se ha recopilado de fuentes de reconocida solvencia, por lo que no se ha procedido a realizar juicios o modificaciones sobre la misma. Sin embargo, los modelos de evaluación de la exposición incorporan un número elevado de supuestos y parámetros que están sujetos tanto al juicio experto de quien diseña el modelo, como a las peculiaridades de los terrenos de la región y de las poblaciones potencialmente expuestas a los contaminantes presentes en los mismos. Este capítulo describe y razona los supuestos adoptados para la determinación de los NGR propios de la Comunidad de Aragón.

En términos generales, la metodología de cálculo aplicada se ajusta a los criterios establecidos en el Real Decreto 9/2005. Adicionalmente, se ha procedido a una revisión de los modelos existentes en España y en otros países con el objeto de evaluar la adecuación de éstos a las condiciones de la Comunidad de Aragón. En

particular, se han analizado los modelos elaborados por Cataluña, la Comunidad de Madrid, el País Vasco, EE.UU., Países Bajos, Alemania, Suecia, Noruega, Canadá y el Reino Unido. De este modo, el cálculo de los NGR para metales en los suelos de la Comunidad de Aragón recoge criterios, supuestos o parámetros contemplados en los siguientes modelos: CSOIL (Van den Berg, 1995), U.S. EPA Soil Screening Levels (U.S. EPA, 1996), CCME (CCME, 1996), Swedish EPA (Swedish Environmental Protection Agency, 1997), LUR (IHOBE, 1998), Norwegian Pollution Control Authority (Vik, 1999), CLEA (DEFRA, 2002) y Comunidad de Madrid (Comunidad de Madrid, 2006).

En general todos estos modelos siguen la misma estructura:

- Asunciones de modelo (nivel de riesgo máximo aceptable, usos del suelo).
- Distribución y transporte de los contaminantes en el medio natural (concentración de contaminantes en las distintas fases y en los distintos medios – planta, aguas subterráneas, aire, etc.).
- Vías de exposición de los posibles receptores a los contaminantes.
- Determinación de los parámetros de exposición para el individuo razonablemente más expuesto en función del escenario considerado.
- Estimación de la dosis recibida por dicho individuo en cada uno de los escenarios de exposición considerados.
- Cálculo de los NGR para dichos escenarios por comparación con las dosis máximas aceptables de los distintos contaminantes.

Tomando como punto de partida esta estructura, en lo que sigue se explican los supuestos y criterios adoptados para el cálculo de los NGR para metales en suelos de la Comunidad de Aragón.

8.2.1. Definición de niveles de riesgo admisible

Los niveles genéricos de referencia obtenidos persiguen la protección de la salud humana. En este sentido, se entiende que se protege a un potencial receptor de la contaminación del suelo cuando se evita la aparición de efectos adversos sobre su salud o cuando la probabilidad de aparición de los mismos es inferior a un valor suficientemente bajo como para ser considerada aceptable. Consecuentemente, el nivel genérico de referencia se calcula como aquella concentración de contaminante en el suelo que cumple dichas premisas.

En el caso de las sustancias tóxicas no cancerígenas se admite que existe un rango de magnitudes de exposición, desde cero hasta un valor umbral, que puede ser tolerado por el organismo sin que se manifieste significativamente el efecto tóxico. Para estos elementos o compuestos es posible, por tanto, estimar un nivel de exposición diaria, para cada ruta de exposición y generalmente promediado a lo largo

de una vida (dosis crónica), por debajo del cual se asume que no existe riesgo para la salud humana. A esta dosis de exposición se le denomina “dosis de referencia” (RfD, *Reference Dose*) o “ingesta diaria tolerable” (TDI, *Tolerable Daily Intake*). Para los elementos que exhiben este tipo de comportamiento, el nivel genérico de referencia se calcula de modo que el cociente de peligro (THQ, razón de la dosis diaria crónica de exposición a la dosis de referencia correspondiente) sea inferior o igual a la unidad (USEPA, 1991a):

$$THQ = \sum_i \frac{D_i}{RfD_i} \leq 1$$

Para los agentes genotóxicos cancerígenos, al contrario de lo expuesto anteriormente, se considera que cualquier nivel de exposición lleva aparejada una probabilidad finita, por pequeña que sea, de desarrollar una respuesta cancerígena. En este caso, la expresión de la potencia tóxica del contaminante se realiza a través del “factor de pendiente” (SF, *Slope Factor*) o “potencia de cáncer”, que indica el incremento en la probabilidad de desarrollar un cáncer, a lo largo de una vida, por exposición crónica a una dosis unitaria del contaminante. Consecuentemente, la probabilidad de un receptor de desarrollar un cáncer a lo largo de su vida se calcula como el producto de la dosis diaria de exposición crónica y el factor de pendiente. Para los elementos que exhiben este tipo de comportamiento, el nivel genérico de referencia se determina considerando un valor de riesgo (probabilidad incremental de desarrollar un cáncer a lo largo de la vida por exposición a una determinada sustancia) admisible de 10^{-5} .

$$R = \sum_i D_i \times SF_i \leq 10^{-5}$$

Este valor del riesgo máximo admisible está en consonancia con los riesgos admisibles considerados por otros países, todos ellos dentro del rango 10^{-4} - 10^{-6} . Por otra parte, la elección de este valor se justifica por su adopción en el ámbito nacional para el cálculo de los NGR contemplados en el Real Decreto por el que se fija la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

8.2.2. Usos del suelo y vías de exposición

El cálculo del nivel de exposición de un individuo a los contaminantes presentes en el terreno parte de la definición de un escenario de exposición genérico, entendiendo por tal aquel que está vinculado a un uso “estándar” determinado del suelo y a los hábitos “estándar” de la población correspondientes a dicho uso. En este trabajo se han contemplado los mismos usos del suelo que en el Real Decreto 9/2005, industrial, urbano y otros usos del suelo. Además se ha añadido un uso (áreas de juego y equipamiento infantil) específicamente destinado a proteger a los niños durante sus actividades recreativas. Los distintos usos considerados en el modelo pueden describirse de la siguiente manera:

- Uso industrial del suelo: aquel que tiene como propósito principal el de servir para el desarrollo de actividades industriales, excluidas las agrarias y ganaderas. Se asume que el acceso a este escenario está restringido y limitado, por lo que el individuo más expuesto es un adulto que trabaja en dicho emplazamiento.
- Uso urbano del suelo: aquel que tiene como propósito principal el de servir para el desarrollo de actividades de construcción de viviendas, oficinas, equipamientos y dotaciones de servicios y para la realización de actividades recreativas y deportivas.
- Áreas de juego y equipamiento infantil: aquel que tiene como propósito principal el de servir para el desarrollo de actividades recreativas infantiles. En este escenario se considera como individuo más expuesto un niño menor de 6 años.
- Otros usos del suelo: aquel que, no siendo ni urbano ni industrial, es apto para soportar actividades agrícolas, forestales y ganaderas.

Estos usos del suelo básicamente coinciden con los establecidos en la mayor parte de los modelos consultados, siendo el denominado *otros usos del suelo* comparable al uso agrícola de dichos modelos (U.S. EPA, 1991a; CCME, 1996; Swedish Environmental Protection Agency, 1997; IHOBE, 1998; BMU, 1999; DEFRA, 2002, Comunidad de Madrid, 2006). No obstante, la mayor parte de los modelos consultados unifican bajo un mismo uso el uso urbano del suelo y las áreas del juego y equipamiento infantil, considerando como individuo más expuesto a un niño ((U.S. EPA, 1991a; CCME, 1996; DEFRA, 2002, Comunidad de Madrid, 2006).

Una vez definidos los usos genéricos del suelo, y tras una revisión de los modelos desarrollados en otros países, se han establecido las vías de exposición a la contaminación del suelo para cada uno de ellos (Tabla 5).

VÍA DE EXPOSICIÓN	USO DEL SUELO			
	INDUSTRIAL	URBANO	ÁREA DE JUEGO INFANTIL	OTROS USOS DEL SUELO
Ingestión accidental de suelo contaminado	x	x	x	x
Inhalación de vapores del suelo contaminado	x	x	x	x
Inhalación de partículas de suelo contaminado	x	x	x	x
Contacto dérmico con el suelo contaminado		x	x	x
Ingestión de alimento contaminado				x
Ingestión de agua contaminada				x

Tabla 5: Vías de exposición consideradas para cada uso del suelo definido

Las vías de exposición consideradas, salvo la ingestión de agua contaminada, son comunes a todos los modelos consultados, con la excepción del modelo alemán que no considera ni la inhalación de vapores del suelo ni el contacto dérmico (BMU, 1999), y del CSOIL que tampoco tiene en cuenta esta última vía (van den Berg, 1995). La exposición derivada de la ingestión de agua contaminada, relevante cuando se consume agua de pozo sin tratar, no se contempla en el modelo desarrollado para el cálculo de los NGR para sustancias orgánicas del Real Decreto 9/2005, pero sí en algunos de los modelos consultados (U.S EPA, 1996; CCME, 1996; Swedish Environmental Protection Agency, 1997; Vik, 1999).

8.2.3. Exposición máxima razonable y parámetros de exposición

Los parámetros biométricos y de hábitos personales utilizados para caracterizar los escenarios de exposición anteriormente definidos se han seleccionado atendiendo al individuo razonablemente más expuesto en cada caso. De forma estándar, para la definición de NGR se distinguen dos tipos de receptores potenciales: “niño” y “adulto”. El primero de ellos se define como un niño de hasta 6 años de edad, atendiendo a diversos estudios que muestran que la ingestión accidental de suelo tiene lugar durante este período y que sugieren que los NGR estén basados en esta mayor exposición infantil. El rango de edad adoptado es, además, común a todos los modelos consultados, a excepción de Canadá, Reino Unido y Alemania.

Para los usos industrial, urbano y otros usos del suelo se ha seguido el “modelo del RD”. En este modelo el individuo razonablemente más expuesto se define en función del tipo de contaminante (cancerígeno o no), del uso del suelo y de la vía de exposición. Así, para un uso urbano y para las vías de inhalación y contacto dérmico,

dicho individuo es un adulto. Para este mismo uso, cuando la vía estudiada es la ingestión de suelo y el elemento es no cancerígeno, el individuo razonablemente más expuesto es un niño, mientras que si el elemento presenta efectos cancerígenos, éste se define como un receptor que está expuesto a la contaminación del suelo durante 6 años como niño y durante 24 años como adulto. Para otros usos del suelo, el “modelo del RD” considera que el individuo razonablemente más expuesto es un adulto, para todas las vías y para cualquier elemento. Para el uso industrial del suelo, por la propia definición del escenario (ver epígrafe 8.2.2), se ha considerado como individuo razonablemente más expuesto un adulto. (Tabla 6)

Para el uso área de juego y equipamiento infantil se ha adaptado el modelo anterior para considerar que el objeto de protección es, para todas las vías de exposición, un niño menor de 6 años. En este “modelo modificado” el individuo razonablemente más expuesto en el caso de elementos con efectos no cancerígenos es un niño, definido por los parámetros que se exponen en la Tabla 6. Se ha optado por esta aproximación porque se entiende que, en términos generales, y aunque los individuos adultos acompañan a los niños en estas áreas de juego, el individuo más sensible a la contaminación del suelo es un niño, tanto por su mayor ingesta de suelo y polvo, como por su menor capacidad cutánea para impedir la absorción de contaminantes y su menor peso corporal. Para elementos cancerígenos, este modelo considera como individuo razonablemente más expuesto un receptor que está expuesto a la contaminación del suelo durante 6 años como niño y durante 24 años como adulto.

VÍA DE EXPOSICIÓN	USO DEL SUELO			
	INDUSTRIAL	URBANO	ÁREAS DE JUEGO INFANTIL	OTROS USOS DEL SUELO
Ingestión accidental de suelo contaminado	A	N / M*	N / M	A
Inhalación de vapores del suelo contaminado	A	A	N / M	A
Inhalación de partículas de suelo contaminado	A	A	N / M	A
Contacto dérmico con el suelo contaminado		A	N / M	A
Ingestión de alimento contaminado				A
Ingestión de agua contaminada				A

(*) El primer carácter corresponde al individuo razonablemente más expuesto para una sustancia no cancerígena y el segundo, para una sustancia cancerígena.

Tabla 6: Individuo razonablemente más expuesto según uso del suelo, vía de exposición y tipo de contaminante. (A= Adulto; N= Niño; M= Mixto (6 años de niño y 24 de adulto))

En el siguiente cuadro (Tabla 7) se recogen los parámetros de exposición utilizados para la definición de los niveles genéricos de referencia. En los casos de uso urbano y otros usos del suelo, en los que para sustancias cancerígenas la exposición se promedia a lo largo de la vida, se presentan los parámetros correspondientes a un niño y a un adulto.

PARÁMETRO			USO INDUSTRIAL	USO URBANO*	ÁREA DE JUEGO INFANTIL	OTROS USOS DEL SUELO
Peso medio del receptor (kg)		BW	70	15 / 70	15	70
Duración de la exposición (años)		ED	25	6 / 30	6	30
Frecuencia de exposición (días/año)		EF	250	350	350	350
Tiempo de promedio de la exposición (días)	Sust. no cancerígena	AT	ED x 365	ED x 365	ED x 365	ED x 365
	Sust. cancerígena		25550	25550	25550	25550
Ingestión de suelo (mg/día)		IR _s	50	200 / 100	200	450
Tasa de inhalación (m ³ /d)		IR _a	20	7,6 / 20	7,6	20
Superficie de piel expuesta (cm ²)		SA	-	2800 / 5700	2800	5700
Factor de adherencia del suelo a la piel (mg/cm ² .d)		SL	-	0,2 / 0,07	0,2	0,07
Ingestión de raíces (kg/día)		IR _p	-	-	-	0,064
Ingestión de verduras (kg/día)		IR _v	-	-	-	0,04
Ingestión de legumbres (kg/día)		IR _l	-	-	-	0,01
Ingestión de frutas (kg/día)		IR _f	-	-	-	0,263
Ingestión de agua (l/día)		IR _w	-	-	-	2

(*) El primer valor corresponde a un niño y el segundo, a un adulto (Niño/ Adulto)

Tabla 7: Parámetros de exposición considerados en el modelo.

Los parámetros adoptados se han seleccionado en el supuesto de que su uso conjunto ofrezca una estimación del nivel de exposición más elevado que se puede esperar que razonablemente tenga lugar, esto es, la exposición máxima razonable (EMR), para cada escenario de exposición.

En el peso medio del receptor existe coincidencia en la bibliografía consultada en asignarle un valor de 70 kg cuando el individuo razonablemente más expuesto es un adulto. Este valor, aunque difiere del valor medio de peso corporal de 71,8 kg recomendado por el Exposure Factors Handbook (U.S EPA, 1997), se justifica por el hecho de que en la derivación del factor de pendiente para las sustancias con efectos cancerígenos el IRIS (Integrated Risk Information System) asume un peso corporal de 70 kg. En los casos en los que el individuo razonablemente más expuesto es un niño menor de 6 años, se ha adoptado un valor de 15 kg. Ambos valores coinciden con los utilizados por la mayoría de los modelos consultados (U.S. EPA, 1991a; Van den Berg, 1995; Swedish Environmental Protection Agency, 1997; IHOBE, 1998; Vik, 1999, Comunidad de Madrid, 2006).

La duración de la exposición depende del uso asignado al terreno. La U.S EPA considera para un uso industrial del suelo una duración de 25 años, que corresponde al percentil 95 de la función de distribución del tiempo que un individuo adulto trabaja en el mismo lugar en Estados Unidos (U.S EPA, 1991b). Para los usos no industriales del suelo, se le ha asignado a la duración de la exposición un valor de 6 años cuando el receptor es un niño, cifra que coincide con la adoptada por otras instituciones (van den Berg, 1995; Swedish Environmental Protection Agency, 1997; Vik, 1999; DEFRA, 2002, Comunidad de Madrid, 2006). Cuando el individuo expuesto es un adulto, el valor adoptado es de 30 años.

Como valor de frecuencia de la exposición se asume la estimación más conservadora de la Agencia de Medioambiente de Estados Unidos, según la cual el número de semanas trabajadas al año es de 50, lo que resulta en una frecuencia de 250 días/año (U.S. EPA, 1991b). Para uso urbano, áreas de juego infantil y otros usos del suelo se ha optado por considerar los mismos valores que la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los EE.UU, siendo éstos 350 días/año para ambos escenarios (U.S. EPA, 1991b). Este valor resulta de asumir que el individuo razonablemente más expuesto pasa dos semanas al año de vacaciones fuera de su lugar de residencia habitual (y por tanto reside 350 días/año en su vivienda o granja).

Los tiempos de promedio de la exposición adoptados son, por convenio, iguales a la duración de la exposición, expresada en años, multiplicada por 365 días/año, para sustancias con efectos no cancerígenos, y de 25550 días (70 años x 365 días/año) para sustancias con efectos cancerígenos.

La tasa de ingestión de suelo adoptada para uso industrial es de 50 mg/día de acuerdo con los valores adoptados por la U.S. EPA (U.S EPA, 1991b) y que también es utilizado por otros modelos (van den Berg, 1995; Swedish Environmental Protection Agency, 1997; IHOBE, 1998; Vik, 1999, Comunidad de Madrid, 2006). En lo referido a este parámetro para uso urbano y áreas de juego infantil se ha adoptado un valor de 200 mg/día para un niño menor de 6 años y de 100 mg/día para un adulto, que se corresponden con los valores recomendados por la U.S EPA (U.S EPA, 1997). Para otros usos del suelo, el valor de 100 mg/día para un adulto parece bajo para el tipo de tareas propio de una huerta en la Comunidad de Aragón. De ahí que se haya adoptado un valor más conservador de 450 mg/día, citado igualmente por la U.S EPA para trabajos de jardinería en una circular suplementaria a la Guía de valoración de Riesgos antes mencionada (U.S. EPA, 1991b). Este valor es el empleado para el cálculo de los NGR para sustancias orgánicas recogidos en el Anexo V del RD 9/2005.

En cuanto a la tasa de inhalación, se le ha asignado un valor de 20 m³/d para un individuo adulto. Este valor corresponde a la tasa diaria de inhalación de un individuo que pasa 16 horas realizando una actividad ligera y 8 horas descansando (U.S EPA, 1991b). Por otra parte, dicho valor se justifica por ser el empleado para el cálculo de

las dosis de referencia y los factores de pendiente para la vía inhalatoria, tanto por el IRIS como por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2000). Para la tasa de inhalación de un niño menor de 6 años, se ha tomado un valor de 7,6 m³/d, que es el valor que figura en el CSOIL (van den Berg, 1995).

El valor adoptado para la tasa de ingestión de agua para otros usos del suelo es de 2 litros/día. Este valor corresponde al empleado por la Organización Mundial de la salud (WHO, 2000) para el cálculo de las concentraciones límite de determinadas sustancias en el agua potable.

Para la estimación de la dosis de contaminante absorbida por contacto dérmico para suelos de uso urbano, áreas de juego infantil y otros usos del suelo, se ha adoptado para la superficie de piel expuesta un valor de 2800 cm² para un niño menor de 6 años y de 5700 cm² para un adulto, que son los que, por defecto, considera la U.S EPA. Por estas mismas razones, al factor de adherencia del suelo a la piel se le ha asignado un valor de 0,2 mg/cm² día para un niño menor de 6 años y de 0,07 mg/cm² día para un adulto (U.S EPA, 2001 y U.S EPA, 1997).

En cuanto a la cantidad de contaminante que se incorpora a los receptores mediante la ingesta de cultivos de raíz, verduras, legumbres y frutas que eventualmente pudieran ser cultivados en terrenos contaminados, se han adoptado los valores de ingesta media de alimento procedentes de las estadísticas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación correspondientes al año 2005 (MAPA, 2007).

Existe una notable disparidad en la información sobre la proporción de alimento contaminado ingerido por el individuo razonablemente más expuesto que ha sido cultivado sobre un terreno contaminado y que puede suponer una vía de exposición cierta. Los valores adoptados en los diferentes modelos consultados varían entre un 10 % (Van den Berg, 1995) y un 50 % (CCME, 1996). Para la Comunidad de Aragón la tasa de autoconsumo se ha calculado a partir de la producción, la exportación y el consumo de los alimentos mencionados en el párrafo anterior. De esta manera, la proporción de autoconsumo, determinada a partir de la expresión:

$$f_v = \frac{\text{Producción} - \text{Exportación}}{\text{Consumo total}} \times 100$$

resulta ser de un 80 %.

8.2.4. Distribución y transporte de los contaminantes en el medio natural

En la mayor parte de los modelos existentes para la derivación de niveles genéricos de referencia para compuestos orgánicos el cálculo de la concentración del contaminante en los distintos medios (suelo, aire, agua, alimento, etc.) se estima a partir de los resultados de modelos de reparto en fases. En estos modelos se asume que la distribución de un contaminante entre dos fases en equilibrio puede caracterizarse mediante coeficientes de reparto, como el coeficiente de reparto carbono

orgánico/agua o la constante de la Ley de Henry. El supuesto de equilibrio químico que subyace en estos modelos constituye una simplificación que difícilmente llega a producirse en el medio natural y que, consecuentemente, limita fuertemente la validez de sus resultados.

En el caso de los metales, la aplicación de este tipo de modelos presenta el inconveniente adicional de que el comportamiento de dichos elementos está condicionado por la forma química bajo la que se presentan en el medio (especiación) que, a su vez, depende de las propiedades del mismo. Estas propiedades (como pH, potencial redox, presencia de aniones y de elementos mayoritarios en la solución del suelo, etc.), que, además, influyen en la capacidad del suelo para retener contaminantes inorgánicos, son difícilmente programables en modelos equivalentes a los empleados para sustancias orgánicas.

Por todo ello, se ha optado por prescindir de las ecuaciones de reparto en fases para estimar las concentraciones finales en los medios de exposición (i.e. aire, suelo y alimentos) incluidos en el modelo. En el caso de la exposición al agua contaminada se ha optado por no aplicar modelos de transporte de contaminantes elementales en la zona vadosa y en la zona saturada, necesarios para estimar la concentración de los mismos en el punto de exposición.

Así pues, en este trabajo se asume que la concentración de contaminante en las partículas de suelo ingeridas o contactadas a través de la piel por un receptor es equivalente a la concentración “global” en el suelo, determinada mediante protocolos estándar de preparación y análisis del mismo. Por su parte, se acepta que la concentración de contaminante en el aire inhalado por un receptor se puede estimar, a partir de la concentración “global” en el suelo, mediante un “factor de emisión de partículas”, PEF, y en el caso particular del mercurio, también de un “factor de volatilización”, VF, tal y como se recoge en el epígrafe 8.3 (U.S EPA, 2001). También se asume que la concentración de contaminante en los distintos tipos de alimento considerados en el modelo se puede calcular mediante multiplicación de la concentración “global” en suelo por un “factor de bioconcentración”, BCF, experimental y específico para cada elemento y para cada tipo de cultivo. Por último se asume que la concentración de contaminante en el agua se calcula a partir de la concentración “global” en el suelo dividiendo por el coeficiente de reparto suelo/agua, K_d , específico para cada elemento.

8.3. Expresiones para el cálculo de los niveles genéricos de referencia

Para la definición de los NGR se determina la exposición para cada una de las vías consideradas en cada uso, se fija un valor de riesgo total admitido para la suma de exposiciones y se calcula la concentración en el suelo que satisface las condiciones

anteriores. Los datos empleados para el cálculo de los NGR en el caso que nos ocupa vienen recogidos en el Anexo II.

El cálculo de la exposición a la contaminación del suelo a través de las distintas vías de exposición se basa en la siguiente fórmula genérica, que es común a todos los modelos consultados:

$$D = \frac{C \times CR \times ET}{BW \times AT}$$

donde, D es la dosis recibida por la exposición al suelo contaminado a través de las distintas vías (mg/kg.d)

C es la concentración de contaminante en el suelo (mg/kg)

CR es la tasa de contacto con el suelo contaminado (kg/d)

ET es un factor temporal que refleja la frecuencia y la duración de la exposición (días)

BW es el peso corporal del individuo expuesto a la contaminación (kg)

AT es el tiempo de promedio de la exposición (25.550 días -70 años- para sustancias cancerígenas o igual a la duración de la exposición, expresada en días, para sustancias no cancerígenas).

No obstante, los distintos modelos consultados utilizan valores diferentes de los parámetros reflejados en esta expresión en función de la información disponible en cada país para derivar valores específicos para los mismos y del individuo considerado como razonablemente más expuesto (niño, adulto o promediado a lo largo de la vida).

En el caso que nos ocupa, particularizando la fórmula genérica anteriormente expuesta para las distintas vías se obtienen expresiones que permiten calcular la exposición recibida a través de cada una de ellas, tal como se recoge más adelante. Es preciso hacer notar que para las áreas de juego infantil en sustancias con efectos cancerígenos, como ya se ha comentado que ocurre en la mayoría de los modelos consultados, estas expresiones se aplican por separado a un niño y a un adulto y después se obtiene una exposición global a lo largo de la vida. De este modo la fórmula genérica anteriormente expuesta podría expresarse en estos casos como:

$$D = \frac{C \times EF}{AT} \times \left[\left(\frac{CR \times ED}{BW} \right)_{\text{niño}} + \left(\frac{CR \times ED}{BW} \right)_{\text{adulto}} \right]$$

donde se considera que el receptor está expuesto a la contaminación durante 6 años como niño y durante 24 años como adulto. En el “modelo RD”, para uso urbano, esta expresión genérica únicamente se aplicaría en el uso urbano del suelo para la vía de ingestión de suelo contaminado.

8.3.1. Ingestión de suelo (todos los usos)

$$D_{\text{ingestión}} (mg / kg.d) = C(mg / kg) \times \frac{IR_s \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

8.3.2. Inhalación de vapores (todos los usos)

La inhalación de vapores únicamente es aplicable para el mercurio, que es el único elemento que presenta una presión de vapor apreciable en condiciones ambientales. El cálculo de la exposición por inhalación de vapores del suelo contaminado se obtiene de la siguiente manera:

$$D_{\text{inh.vapores}} (mg / kg.d) = C(mg / kg) \times \frac{IR_a / VF \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

donde VF es un factor de volatilización que relaciona la concentración de contaminante en el suelo con la que incorpora el receptor por vía inhalatoria. Este factor se determina para cada compuesto de acuerdo con la expresión (U.S EPA, 2001):

$$VF (m^3 / kg) = Q / C \times \frac{\sqrt{3.14 \times D_A \times T}}{2 \times \rho_b \times D_A} \times 10^{-4} (m^2 / cm^2)$$

En la que Q/C es el valor inverso de la concentración en el centro de una fuente de emisión de contaminantes de geometría cuadrada y una superficie de 1/2 acre (aprox. 2000 m²), por defecto 68,18 ((g/m².s)/(kg/m³)); T es el intervalo de exposición, 9,5 10⁸ s por defecto; ρ_b es la densidad aparente del suelo, 1,5 g/cm³ por defecto; y D_A es la difusividad de la sustancia en el suelo (cm²/s) que se determina a partir de la siguiente expresión:

$$D_A = \frac{\left[(\theta_a^{10/3} D_i H' + \theta_w^{10/3} D_w) / n^2 \right]}{\rho_b K_d + \theta_w + \theta_a H'}$$

donde H es la constante de la ley de Henry; K_d es el coeficiente de reparto suelo-agua (cm³/g); θ_a es el contenido volumétrico de aire en el suelo, 0,28 por defecto; θ_w es el contenido volumétrico de agua en el suelo, por defecto 0,15; n es la porosidad total del suelo, 0,43 por defecto; y D_i y D_w son las difusividades de las sustancias en aire y agua respectivamente.

8.3.3. Inhalación de partículas de suelo (todos los usos)

De los elementos seleccionados para la elaboración de los NGR de la Comunidad de Aragón, presentan valores de toxicidad sistémica por inhalación de partículas y/o humos el bario, el cobalto y el manganeso; y de potencia tóxica cancerígena el arsénico, el berilio, el cadmio, el cobalto, el cromo y el níquel. Para el resto de

elementos, se ha llevado a cabo una extrapolación de toxicidad ruta-a-ruta y se han empleado las Dosis de Referencia orales para el cálculo de los cocientes de peligro por inhalación.

Esta aproximación se apoya en la evidencia de que el rango de tamaño de partícula que puede ser inhalada y, por tanto, suponer un riesgo para la salud, es más amplio que el tradicionalmente utilizado –inferior a 10 µm- (Kennedy y Hinds, 2002, y referencias ahí incluidas). Para las partículas inhaladas de diámetros aerodinámicos superiores a 10 µm es verosímil que la absorción en el organismo no se produzca en el tracto respiratorio, sino en el gastrointestinal, lo cual justificaría el empleo de las Dosis de Referencia orales para caracterizar su toxicidad.

La exposición derivada de la inhalación de partículas de suelo contaminado se obtiene como:

$$D_{inh. partículas} (mg / kg.d) = C(mg / kg) \times \frac{IR_a / PEF \times ED \times EF}{BW \times AT}$$

Donde PEF es un factor de emisión de partículas desde el suelo que relaciona la concentración global de la sustancia en el suelo con su concentración en el volumen de aire inhalado. Por defecto, se asume que este factor es $1,36 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{kg}$ (U.S EPA, 2001).

8.3.4. Contacto dérmico (uso urbano, áreas de juego infantil y otros usos del suelo)

Originalmente la vía de contacto dérmico no fue considerada por la U.S EPA, siendo recogida en un documento posterior a la guía original (U.S EPA, 1992). Esta vía tampoco es considerada de aplicación para los metales en algunos de los modelos consultados (van den Berg, 1995; BMU, 1999).

En cualquier caso, aunque la exposición derivada de esta vía sea muy baja en comparación con las derivadas de la ingestión de suelo y alimento contaminado (excepto para algunos escenarios de exposición no considerados en la elaboración de estos NGR, como el trabajo en obra con movimiento de tierras), se ha optado por tenerla en cuenta. La exposición por contacto dérmico con el suelo contaminado se obtendría a partir de la siguiente expresión:

$$D_{v.dérmica} (mg / kg.d) = C(mg / kg) \times \frac{SL \times ABS \times SA \times ED \times EF}{BW \times AT}$$

donde ABS es el factor de absorción de cada sustancia a través de la piel que, de acuerdo con la bibliografía consultada (U.S EPA, 2001), toma un valor de 0,001 para todos los elementos considerados excepto para el arsénico, cuyo valor es de 0,03.

8.3.5. Ingestión de alimento contaminado (sólo para otros usos del suelo)

Para la estimación de la exposición derivada de la ingestión de alimento contaminado únicamente se ha tenido en cuenta el consumo de verduras, legumbres, frutas y cultivos de raíz (asimilados todos ellos al consumo de patatas). No se tiene en cuenta el consumo de otros productos, como los cereales, los frutos secos, la carne o los huevos, porque se asume que la proporción de autoconsumo de estos productos en la Comunidad de Aragón es muy baja.

De este modo, la exposición a la contaminación del suelo por medio de la ingestión de alimento contaminado se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$D_{ing.al}(mg/kg.d) = C(mg/kg) \times \frac{((IR_v \times BCF_v) + (IR_l \times BCF_l) + (IR_f \times BCF_f) + (IR_p \times BCF_p)) \times fv \times ED \times EF}{BW \times AT}$$

Donde los BCF son los factores de bioconcentración de cada elemento en los distintos tipos de cultivo expresados en (mg contaminante/kg planta p.s)/ (mg contaminante/kg suelo p.s).

Existe una gran divergencia respecto a los factores de bioconcentración suelo-planta según las fuentes consultadas. A falta de unos BCF específicos para los cultivos en los suelos de la Comunidad de Aragón, se han empleado los valores utilizados por el modelo de la U.S EPA (U.S EPA, 1996), que son los únicos que emplean distintos BCF para cada tipo de cultivo. Para aquellos metales no considerados en este documento se ha utilizado como fuente de información en primer lugar los valores recogidos en Lijzen, 2001; posteriormente los que figuran en U.S EPA, 1999 y, por último, los empleados en el CSOIL (van den Berg, 1995). Por lo general, en los casos en que figura un único BCF éste suele estar más próximo al valor más conservador del documento de la U.S EPA (1996), normalmente el de las verduras, lo que concuerda con la asimilación preferente de los metales pesados en este tipo de cultivos (U.S EPA, 1991b).

En el Anexo II figuran los BCF empleados, así como la fuente de procedencia.

8.3.6. Ingestión de agua contaminada (sólo para otros usos del suelo)

La ingestión de agua contaminada sólo se considera en algunos de los modelos consultados (U.S EPA, 1996; CCME, 1996; Swedish Environmental Protection Agency, 1997; Vik, 1999). Esta vía de exposición puede tener lugar por consumo de agua de bebida, por ingestión durante la ducha o el baño y por ingestión durante el baño recreativo. En el caso que nos ocupa únicamente se ha tenido en cuenta el consumo de agua de bebida por considerar que es ésta la principal vía de exposición al agua contaminada. Por otra parte, no existe información disponible para la Comunidad de Aragón sobre la tasa de ingestión de agua durante el baño y la ducha o el baño recreativo.

Para valorar la ingestión de agua contaminada se ha asumido que todo el contaminante que pasa a la disolución del suelo es susceptible de pasar al agua de bebida. Es decir, no se ha tenido en cuenta ningún factor de dilución en el acuífero durante el transporte del agua desde el foco de contaminación hasta el pozo de captación del agua contaminada. La posibilidad de que los metales pasen a la disolución del suelo se ha valorado a través de la K_d . De este modo la exposición por ingestión de agua contaminada viene dada por la siguiente expresión:

$$D_{ing.agua} (mg/kg.d) = C (mg/kg) / K_d \times \frac{IRw \times ED \times EF}{BW \times AT}$$

donde K_d es el coeficiente de reparto suelo-agua (l/kg) que se utiliza para calcular la concentración de los metales en el agua.

8.4. Cálculo de los niveles genéricos de referencia

Una vez expuesto el escenario de partida, el nivel de riesgo admisible y las características de exposición que definen al individuo razonablemente más expuesto, se ha procedido a recopilar información tanto de naturaleza química como de los efectos para la salud de las personas.

Existe una gran disparidad en cuanto a los valores toxicológicos de referencia empleados en los distintos modelos, así como en otras fuentes consultadas (IRIS, 2007; Baars, 2001; WHO, 1996). Este hecho va a influir en gran medida en las diferencias entre los niveles genéricos de referencia obtenidos en los distintos países (Tabla 9). Para la derivación de los niveles genéricos de referencia para metales en los suelos de la Comunidad de Aragón se han utilizado los valores del IRIS, por ser éstos los más recientes (con excepción del cobre, el estaño y el plomo para los cuales IRIS no ofrece valores de referencia de toxicidad, y cuya potencia tóxica se ha caracterizado a partir de los valores de las Tablas de Evaluación de Efectos para la Salud, HEAST, y de la Organización Mundial de la Salud, WHO).

Las fuentes de información utilizadas, así como los datos correspondientes a las sustancias de interés se recogen en el Anexo II. A partir de estos datos y de las expresiones de cálculo recogidas en el epígrafe 8.3 de este documento se ha calculado el NGR según el nivel de riesgo admitido (epígrafe 8.2.1) para los tres usos de suelo propuestos (epígrafe 8.2.2))

i) Sustancias con efectos no cancerígenos

La condición de cálculo es determinar la concentración en el suelo que hace que el riesgo agregado por todas las vías de exposición no supere el nivel de riesgo admisible. Es decir:

$$THQ = \sum \frac{D_i}{RfD_i} \leq 1$$

donde THQ es el cociente de peligro máximo admitido para sustancias con efectos no cancerígenos (1); D_i la dosis de contaminante recibida a través de la vía i y RfD el valor toxicológico de referencia.

$$THQ = C(\text{mg/kg}) \times [(Exp_{ing}/RfD_o) + (Exp_{iv}/RfD_i) + (Exp_{ip}/RfD_i) + (Exp_{ia}/RfD_o) + (Exp_d/RfD_d) + (Exp_{ing.ag}/RfD_o)] \leq 1 \quad (1)$$

Siendo RfD_o , RfD_i y RfD_d las dosis de referencia para las vías oral, inhalatoria y dérmica respectivamente, y donde:

$$Exp_{ing} = \frac{IR_s \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

$$Exp_{iv} = \frac{IR_a / VF \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

$$Exp_{ip} = \frac{IR_a / PEF \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

$$Exp_{ia} = \frac{((IR_v \times BCF_v) + (IR_l \times BCF_l) + (IR_f \times BCF_f) + (IR_p \times BCF_p)) \times fv \times ED \times EF}{BW \times AT}$$

$$Exp_d = \frac{SL \times ABS \times SA \times ED \times EF}{BW \times AT}$$

$$Exp_{ing.ag} = \frac{IR_w / K_d \times ED \times EF}{BW \times AT}$$

ii) Sustancias con efectos cancerígenos:

La condición de cálculo es determinar la concentración en el suelo que hace que el riesgo agregado por todas las vías de exposición no supere el nivel de riesgo admisible. Es decir:

$$R = \sum D_i \times SF_i \leq 10^{-5}$$

donde R es el nivel de riesgo máximo admitido para sustancias con efectos cancerígenos (10^{-5}) y SF el valor toxicológico de referencia para sustancias con efectos cancerígenos.

$$R = C(\text{mg/kg}) \times [(Exp_{ing} \times SF_o) + (Exp_{iv} \times SF_i) + (Exp_{ip} \times SF_i) + (Exp_{ia} \times SF_o) + (Exp_d \times SF_d) + (Exp_{ing.ag} \times SF_o)] \leq 10^{-5} \quad (2)$$

Siendo SFo, SFi y SFd los factores de pendiente para las vías oral, inhalatoria y dérmica, respectivamente, y donde Exp_{ing} , Exp_{iv} , Exp_{ip} , Exp_{ia} , Exp_d y $Exp_{ing.ag}$ se hallarían mediante las mismas expresiones utilizadas para las sustancias con efectos no cancerígenos, pero promediando a lo largo de toda la vida.

De este modo, la menor de las concentraciones de contaminante en el suelo C(mg/kg) que cumple las ecuaciones (1) y (2) sería el nivel genérico de referencia para cada una de las sustancias consideradas.

8.5. Expresión de los resultados

Los NGR obtenidos han sido posteriormente refinados de acuerdo a los siguientes criterios:

- Para aquellos casos en que una sustancia presenta simultáneamente efectos cancerígenos y no cancerígenos se calculan los niveles genéricos de referencia para ambos efectos seleccionando el más bajo de ellos.
- Posteriormente, se redondean estos niveles con los siguientes criterios, que coinciden con los empleados en el Real Decreto 9/2005:
 - En aquellos casos en que el nivel de referencia tiene valores inferiores a la unidad (mg/kg) se toma la primera cifra distinta de cero, redondeando al alza si el siguiente decimal está comprendido en el intervalo [6-9] y manteniendo su valor si la siguiente cifra pertenece al intervalo [0-5].
 - Para valores comprendidos en el intervalo 1-10 mg/kg se mantiene el valor entero suprimiendo los decimales de acuerdo a la regla anterior.
 - Para valores superiores a 10 mg/kg, tras redondear el número entero como en casos anteriores, se selecciona el múltiplo de 5 más próximo a dicho valor.
- Los NGR así obtenidos se comparan con los valores de referencia (VR90) establecidos para los suelos de la Comunidad de Aragón y determinados a partir de los niveles de fondo correspondientes. Si para algún elemento el nivel obtenido para un determinado uso es inferior al valor de referencia VR90, se adopta este último valor como NGR para dicho uso.
- Posteriormente, se aplica un criterio de contigüidad, de manera que la diferencia de niveles para un uso del suelo y el correspondiente al

inmediatamente más sensible no exceda más de un orden de magnitud (10 veces). De ser así, el nivel obtenido pasará a ser el correspondiente al del uso inmediatamente más sensible multiplicado por un factor de 10. De este modo la diferencia entre el uso más y menos sensible no será superior a dos órdenes de magnitud.

- Por último, se aplica un criterio de reducción, de manera que los valores que excedan los 10.000 mg/kg adoptarán este valor como NGR. Este criterio se justifica por considerar que la superación de esta cifra hace necesario llevar a cabo una investigación que explique la presencia de esos niveles en el suelo.

Los niveles genéricos de referencia obtenidos tras la aplicación de este procedimiento se recogen en la siguiente Tabla 8.

ELEMENTO ⁽¹⁾	INDUSTRIAL (mg/kg)	ÁREA DE JUEGO INFANTIL (mg/kg)	URBANO (mg/kg)	OTROS USOS DEL SUELO (mg/kg)	VR 90 (mg/kg)
Aluminio	10000 ^c	10000 ^c	10000 ^c	8185 ^a	8185
Antimonio	300 ^b	30	30	3 ^a	3
Arsénico	260 ^b	26 ^a	26 ^a	26 ^a	26
Bario	10000 ^c	8900 ^b	8900 ^b	890 ^a	890
Berilio	10 ^b	1	1	0,8	
Cadmio	100 ^b	10 ^b	10 ^b	1	0,4
Cobalto	1500 ^b	150 ^b	150 ^b	15 ^a	15
Cobre	2800 ^b	280 ^b	280 ^b	28 ^a	28
Cromo (III)	10000 ^c	10000 ^b	10000 ^b	1000	80
Cromo (VI)	2300 ^b	200	230	80 ^a	80
Estaño	10000 ^c	10000 ^c	10000 ^c	3185	4
Hierro	10000 ^c	10000 ^c	10000 ^c	3750 ^a	3750
Manganeso	10000 ^c	3100	3390	715 ^a	715
Mercurio	250 ^b	20	25	0,36	0,06
Molibdeno	300 ^b	30 ^b	30 ^b	3	3
Níquel	4000 ^b	400 ^b	400 ^b	40	40
Plata	100 ^b	10 ^b	10 ^b	1	0,97
Plomo	2700 ^b	270	270	45	36
Selenio	2000 ^b	200 ^b	200 ^b	20	3
Talio	20 ^b	0,5	2	0,08	
Torio*	18				17
Uranio	450 ^b	45	45	7 ^a	7
Vanadio	10000 ^b	1000 ^b	1000 ^b	100 ^a	100
Zinc	10000 ^c	4200 ^b	4200 ^b	420	130

^a VR90 del elemento; ^b En aplicación del criterio de contigüidad; ^c En aplicación del criterio de reducción

* NGR calculado como la suma de la concentración media y el doble de la desviación típica de las concentraciones en zonas próximas no contaminadas y con sustratos geológicos similares.

Tabla 8: Expresión de los niveles genéricos de referencia obtenidos

8.6. Comparación de niveles genéricos de referencia

En el presente epígrafe se han representado en una tabla los niveles genéricos de referencia obtenidos para los distintos metales pesados y elementos traza en los suelos de la Comunidad de Aragón en contraposición con los valores de referencia VR90 disponibles para algunos de estos elementos. Asimismo, a modo de

comparación, se han incluido en la tabla los niveles genéricos de referencia derivados en otros países o Comunidades Autónomas.

Tabla 9: Comparación de los niveles genéricos de referencia obtenidos

SUSTANCIA	CASRN	Comunidad de Aragón (mg/kg)				Comunidad de Madrid ¹ (mg/kg)		
		Otros usos del suelo	Área de juego infantil	Urbano	Industrial	Otros usos del suelo	Urbano	Industrial
Aluminio	7429-90-5	8185*	10000*	10000*	10000*			
Antimonio	7440-36-0	3*	30	30	300*	0,8	8 b	80 b
Arsénico	7440-38-2	26*	26*	26*	260*	24 a	24 a	40
Bario	7440-39-3	890*	8900*	8900*	10000*			
Berilio	7440-41-7	0,8	1	1	10*			
Cadmio	7440-43-9	1	10*	10*	100*	3	30 b	300 b
Cobalto	7440-48-4	15*	150*	150*	1500*	15	150 b	1500 b
Cobre	7440-50-8	28*	280*	280*	2800*	80	800 b	8000 b
Cromo (III)	16065-83-1	1000	10000*	10000*	10000*	90	230	2300 b
Cromo (VI)	18540-29-9	80*	200	230	2300*			
Estaño	7440-31-5	3185	10000*	10000*	10000*			
Hierro	7439-89-6	3750*	10000*	10000*	10000*			
Manganeso	7439-96-5	715*	3100	3390	10000*	690 a	3390	33900 b
Mercurio	7439-97-6	0,36	20	25	250*	5	7	15
Molibdeno	7439-98-7	3	30*	30*	300*	15	150 b	1500 b
Níquel	7440-02-0	40	400*	400*	4000*	405	1560	15600 b
Plata	7440-22-4	1	10*	10*	100*	5	50 b	500 b
Plomo	7439-92-1	45	270	270	2700*	75	270	2700 b
Selenio	7782-49-2	20	200*	200*	2000*	85	390	3900 b
Talio	7440-28-0	0,08	0,5	2	20*	2	3	30 b
Torio		18*						
Uranio		7*	45	45	450*			
Vanadio	7440-62-2	100*	1000*	1000*	10000*	37 a	370 b	3700 b
Zinc	7440-66-6	420	4200*	4200*	10000*	1170	11700 b	100000 c

* No aplican criterios toxicológicos

SUSTANCIA	CASRN	Alemania (mg/kg peso seco) ²					País Vasco ³						Cataluña (mg/kg) ⁴			
		Zonas de juego para niños	Uso residencial	Parques y uso recreativo	Uso industrial y comercial	Uso agrícola b	VIE-A (mg/kg)	VIE-B en mg/kg (Protección de la salud)					Valor de referencia	Uso no industrial	Uso industrial	
								Área de juego infantil	Otros usos	Urbano	Parque público	Industrial				
Aluminio	7429-90-5															
Antimonio	7440-36-0												6 b	6 b	30 a	
Arsénico	7440-38-2	25	50	125	140	200 c	23	30	30	30	30	200	30 b	30 b	30 b	
Bario	7440-39-3						80 + 2,5L						500	880	1000 c	
Berilio	7440-41-7												10	40	85	
Cadmio	7440-43-9	10a	20a	50	60	0,04/ 0,1 c	0,8	5	5	8	25	50	1	5	55 a	
Cobalto	7440-48-4						6 + 0,5L						20 b	45	90	
Cobre	7440-50-8						10 + 0,5L	a	a	a	a	a	50	310	1000 c	
Cromo (III)	16065-83-1	200	400	1000			25 + L	90	200	200	400	550	100	1000 c	1000 c	
Cromo (VI)	18540-29-9												1	10	20	
Estaño	7440-31-5												50	1000 c	1000 c	
Hierro	7439-89-6															
Manganeso	7439-96-5															
Mercurio	7439-97-6	10	20	50		5	0,3	4	4	4	15	40	2 b	3	30 a	
Molibdeno	7439-98-7						0,6 + 0,018L	75	75	75	250	750	3 b	7 a	65 a	
Níquel	7440-02-0	70	140	350			12 + L	110	110	150	500	800	45 b	460 a	1000 c	
Plata	7440-22-4															
Plomo	7439-92-1	200	400	1000	2000	0,1	16 + 0,7L + 2,1H	120	120	150	450	1000	55 b	55 b	540 a	
Selenio	7782-49-2												0,7	7 a	70 a	
Talio	7440-28-0					0,1							1 b	4 a	40 a	
Torio																
Uranio																
Vanadio	7440-62-2												130 b	190	1000 c	
Zinc	7440-66-6						50 + 2L	a	a	a	a	a	100 b	640 a	1000 c	

* No aplican criterios toxicológicos

SUSTANCIA	CASRN	Canadá (mg/kg) ⁵			Noruega (mg/kg)	Países Bajos (mg/kg) ⁶		EE.UU (mg/kg) ⁷		Suecia (mg/kg) ⁸		
		Uso agrícola	Uso residencial/parques	Uso comercial/industrial		Valor objetivo	Valor de intervención	Ingestión	Inhalación de partículas	Uso sensible	Uso no sensible con extracción de a.s	Uso no sensible sin extracción de a.s
Aluminio	7429-90-5											
Antimonio	7440-36-0	20*	20*	40*			31a	-- b				
Arsénico	7440-38-2	12	12	12	2	29	55	0,4 c	750 c	0,08	0,18	37
Bario	7440-39-3	750	500	2000		160	625	5500 a	6,9E+05 a			
Berilio	7440-41-7							0,1 c	1300 c			
Cadmio	7440-43-9	1,4	10	22	3	0,8	12	78 a,e	1800 c	0,41	0,9	254
Cobalto	7440-48-4	40*	50*	300*		9	240			20	59	3144
Cobre	7440-50-8	63	63	91	100	36	190			5505	29231	No limitado
Cromo (III)	16065-83-1	0,4	0,4	1,4	25	100	380	78000 a	-- b			
Cromo (VI)	18540-29-9							390 a	270c			
Estaño	7440-31-5	5*	50*	300*								
Hierro	7439-89-6											
Manganeso	7439-96-5											
Mercurio	7439-97-6	6,6	6,6	24/ 50	1	0,3	10			2,0	4,8	25
Molibdeno	7439-98-7	5*	10*	40*		3	200					
Níquel	7440-02-0	50	50	50	50	35	210	1600a	13000c	38	129	924
Plata	7440-22-4	20*	20*	40*				390a	-- b			
Plomo	7439-92-1	70	140	260/ 600	60	85	530	400d	-- d	82	289	8042
Selenio	7782-49-2	1	1	3,9				390a	-- b			
Talio	7440-28-0	1	1	1				-- c	-- b			
Torio												
Uranio												
Vanadio	7440-62-2	130	130	130				550a	-- b	122	294	13127
Zinc	7440-66-6	200	200	360	100	140	720	23000a	-- b	5276	42137	No limitado

* No aplican criterios toxicológicos

NOTAS

- 1) Comunidad de Madrid: a: en aplicación de los valores de los niveles de referencia; b: en aplicación del criterio de contigüidad; c: en aplicación del criterio de reducción.
- 2) Alemania: a, en los jardines traseros de las casas y otros jardines pequeños en donde hay niños y se cultivan alimentos se debe aplicar un valor de 2 mg/kg para el Cd; b, Método de extracción: para el arsénico y el mercurio en agua regia y para el cadmio, plomo y talio en nitrato amónico; c, En suelos degradados se aplica un valor de 50 mg/kg; d, en zonas donde se cultive trigo o cultivos fuertemente acumuladores de cadmio se usará un valor de 0,04. En cualquier otra situación el valor será de 0,1.
- 3) País Vasco: a: El valor límite derivado es del orden de decenas de g/kg; H: Contenido en Materia orgánica; L: Contenido en arcilla.
- 4) Cataluña: a: en aplicación del criterio de contigüidad; b: en aplicación de los niveles de referencia; c: en aplicación del criterio de reducción.
- 5) Canadá: * Este criterio provisional (CCME 1991) se adoptó anteriormente al desarrollo del Protocolo del Suelo (CCME 1996). Sólo deberá utilizarse hasta que sea sustituido por uno definitivo.
- 6) Países Bajos: Los valores de referencia holandeses aplicados a metales dependen del contenido de materia orgánica y de finos. Los valores presentes en la tabla han sido derivados para suelos estándar, con 10% de materia orgánica y 25% de contenido en finos. El valor T o de investigación se ha calculado según la siguiente fórmula: $T = 0,5 (S+I)$, y en caso de no existir valor objetivo, se calcula como $T = 0,5 I$. Algunas sustancias presentan valores indicadores en lugar de valores de intervención, aunque en la práctica se consideran como éstos últimos.
- 7) EEUU: a, Los valores calculados corresponden a un cociente de riesgo no carcinogénico de 1; b, No hay criterios toxicológicos disponibles para esa ruta de exposición; c, Los valores calculados corresponden a un nivel de riesgo carcinogénico de 1 en 1000000; d, Se ha establecido un valor de 400 mg/kg basado en Revised Interim Soil Lead Guidance for CERCLA Sites and RCRA Corrective Action Facilities (US EPA, 1994); e, NGR basado en la RfD para el alimento.
- 8) Suecia: Uso sensible, se permite cualquier uso del suelo como residencial, áreas recreativas para niños, uso agrícola, extracción de agua subterránea, etc. Uso no sensible: industrial, comercial y de infraestructuras. Se distingue en este uso los terrenos en donde se permite la extracción de agua subterránea y en los que no está permitido.

9. REFERENCIAS

Baes, C.F., Sharp, R.D., Sjoreen, A.L. y Shor, R.W., 1984. A review and analysis of parameters for assessing transport of environmentally released radionuclides through agriculture. U.S Department of Energy.

<http://homer.ornl.gov/baes/documents/ornl5786.html>

Baars, A.J., Theelen, R.M.C., Janssen, P.J.C.M., Hesse, J.M., van Apeldoorn, M.E., Meijerink, M.C.M., Verdam, L. y Zeilmaker, M.J., 2001. Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels. RIVM report 711701025. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM).

<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701025.html>

BMU, 1999. Promulgation of methods and standards for derivation of trigger values and action values pursuant to the Federal Ordinance on Soil Protection and Contaminated Sites. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). Bonn.

Callaba, A. y Chacón, E., 2002. Análisis probabilístico de la eficiencia de los niveles de referencia para la evaluación de la contaminación de suelos. Revista de Salud Ambiental 2002, 2(2), pp. 63-69.

CCME, 1996. A protocol for the derivation of Environmental and Human Health soil quality guidelines. Report no. CCME-EPC-101E. Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). Winnipeg, Manitoba.

CMAJA, 1999. Criterios y estándares para declarar un suelo contaminado en Andalucía y la metodología y técnicas de toma de muestra y análisis para su investigación. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Comisión Europea, 1994. Risk Assessment of Existing Substances. Technical Guidance Document XI/919/94-EN. Dirección General de Medio Ambiente, Seguridad Nuclear y Protección Civil. Bruselas.

Comunidad de Madrid, 2006. Determinación de Niveles Genéricos de Referencia para protección de la salud humana de metales pesados y otros elementos traza en suelos de la comunidad de Madrid. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid. Inédito.

De Miguel, E., Callaba, A., Arranz, J.C., Cala, V., Chacón, E., Gallego, E., Alberruche, E., Alonso, C., Fdez.-Canteli, P., Iribarren, I. y Palacios, H., 2002.

Determinación de niveles de fondo y niveles de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos de la Comunidad de Madrid. IGME. Madrid.

DEFRA, 2002. The contaminated land exposure assessment (CLEA) model: Technical basis and algorithms. R&D Publication CLR 10. Department for Environment, Food and Rural Affairs. UK Environment Agency.

http://www.grc.cf.ac.uk/lrn/resources/risk_assessment/clr10.pdf

Diputación General de Aragón, 1998. Determinación de los Niveles de Fondo de metales pesados en los suelos de Aragón. Dirección General de Calidad Ambiental de la Diputación General de Aragón.

Hahn, G.J. y Meeker, W.Q. (1991) Statistical Intervals. John Wiley, Nueva York, 392 p.

Ibarra, P, 2004. La diversidad edáfica del territorio aragonés. En "Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos". J.L., Peña, L. A. Longares y M. Sánchez (Eds.) Universidad de Zaragoza e institución Fernando el Católico, Zaragoza, pp. 41-53.

IGME, 1971. Mapa geológico Nacional (1:200.000). Hojas nº 23 (Huesca), 47 (Teruel) y 32 (Zaragoza)

IHOBE, 1998. Investigación de la Contaminación del Suelo. Valores Indicativos de Evaluación (VIE-A, VIE-B, VIE-C). Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Gobierno Vasco.

http://www.ihobe.net/publicaciones/seleccion/D_contaminacion_suelo_guia_8.htm

IRIS, 2007. Integrated Risk Information System. U.S EPA, update May 2007.

<http://www.epa.gov/iris/>

Junta de Residuos de Cataluña. Niveles Genéricos de Referencia. Valores de los NGR para metales aplicables a Cataluña.

<http://www.arc-cat.net/ca/altres/sols/ngr.html>

Kennedy, N.J. y Hinds, W.C., 2002. Inhalability of large solid particles. Journal of Aerosol Science 2002, 33, pp. 237-255.

Ley 1/2005, de 4 de febrero, para la prevención y corrección de la contaminación del suelo. BOPV nº 32 de 16 de febrero de 2005, pp. 2085-2135.

Lijzen, J.P. A. Baars, A.J., Otte, P.F., Rikken, M., Swartjes, F.A., Verbruggen E.M.J., van Wezel, A.P., 2001. Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groundwater. Human and ecotoxicological risk assessment and derivation of risk limits for soil, aquatic sediment and

groundwater. RIVM report 711701023. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM).

<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701023.html>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2007. Análisis de consumo alimentario.

<http://www.mapa.es/es/alimentacion/pags/consumo/BD/consulta.asp>

Peña, J.L y M.V. Lozano, 2004. Las unidades del relieve aragonés. En “Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos”. J.L., Peña, L.A. Longares y M. Sánchez (Eds.) Universidad de Zaragoza e institución Fernando el Católico, Zaragoza, 2004, pp. 3-14.

RAIS, 2007. Risk Assessment Information System. U.S Department of Energy, update May 2007.

<http://risk.lsd.ornl.gov/>

Swedish Environmental Protection Agency, 1997. Development of generic guideline values: Model and data used for generic guideline values for contaminated soils in Sweden. Report no. 4639. Swedish Environmental Protection Agency. Estocolmo.

U.S. EPA, 1991a. Risk Assessment Guidance for Superfund. Vol. I: Human Health Evaluation Manual. EPA/540/1-89/002. Office of Solid Waste and Emergency Response. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, D.C.

<http://www.epa.gov/superfund/programs/risk/ragsa/index.htm>

U.S. EPA, 1991b. Risk Assessment Guidance for Superfund. Vol. I: Human Health Evaluation Manual. Supplemental Guidance “Standard Default Exposure Factors”. PB91-921314. Office of Solid Waste and Emergency Response. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, D.C.

U.S EPA, 1992. Dermal Exposure Assessment: Principles and applications. Interim Report. EPA/600/8-91/011B. Office of Health and Environmental Assessment. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, D.C.

<http://www.epa.gov/nceawww1/pdfs/derexp.pdf>

U.S. EPA, 1996. Soil Screening Guidance: Technical Background Document. EPA/540/R-95/128. Office of Solid Waste and Emergency Response. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, D.C.

<http://www.epa.gov/superfund/resources/soil/toc.htm#p1>

U.S. EPA, 1997. Exposure Factors Handbook. Volume I- General Factors. EPA/600/P-95/002Fa. Office of Research and Development. National Center for Environmental Assessment. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC.

<http://www.epa.gov/ncea/pdfs/efh/front.pdf>

U.S. EPA, 1999. Screening Level Ecological Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities. Appendix C. Media-to-receptor Bioconcentration Factors (BCFs). EPA530-D-99-001A. Office of Solid Waste and Emergency Response. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, D.C

<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/combust/eco-risk/volume3/appx-c.pdf>

U.S. EPA, 2001. Supplemental Guidance for Developing Soil Screening Levels for Superfund Sites. OSWER 9355.4-24. Office of Solid Waste and Emergency Response. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, D.C

<http://www.epa.gov/superfund/resources/soil/ssgmarch01.pdf>

U.S. EPA, 2002. Child-specific Exposure Factors Handbook. EPA-600-P-00-002 B. Office of Research and Development. National Center for Environmental Assessment. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC.

Van den Berg, R., 1995. Human exposure to soil contamination: a qualitative and quantitative analysis towards proposals for human toxicological intervention values. RIVM Report no. 725201011. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM).

<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/725201011.html>

Vik, Eilen A. et al., 1999. Guidelines for the risk assessment of contaminated sites. Report 99:06. Norwegian Pollution Control Authority. Oslo.

WHO, 1996, Guidelines for drinking water quality. Volumes 1 & 2 - Health criteria and other supporting information. Second edition. WHO, Ginebra.

http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/guidelines2/en/

WHO, 2000. Air quality guidelines for Europe. Second edition. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. WHO, Copenhagen.

http://www.euro.who.int/air/Activities/20020620_1

Otras páginas web consultadas:

- <http://profesores.sanvalero.net/~w0548/geoaragon.html>
- <http://www.enciclopedia-aragonesa.com/>
- <http://sitar.aragon.es/>

ANEXO I

CONCENTRACIONES DE ELEMENTOS MAYORITARIOS Y ELEMENTOS TRAZA EN LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN

Muestra	Contenido en elementos traza																		
	Ag (mg/kg)	As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (µg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Th (mg/kg)	U (mg/kg)	V (mg/kg)
1181	< 0,5	17,3	3	0,1	11	83	11	39	548	< 2	28	34	2	2,8	3	101	18	3,9	104
1182	< 0,5	15,8	< 2	0,1	10	52	13	44	781	< 2	21	23	1	2,2	< 1	63	14,2	4,5	71
1433	< 0,5	12,4	< 2	0,3	10	62	16	19	575	3	31	20	1	2,7	2	284	10,4	2,2	81
1441	0,6	8,5	2	0,3	9	62	20	33	710	< 2	37	28	< 1	2,7	5	293	10,6	3,5	108
1442	< 0,5	10,5	< 2	0,2	7	41	12	31	367	< 2	19	19	1	1,6	2	412	8,7	1,7	59
1444	0,6	9,9	< 2	0,2	9	42	10	15	454	2	20	17	1	2,9	3	231	8	2,7	59
1451	< 0,5	11,3	< 2	0,2	6	21	31	68	653	2	10	26	1	2,5	< 1	352	4,6	3,8	34
1452	< 0,5	34,7	3	0,1	27	103	27	50	1750	< 2	59	28	2	2	< 1	158	18,4	2,4	62
1453	< 0,5	19,4	3	0,2	19	95	24	54	857	3	44	31	2	2,5	< 1	192	16,5	3,4	116
1454	< 0,5	17,2	< 2	< 0,1	10	51	22	98	172	3	27	42	4	2,4	< 1	879	12,4	6,6	32
1461	< 0,5	49,4	2	0,2	20	71	17	52	706	4	38	49	3	0,5	< 1	147	15,1	7	74
1471	4,3	33,3	3	4,3	28	60	199	282	1260	2	39	> 5000	4	2,3	2	128	16,1	29,8	89
1751	< 0,5	7,8	2	0,2	9	63	12	12	385	3	32	17	< 1	1	4	171	10,3	4,3	96
1752	< 0,5	15,2	< 2	0,2	11	49	16	26	523	3	28	23	1	0,4	2	500	9,3	4	87
1753	< 0,5	15,3	< 2	0,2	11	65	15	27	527	2	30	24	2	1,5	1	189	10,9	4,2	66
1754	< 0,5	13,1	< 2	0,2	11	74	16	23	421	3	32	18	2	1,6	< 1	1350	10,4	3,5	48
1761	< 0,5	14,6	2	0,7	14	64	21	164	1090	3	42	28	1	2,1	< 1	189	11,7	4,3	56
1762	< 0,5	7,9	< 2	0,1	9	72	13	21	391	3	30	23	1	0,7	2	392	11	3	104
1763	< 0,5	12,8	< 2	0,2	9	66	15	19	318	< 2	28	17	1	1	< 1	469	10	4	41
1764	< 0,5	8,3	< 2	0,2	8	42	12	38	379	< 2	21	18	1	2,4	< 1	476	8,3	1,3	29
1771	0,5	12,9	< 2	0,3	8	60	14	13	428	2	26	21	1	0,9	4	428	9,1	2,2	92
1772	0,7	15,7	< 2	0,3	10	72	16	25	404	4	31	22	1	1,7	4	171	12,3	4,6	111
1773	< 0,5	13,9	< 2	0,2	9	57	13	14	285	2	24	20	< 1	2,2	3	429	9,6	3,1	87
1774	< 0,5	5,8	< 2	0,1	8	59	8	8	321	< 2	21	21	< 1	2,3	< 1	348	10,4	3,7	40
1781	< 0,5	10,7	< 2	0,4	7	41	13	93	304	3	19	18	1	0,7	< 1	310	8,6	3,5	58
1782	< 0,5	30,5	2	2,3	9	94	8	47	420	4	32	30	1	1,9	1	73	13,8	5,5	124
1783	< 0,5	9,3	< 2	0,3	10	62	14	37	398	2	26	23	2	0,9	1	543	10,4	3,1	69
1784	< 0,5	17,7	3	0,3	13	69	19	66	503	< 2	37	23	2	1,7	< 1	96	13,9	4,4	76
1785	< 0,5	8,6	< 2	0,2	6	31	9	19	244	2	16	18	< 1	1,7	2	445	5,8	2,3	45
1791	0,6	18,4	4	0,3	15	67	8	17	705	< 2	33	33	3	1,6	5	42	19,5	11,5	103
1792	0,6	65,5	3	1,1	22	103	62	16	396	8	79	58	5	1,8	3	210	19,6	14,2	240
1793	< 0,5	49,4	4	0,2	23	98	44	21	661	< 2	61	41	3	1,5	< 1	216	19,4	2,6	71
1794	< 0,5	11,5	< 2	0,4	10	85	17	29	469	3	30	30	1	0,4	< 1	373	12,9	4,8	64
1801	< 0,5	27,7	3	0,8	12	53	32	64	501	< 2	43	28	2	1,9	2	228	13,9	3,9	110
1802	< 0,5	38	3	0,6	18	73	19	35	988	< 2	49	58	2	1,5	5	157	17,7	3,9	114
1803	< 0,5	45,6	3	0,4	20	97	15	109	1490	< 2	40	33	1	1,5	3	230	11,6	2,6	127

Muestra	Contenido en elementos traza																		
	Ag (mg/kg)	As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (µg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Th (mg/kg)	U (mg/kg)	V (mg/kg)
1806	0,5	22,2	4	0,2	12	70	35	55	653	< 2	40	17	3	1,4	2	64	19,9	4,1	73
2072	0,6	8,8	< 2	0,2	6	42	17	13	307	< 2	17	20	< 1	0,5	1	553	7,1	4,1	52
2081	0,8	12,9	< 2	0,2	9	52	15	17	414	2	25	25	1	1,7	1	362	8,5	2,5	69
2082	< 0,5	11,8	< 2	< 0,1	9	62	14	12	359	3	26	21	< 1	0,5	< 1	384	9,2	2	60
2083	0,9	11,7	< 2	< 0,1	9	51	14	15	307	5	22	19	1	0,5	3	262	9,7	1,8	77
2084	< 0,5	10,6	< 2	0,2	8	39	23	20	335	3	19	25	< 1	0,4	1	705	7,9	3	61
2091	< 0,5	17,5	2	0,2	14	73	13	55	470	2	39	27	3	1,4	2	210	14,9	4,1	114
2092	< 0,5	11,6	< 2	0,2	9	49	19	21	449	< 2	25	20	1	0,7	< 1	241	9,3	1,8	33
2093	< 0,5	10,5	< 2	0,2	6	46	12	18	344	< 2	20	19	< 1	0,7	1	529	7,3	2	62
2094	< 0,5	10,8	< 2	0,3	8	48	9	25	344	4	22	22	1	2	1	723	7,9	2,6	56
2101	1,6	12,1	< 2	0,2	8	49	12	11	325	< 2	22	18	< 1	0,3	< 1	468	7,5	2,6	42
2102	< 0,5	10,4	< 2	0,2	7	42	8	25	306	< 2	21	17	1	0,5	< 1	268	9,6	2,8	36
2103	< 0,5	9,9	< 2	0,1	6	43	11	37	264	< 2	15	17	< 1	0,7	< 1	343	5,1	2,6	59
2104	< 0,5	16,3	< 2	0,2	12	68	17	33	591	3	35	20	2	0,2	< 1	337	12	4,3	41
2111	< 0,5	8,7	< 2	0,2	8	48	12	9	274	< 2	19	18	< 1	0,2	3	357	7,6	2,8	76
2112	< 0,5	9,4	< 2	0,3	8	60	14	12	206	2	24	27	< 1	1	3	733	9,6	3,4	88
2113	< 0,5	10,4	< 2	0,2	6	33	11	21	229	4	16	21	< 1	1,9	2	660	5,9	2,9	43
2114	0,5	21,7	< 2	0,3	17	95	18	46	511	< 2	30	18	1	1	2	108	6,8	2,8	98
2121	< 0,5	14,8	< 2	0,2	11	76	17	35	357	3	32	23	2	1,8	< 1	298	11	1,9	93
2122	< 0,5	17,3	2	0,2	11	72	12	12	308	2	32	21	< 1	0,1	1	313	13,3	5,4	43
2123	< 0,5	41,8	< 2	0,2	12	43	15	33	406	3	32	27	2	1	2	579	8,9	3,3	71
2124	< 0,5	8,4	< 2	0,3	5	34	6	15	226	< 2	13	19	< 1	0,05	1	699	6,4	2,6	46
2125	< 0,5	21,1	< 2	0,3	12	72	21	40	476	< 2	33	29	2	1,2	< 1	231	13,1	4	58
2131	< 0,5	29,1	< 2	< 0,1	5	23	4	14	126	< 2	6	14	< 1	0,9	< 1	28	8,8	4,4	40
2133	< 0,5	17,5	< 2	0,2	13	66	20	26	450	3	27	17	2	1,9	3	191	10,7	2,8	76
2134	0,6	18,6	2	0,2	9	76	16	25	521	3	34	16	2	0,6	2	114	13,1	2,6	106
2135	0,5	15,9	< 2	0,2	7	53	11	17	370	4	23	24	< 1	0,9	1	754	9,9	3,1	45
2452	< 0,5	10,4	< 2	0,3	8	44	17	28	418	3	24	26	1	0,6	2	467	9,8	3,1	74
2453	< 0,5	11,6	< 2	0,2	7	45	12	38	459	2	21	23	1	0,9	2	258	9	3,4	65
2461	< 0,5	13,9	< 2	0,2	8	56	12	9	310	4	25	25	1	0,5	1	383	10,4	3,7	71
2462	< 0,5	10,7	< 2	0,2	6	44	13	18	367	3	20	27	1	0,7	2	258	9,7	3,2	62
2463	< 0,5	10,4	< 2	0,2	6	34	12	15	335	< 2	17	17	1	0,4	2	341	8	2,1	57
2464	< 0,5	12	< 2	0,2	7	41	13	12	343	< 2	20	22	1	0,3	2	508	8,2	3,3	71
2471	1,7	9,1	< 2	0,3	6	37	17	22	398	3	19	35	1	0,7	3	463	8,3	2,9	68
2472	< 0,5	9,3	< 2	0,2	5	22	33	16	321	< 2	11	19	1	0,6	< 1	277	6,5	2,2	28
2473	< 0,5	12,1	< 2	0,3	5	23	11	24	394	3	14	19	1	1,7	< 1	297	6,1	1,6	40

Muestra	Contenido en elementos traza																		
	Ag (mg/kg)	As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (µg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Th (mg/kg)	U (mg/kg)	V (mg/kg)
2474	< 0,5	14,1	< 2	< 0,1	10	67	17	7	425	< 2	30	21	2	0,8	< 1	353	11,2	3,4	77
2475	< 0,5	11,2	< 2	0,2	7	42	14	10	352	< 2	20	19	1	1,9	2	320	8,9	2,6	45
2481	< 0,5	21,5	< 2	0,2	9	50	11	6	411	< 2	25	20	2	0,2	2	396	10,6	3,3	74
2482	< 0,5	12,8	< 2	0,2	9	52	13	139	484	< 2	24	12	1	0,7	2	179	10,7	2,8	80
2483	2,5	13,5	< 2	0,2	9	41	13	13	521	2	22	19	2	0,5	3	398	10,6	3,6	70
2484	< 0,5	16,8	< 2	0,3	10	48	16	15	483	3	24	21	2	0,7	2	593	11,3	3,6	77
2491	< 0,5	16,3	< 2	0,1	6	34	8	15	251	2	14	17	< 1	1	1	204	5,8	1,5	56
2492	< 0,5	9,1	< 2	0,1	9	44	14	15	379	3	21	18	1	0,7	1	212	8,1	2,2	56
2493	0,6	9,3	< 2	0,2	5	37	13	22	319	3	17	19	< 1	1,1	2	322	6,4	2,3	59
2494	< 0,5	10,3	< 2	0,2	7	37	12	14	506	3	19	20	2	1,9	1	419	8,3	3,6	56
2501	< 0,5	10,2	< 2	0,1	5	36	11	14	263	2	16	22	< 1	1	1	291	5,5	2,4	50
2502	0,7	8,7	< 2	< 0,1	4	24	5	9	196	4	9	18	< 1	1	3	247	8,1	2,9	37
2503	< 0,5	5,3	< 2	0,2	5	41	7	16	251	3	14	20	< 1	0,05	1	324	6,3	1,4	41
2504	< 0,5	9,2	2	0,2	8	47	13	25	426	< 2	23	16	< 1	1,2	2	250	7,1	2,5	69
2511	0,6	10,5	< 2	0,2	7	52	10	121	286	3	24	22	< 1	0,05	2	305	8,7	3,3	81
2512	< 0,5	7,5	< 2	0,1	3	31	4	16	79	< 2	8	15	< 1	1,2	1	793	3,8	1,8	35
2513	0,8	13,4	< 2	0,1	8	40	8	11	267	3	20	21	< 1	2	3	256	9,8	1,8	75
2514	< 0,5	10,6	< 2	0,2	10	68	21	20	509	3	36	23	< 1	0,6	2	345	9,9	1,9	96
2515	< 0,5	13,6	< 2	0,2	9	52	15	26	554	4	21	28	< 1	0,8	2	486	9,1	3,6	55
2832	< 0,5	9,6	< 2	0,1	7	46	12	7	373	3	22	21	1	0,1	2	714	7,1	3,4	70
2841	< 0,5	11,5	< 2	0,2	7	46	12	19	356	4	22	25	1	0,2	2	316	7	2,8	79
2842	0,5	9,8	< 2	0,3	6	43	11	12	307	2	17	13	1	1,2	1	424	7,1	1,7	55
2843	< 0,5	11,9	< 2	0,2	10	61	13	16	362	4	27	17	2	2,5	4	519	9,3	3,3	101
2844	< 0,5	14,5	< 2	0,2	9	55	9	11	381	< 2	24	12	1	0,9	2	480	8,6	3,3	55
2851	0,5	7,4	< 2	0,2	6	30	9	20	302	4	13	18	1	1	1	237	6,4	2,2	39
2852	< 0,5	11,3	< 2	0,4	7	40	29	10	392	< 2	17	26	1	2,4	2	726	7	3	58
2853	< 0,5	31,8	< 2	0,4	11	58	19	22	429	5	26	28	2	1,8	4	517	11,2	1,5	94
2854	< 0,5	9	< 2	0,3	5	30	8	15	289	3	11	19	1	1,6	< 1	256	6,4	2,1	33
2861	< 0,5	21	< 2	0,2	11	54	16	16	485	5	30	22	2	2,1	2	326	13,3	5,7	92
2862	< 0,5	12,5	< 2	0,3	8	46	15	16	434	2	21	19	2	1,1	< 1	304	11,1	3,2	46
2863	< 0,5	12,1	< 2	0,4	8	40	23	19	447	3	20	23	2	0,8	< 1	309	9,7	4	64
2864	< 0,5	8,9	< 2	0,3	6	33	10	19	440	< 2	18	17	1	1	< 1	269	7,1	2,2	43
2871	< 0,5	20,2	< 2	0,3	12	69	14	10	489	3	30	25	2	1,1	4	330	12,2	3,6	94
2872	< 0,5	13,6	< 2	0,2	10	52	14	15	502	3	23	17	2	1,4	2	218	9,8	3,4	73
2873	< 0,5	18,3	< 2	0,3	12	60	23	16	607	< 2	32	25	3	1,8	2	285	12,6	3,3	80
2874	< 0,5	34,3	2	0,5	14	75	52	11	570	< 2	39	22	3	2,1	3	452	15,1	3	112

Muestra	Contenido en elementos traza																		
	Ag (mg/kg)	As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (µg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Th (mg/kg)	U (mg/kg)	V (mg/kg)
2881	0,9	20,9	< 2	0,3	13	67	23	15	562	2	33	24	3	1,2	2	152	13,3	3,1	91
2882	< 0,5	18,3	< 2	0,5	10	49	19	21	580	< 2	24	20	2	1,8	2	172	10	3,1	77
2883	< 0,5	3,7	< 2	0,2	66	170	128	< 5	1110	3	122	14	< 1	2,2	< 1	142	1,5	< 0,5	221
2884	0,7	14,4	< 2	0,4	10	52	20	72	536	3	25	24	2	1,6	2	202	9,1	2,7	84
2891	< 0,5	10,6	< 2	0,2	7	33	13	16	394	2	18	18	1	1,4	1	143	6,5	2,3	50
2892	< 0,5	8,4	< 2	0,2	10	70	20	21	357	2	36	24	< 1	3	2	299	8,5	3,7	61
2893	< 0,5	12,2	< 2	0,2	7	29	10	28	424	2	17	19	< 1	1,5	2	220	7,3	1,9	49
2894	< 0,5	15,9	< 2	0,2	16	104	19	12	437	4	34	23	1	1,6	2	242	12,6	2,9	86
2895	< 0,5	14,6	< 2	0,2	10	56	25	17	496	3	26	18	2	0,3	1	154	9,8	2,3	77
3203	< 0,5	4,8	< 2	< 0,1	2	11	4	< 5	98	< 2	5	12	< 1	0,6	< 1	3660	2,3	3,1	16
3204	< 0,5	17	< 2	0,2	10	34	9	17	175	< 2	17	18	1	1,5	2	188	8,5	3,2	38
3211	< 0,5	18,1	< 2	0,1	7	30	14	< 5	248	3	15	20	1	3	3	1930	7,8	< 0,5	53
3212	< 0,5	8	< 2	0,2	7	54	27	5	315	3	21	25	1	2,5	3	701	8,2	2	80
3213	< 0,5	8,6	< 2	0,2	7	34	20	8	223	5	17	21	1	1	3	1560	7,3	< 0,5	59
3214	0,5	12,7	2	< 0,1	11	55	11	9	317	3	27	12	1	2,1	5	467	12,4	11,9	90
3221	0,8	14	2	0,4	9	52	13	23	415	< 2	22	16	1	1,3	2	310	7,9	2,9	71
3222	< 0,5	29,6	2	0,3	17	60	18	19	396	5	29	26	2	0,9	5	310	11,5	2,2	95
3223	< 0,5	7,6	< 2	0,1	3	23	8	17	175	3	10	17	1	2,6	2	3830	4,1	< 0,5	38
3224	< 0,5	12	< 2	0,2	5	23	7	28	332	< 2	13	26	< 1	1,8	2	216	5,8	1,3	43
3225	< 0,5	7,5	< 2	0,3	3	18	6	58	253	< 2	9	11	< 1	0,9	1	194	3	1	40
3231	< 0,5	13,1	< 2	0,2	5	26	8	11	274	3	12	21	< 1	2,1	1	470	6,4	1,6	36
3232	< 0,5	12,6	< 2	0,2	7	40	12	18	344	3	18	45	1	1,3	1	381	7,8	3,6	41
3233	< 0,5	8,3	< 2	0,3	7	38	7	22	320	3	18	16	< 1	2,4	3	519	6,2	1,6	67
3241	0,7	19,7	< 2	0,2	10	48	15	15	515	< 2	28	20	2	0,9	3	469	11	3,8	95
3242	0,9	14,1	< 2	0,3	9	50	14	11	493	< 2	26	17	2	1,8	2	212	10,6	1,6	55
3243	< 0,5	21,6	< 2	0,2	9	44	23	10	455	4	24	19	2	2	3	403	10,4	5	77
3244	< 0,5	5,6	< 2	0,2	8	50	11	9	327	2	21	12	1	1,1	3	859	9,2	3,7	79
3251	< 0,5	19,4	2	0,3	12	77	48	6	489	3	39	24	2	2,9	4	395	13,5	4,4	135
3252	0,6	13,9	< 2	0,2	8	42	20	16	494	2	23	19	2	1,5	3	278	10,6	1,5	69
3253	< 0,5	13	< 2	0,2	7	33	11	15	413	< 2	19	16	2	2,2	1	197	10,8	3,5	46
3254	< 0,5	29	3	0,2	14	77	33	8	389	< 2	44	30	4	0,5	2	901	16,3	7,8	79
3261	< 0,5	23,7	< 2	0,3	11	54	21	18	585	< 2	33	23	3	0,3	1	185	12,6	2	70
3262	< 0,5	19,6	< 2	0,4	8	41	29	18	547	< 2	23	20	2	2,1	< 1	199	9,1	2,6	67
3263	< 0,5	25,8	2	0,4	16	69	28	23	721	< 2	38	25	4	1,7	1	202	14,1	2,7	58
3264	0,9	16,3	< 2	0,3	7	33	16	14	501	3	23	21	2	1,6	3	132	9,4	1,2	68
3271	< 0,5	16	< 2	0,4	9	41	31	24	522	< 2	29	45	2	1,2	3	253	10,2	2,5	84

Muestra	Contenido en elementos traza																		
	Ag (mg/kg)	As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (µg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Th (mg/kg)	U (mg/kg)	V (mg/kg)
3274	0,9	10,5	2	0,3	8	40	16	21	369	< 2	22	12	1	1,2	2	603	7,8	2,6	68
3521	0,8	11,4	2	0,2	10	54	21	27	377	3	35	33	2	1,9	5	132	10,2	2,1	73
3522	< 0,5	10,1	< 2	0,2	8	45	20	50	391	2	22	45	< 1	0,9	< 1	238	9,6	2,1	56
3523	< 0,5	32,5	< 2	0,1	11	38	25	40	573	4	22	23	2	2,1	7	184	8,5	1,5	51
3524	< 0,5	8,7	3	0,1	14	61	23	79	361	3	36	13	2	1,3	1	55	12,6	5,3	37
3531	< 0,5	17,9	< 2	0,2	8	32	17	18	272	< 2	17	21	1	2,4	2	494	8,7	3,9	39
3532	0,5	17,3	< 2	0,2	7	31	12	17	313	< 2	16	20	1	0,8	2	343	8,7	2	43
3533	0,5	5,6	< 2	0,1	5	19	7	15	174	2	10	14	< 1	1	1	339	8,1	3,9	21
3534	< 0,5	16,3	< 2	< 0,1	9	47	13	14	373	< 2	23	19	1	0,9	3	1070	8	1,5	71
3541	< 0,5	11,8	< 2	< 0,1	4	21	7	6	132	3	9	12	< 1	0,9	2	3080	4,2	1,6	32
3542	0,5	18,3	< 2	0,3	7	35	14	21	313	4	17	24	2	0,6	3	680	8,2	2	56
3543	< 0,5	6,5	< 2	< 0,1	3	10	4	15	67	3	4	15	< 1	1,9	< 1	3020	1,7	< 0,5	15
3544	< 0,5	25,8	< 2	0,2	9	38	13	24	245	5	17	18	2	1,6	3	2580	6,6	1,8	57
3545	0,9	7,7	< 2	0,2	6	20	8	30	162	3	9	20	1	1,3	1	296	9,2	< 0,5	27
3551	< 0,5	10,4	< 2	< 0,1	7	30	20	15	355	< 2	14	15	1	0,8	< 1	375	6,7	1,7	42
3552	0,7	26,4	< 2	0,2	8	41	15	27	321	< 2	19	16	1	1,5	2	991	7,1	1,4	64
3553	0,5	14,5	< 2	0,1	6	29	10	17	311	< 2	13	18	1	0,8	2	1350	5,6	< 0,5	43
3554	1	14,6	< 2	0,2	6	28	7	17	288	< 2	13	17	1	0,8	2	1000	6	1,3	43
3561	0,9	17,3	< 2	< 0,1	7	36	12	10	369	< 2	20	17	2	0,7	1	366	8,2	1,9	61
3562	< 0,5	21,6	2	0,2	13	61	22	7	593	< 2	35	23	2	0,8	2	293	12,1	2,5	98
3563	< 0,5	39	3	0,4	19	91	45	< 5	667	4	50	28	4	0,7	3	263	17,5	6,9	138
3564	< 0,5	15,8	< 2	0,1	7	41	11	27	461	< 2	15	14	1	1,2	3	313	8,7	4,2	52
3571	< 0,5	27,9	3	< 0,1	19	93	41	5	503	4	50	30	4	1	4	219	17,1	< 0,5	144
3572	< 0,5	21,3	2	0,3	16	70	23	10	615	< 2	43	27	4	1,2	3	341	15	4,3	106
3573	0,9	17,8	3	0,2	19	87	27	13	524	< 2	46	26	5	0,8	2	306	15,9	5,7	97
3574	0,6	16,1	< 2	0,1	10	51	18	14	512	< 2	25	19	2	1,1	2	358	12	3,2	57
3581	< 0,5	24,4	2	0,3	17	69	27	18	619	< 2	42	29	4	1	2	314	15,4	4,2	92
3582	0,8	30	3	0,2	18	85	35	9	636	4	45	27	5	0,9	4	630	17,4	6,3	147
3584	0,6	13,1	< 2	0,1	9	42	15	7	449	< 2	24	22	2	0,8	2	251	11,1	3,6	70
3811	0,9	12,4	< 2	< 0,1	10	45	18	52	458	< 2	26	19	1	0,5	2	82	11,6	4,4	56
3812	0,7	10,2	< 2	< 0,1	6	22	11	73	190	< 2	15	14	< 1	0,9	< 1	403	4,7	1,9	29
3813	< 0,5	14,2	2	< 0,1	7	32	5	18	280	3	17	10	2	0,5	2	119	11,6	4,3	35
3814	0,8	10,5	< 2	< 0,1	6	27	19	31	323	2	14	18	1	1	2	108	10,4	2,8	34
3821	< 0,5	16,1	< 2	0,4	11	42	13	29	419	< 2	23	23	2	1,1	1	93	8,6	3,3	52
3822	0,9	10,2	< 2	< 0,1	6	21	5	21	168	< 2	8	14	< 1	2,1	1	266	5,3	1,6	23
3823	< 0,5	6,6	< 2	0,1	6	32	10	47	177	< 2	14	12	2	0,6	< 1	319	7,3	2,8	32

Muestra	Contenido en elementos traza																		
	Ag (mg/kg)	As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (µg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Th (mg/kg)	U (mg/kg)	V (mg/kg)
3824	< 0,5	8,6	< 2	0,6	5	30	16	23	321	< 2	15	14	< 1	1,3	1	204	7,5	2,5	22
3831	0,8	9,1	< 2	< 0,1	9	28	14	15	356	< 2	16	17	1	0,8	2	645	8,1	1,5	43
3832	< 0,5	13,6	< 2	< 0,1	8	21	6	5	109	< 2	8	11	1	0,7	1	2990	3,5	2,6	27
3833	0,8	10,2	< 2	< 0,1	7	13	6	13	58	< 2	5	7	< 1	0,7	< 1	4640	2,8	< 0,5	18
3834	0,7	11,2	< 2	0,4	4	24	25	27	195	2	13	12	1	0,9	< 1	655	6,1	1,7	33
3841	1	14,6	< 2	0,2	9	27	9	12	206	< 2	12	18	1	0,5	2	984	5	< 0,5	40
3842	< 0,5	8,4	< 2	< 0,1	7	5	3	6	66	< 2	4	6	< 1	0,6	< 1	4740	1	< 0,5	12
3843	< 0,5	18,3	< 2	< 0,1	8	29	8	15	181	< 2	9	10	1	0,3	2	1510	5,1	2,6	32
3844	< 0,5	19,4	< 2	< 0,1	8	23	8	14	149	< 2	9	8	1	0,5	2	4670	4,3	2,5	31
3851	0,5	20,9	< 2	< 0,1	10	40	12	12	310	< 2	17	40	2	0,7	2	1700	7,1	3,1	60
3852	0,5	20,9	< 2	< 0,1	10	39	12	15	376	< 2	17	15	1	0,8	2	648	7,1	2,5	56
3853	0,7	24	< 2	< 0,1	13	52	14	15	417	< 2	20	14	1	0,9	1	876	8	2,7	61
3854	< 0,5	8	< 2	< 0,1	7	12	2	6	64	< 2	4	< 5	< 1	0,4	< 1	7850	1,5	2,8	14
3861	0,6	15,7	2	< 0,1	14	51	18	8	475	< 2	33	18	3	0,4	1	161	11,4	3,8	51
3862	1,2	18,3	< 2	0,6	9	54	45	28	637	3	26	46	3	0,7	2	242	10,7	4	83
3863	1,3	16,5	< 2	0,3	6	37	17	31	551	< 2	18	31	2	0,7	2	280	7,7	2,9	55
3864	0,8	17,3	< 2	0,1	10	53	22	11	486	< 2	31	14	3	0,7	3	1100	12,5	6,8	104
3871	0,9	21,6	2	0,4	11	63	23	25	552	< 2	30	19	4	1,7	< 1	360	11	4,7	47
3873	0,6	15,4	2	0,3	8	46	17	31	392	< 2	20	18	2	1,2	3	229	8,9	3,3	67
3874	< 0,5	23,6	2	0,6	12	58	61	14	590	2	33	15	3	0,9	3	294	11,4	4	102
4082	< 0,5	14,9	3	< 0,1	20	99	36	34	1140	< 2	44	36	< 1	0,9	2	122	19,5	5,5	100
4083	0,7	6,1	< 2	< 0,1	9	48	17	7	215	< 2	25	21	1	1	< 1	74	16,3	4,6	31
4084	< 0,5	8,7	< 2	< 0,1	6	32	11	14	266	< 2	16	21	1	0,7	< 1	60	16,4	4,2	29
4091	< 0,5	8,8	< 2	< 0,1	7	38	11	15	323	< 2	16	16	1	0,7	< 1	100	11,2	2,9	19
4092	< 0,5	7,2	2	< 0,1	10	105	14	93	724	< 2	36	24	2	0,4	< 1	93	24	5,5	34
4093	< 0,5	9,4	< 2	< 0,1	7	43	12	29	277	< 2	18	9	2	0,7	< 1	350	12,3	5,4	28
4094	1,3	8,4	< 2	< 0,1	7	43	19	130	336	< 2	17	12	2	0,7	2	152	12,3	2,9	49
4101	1,3	8,4	< 2	< 0,1	4	23	4	167	458	2	14	18	3	0,9	4	246	10,3	3,9	38
4102	1,3	38,2	3	< 0,1	14	67	47	411	1050	< 2	37	41	17	0,5	1	116	17,1	4,5	59
4103	1,4	37,8	< 2	< 0,1	11	57	55	362	634	< 2	22	40	19	0,8	3	137	14,1	4	65
4104	< 0,5	11,7	2	0,3	8	37	22	22	393	2	22	23	3	0,6	< 1	99	9,1	2,3	22
4105	0,8	12,9	2	< 0,1	11	60	19	22	618	< 2	25	19	4	0,9	2	70	19	4,1	70
4106	< 0,5	8,1	3	< 0,1	14	66	13	28	456	< 2	32	11	2	0,6	1	42	16,5	3,2	63
4111	0,9	10,1	< 2	< 0,1	5	21	9	14	279	< 2	10	14	3	0,8	< 1	205	7,4	2,5	23
4112	0,7	13,6	< 2	< 0,1	6	30	8	16	235	< 2	12	13	2	0,6	< 1	548	9,5	3	27
4113	< 0,5	16,8	< 2	< 0,1	7	39	13	29	254	< 2	16	18	2	0,8	2	2440	8,4	3,2	51

Muestra	Contenido en elementos traza																		
	Ag (mg/kg)	As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (µg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Th (mg/kg)	U (mg/kg)	V (mg/kg)
4114	< 0,5	9,5	< 2	< 0,1	9	50	19	8	462	< 2	21	13	2	1	< 1	537	12,6	4,5	23
4115	0,8	14,9	< 2	< 0,1	8	35	14	26	331	< 2	19	20	3	0,8	1	96	12,2	3,5	23
4121	0,5	18	< 2	0,1	9	51	21	18	346	< 2	21	17	2	1,3	3	1260	9,4	3,3	66
4122	< 0,5	4,6	< 2	< 0,1	2	7	2	5	46	< 2	3	5	< 1	0,8	< 1	3890	1,5	1,3	11
4123	< 0,5	3,5	< 2	< 0,1	3	9	6	7	66	< 2	3	7	< 1	0,9	< 1	3040	1,9	1,1	11
4124	1	11,5	< 2	< 0,1	6	17	5	11	156	< 2	9	10	1	0,9	1	1480	6,1	2,7	29
4131	0,7	13,6	< 2	< 0,1	11	41	11	20	341	< 2	18	15	1	1,2	2	902	7,4	3	52
4132	1,3	14,4	< 2	< 0,1	9	30	6	7	169	< 2	14	15	< 1	0,5	3	1650	7,1	3,4	44
4133	0,8	12,1	< 2	< 0,1	9	27	9	8	262	< 2	12	13	1	0,5	1	857	8,3	3,8	34
4134	< 0,5	16,5	< 2	< 0,1	8	24	9	10	159	< 2	10	11	< 1	0,5	1	2470	4,6	2,2	33
4135	0,6	21,5	< 2	< 0,1	11	43	13	18	316	< 2	18	13	1	0,5	1	1970	7,7	4,1	46
4136	< 0,5	19	< 2	< 0,1	8	33	11	14	266	< 2	14	13	< 1	0,8	1	2930	5,9	5,2	40
4141	0,6	12,3	< 2	< 0,1	11	55	15	18	514	< 2	19	19	1	0,8	3	911	8,3	2,9	54
4142	0,8	12	< 2	< 0,1	6	29	7	16	304	< 2	10	14	1	0,9	2	642	6,2	2,5	34
4143	< 0,5	6	< 2	< 0,1	3	19	8	31	190	< 2	7	19	< 1	0,9	< 1	263	4,9	2,2	22
4144	0,9	10,9	< 2	< 0,1	5	28	10	215	262	< 2	11	17	< 1	1,4	< 1	503	5,5	1,4	31
4151	< 0,5	18,5	2	0,2	12	55	18	9	682	< 2	35	20	4	1,4	3	231	11,8	5,7	65
4154	0,9	14,8	< 2	< 0,1	8	32	32	18	292	< 2	14	10	1	0,6	1	519	8,1	3,2	30
4361	1,8	11,4	< 2	< 0,1	20	46	23	14	624	< 2	25	53	2	0,5	2	194	7,7	3,9	59
4362	< 0,5	12,9	< 2	< 0,1	10	36	10	13	279	< 2	16	17	2	0,8	< 1	126	9,7	2	20
4363	1,7	8,5	< 2	< 0,1	7	22	6	12	172	< 2	9	8	1	0,7	2	76	8,2	2,8	26
4371	0,9	25,9	2	< 0,1	14	63	20	465	454	< 2	26	23	2	0,6	2	170	15,1	5,1	67
4372	< 0,5	12,4	< 2	< 0,1	12	44	17	26	282	< 2	19	17	2	1,1	2	2680	8,6	6,1	46
4373	< 0,5	11,3	< 2	< 0,1	13	53	18	10	448	< 2	23	15	2	0,4	< 1	141	13,5	4,3	39
4374	0,5	12,8	2	< 0,1	17	64	23	36	424	< 2	28	22	2	0,5	< 1	138	13,9	4,8	26
4381	0,5	7,1	< 2	< 0,1	8	29	7	20	246	< 2	12	9	2	1,2	< 1	94	7,1	1,6	8
4382	0,9	12,1	< 2	< 0,1	6	19	13	55	772	< 2	8	25	3	1,4	2	169	8,2	3,1	24
4383	0,7	6,8	< 2	< 0,1	8	38	13	15	275	< 2	14	11	1	0,4	< 1	114	6,6	< 0,5	18
4384	0,8	12	3	< 0,1	17	83	35	42	342	3	38	18	2	0,2	< 1	289	15,9	4	153
4391	0,9	27,5	2	< 0,1	13	58	27	37	311	2	30	26	4	0,2	< 1	75	12,6	4	34
4392	1,5	17,4	< 2	< 0,1	9	32	10	21	260	< 2	13	17	2	1,2	2	166	8,7	3	40
4393	1,1	28,1	< 2	< 0,1	10	31	11	27	263	< 2	16	18	3	0,8	< 1	117	7,6	3,5	46
4394	< 0,5	26	3	< 0,1	14	73	37	25	444	2	38	22	3	2,2	< 1	96	18,6	7,3	41
4401	< 0,5	13,6	< 2	< 0,1	7	33	9	52	274	3	15	9	2	1	1	179	9,2	4,5	30
4402	< 0,5	11,1	< 2	0,1	4	14	6	17	91	2	7	9	< 1	2,2	1	871	5,3	3,2	24
4403	< 0,5	11,4	< 2	< 0,1	7	39	13	8	293	2	18	10	2	0,4	2	2750	7,4	5,2	54

Muestra	Contenido en elementos traza																		
	Ag (mg/kg)	As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (µg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Th (mg/kg)	U (mg/kg)	V (mg/kg)
4404	1,1	13,3	< 2	0,2	7	29	19	46	334	3	16	25	2	1,2	< 1	290	8,4	4,6	45
4411	2,4	5,2	< 2	0,1	5	22	16	30	112	< 2	12	5	< 1	1,2	2	1440	4,6	3,1	34
4412	< 0,5	6,9	< 2	0,1	3	16	17	23	176	< 2	7	6	< 1	0,3	1	369	4,6	4,4	22
4413	0,7	9,5	< 2	0,1	4	25	6	15	179	3	10	9	< 1	0,6	2	1010	6,4	2,9	29
4414	< 0,5	10,6	< 2	0,1	3	12	5	17	98	4	6	< 5	< 1	1,5	1	1080	4	2,6	22
4421	0,8	8,8	< 2	0,2	5	22	9	30	319	2	9	17	< 1	0,9	2	307	6	3,8	27
4422	< 0,5	9	< 2	0,1	4	25	5	13	155	4	8	< 5	< 1	1,4	2	3120	4,7	3	29
4423	< 0,5	13,5	< 2	< 0,1	5	19	5	6	115	< 2	11	10	< 1	1,8	2	1910	4,1	< 0,5	32
4424	< 0,5	5,9	< 2	0,1	4	21	7	11	154	2	7	7	< 1	2	2	642	4,6	3,7	22
4431	0,7	7,4	< 2	0,2	4	16	6	11	175	< 2	7	11	< 1	0,8	4	405	5,2	2,3	23
4434	0,6	8,8	< 2	0,2	4	26	7	9	242	< 2	10	10	< 1	1,4	< 1	406	8,7	3,1	21
4641	0,8	10,5	3	< 0,1	13	78	19	251	429	2	25	15	4	0,7	3	93	19	6,2	81
4642	1	17,1	3	0,3	14	66	26	31	444	3	32	28	1	1	4	63	13,4	3	77
4643	< 0,5	17	< 2	0,2	8	41	17	39	314	3	17	23	2	1,4	2	85	14,2	4	43
4644	0,8	13,6	< 2	0,1	6	22	8	11	282	< 2	9	9	< 1	1,6	4	191	13,1	6,1	32
4645	1,5	12	2	0,1	7	26	10	8	152	3	8	26	< 1	0,9	4	107	16,2	4,5	35
4651	0,7	14,5	2	< 0,1	17	86	31	58	399	3	40	20	2	1,6	4	70	24,6	5	99
4652	0,6	17	3	0,2	19	75	31	22	362	3	37	21	6	1,2	4	93	21,3	4,3	80
4653	1	12,8	< 2	0,1	11	46	22	19	501	3	19	18	3	0,5	3	76	18,4	3,7	49
4654	1	8,3	2	0,1	19	67	27	86	493	< 2	37	22	2	0,6	4	84	29,4	8,8	89
4661	1	39,6	2	0,2	17	85	24	78	796	3	32	204	3	0,7	4	97	21,9	5,6	101
4662	< 0,5	12,1	< 2	0,1	10	32	13	11	299	< 2	15	9	1	0,7	1	153	13,4	3,8	40
4663	< 0,5	13,4	< 2	0,2	7	59	10	19	208	< 2	15	9	< 1	2,2	2	226	8,6	3,8	41
4664	0,9	11,9	3	< 0,1	23	122	32	140	520	3	47	36	< 1	1	4	156	30,1	6,1	152
4671	< 0,5	17,2	< 2	0,2	11	60	21	49	390	2	24	22	2	0,9	3	309	9,8	< 0,5	70
4672	< 0,5	5,5	< 2	< 0,1	3	14	7	7	100	< 2	5	< 5	< 1	0,4	2	1030	4,7	3,1	21
4673	< 0,5	8,3	< 2	0,2	6	30	13	47	248	< 2	10	14	< 1	1,8	2	109	5,1	2,6	32
4674	< 0,5	11,6	< 2	0,1	6	28	9	13	241	< 2	12	7	1	1,3	2	464	4,4	2,5	38
4681	< 0,5	11,4	< 2	< 0,1	7	38	7	< 5	206	3	13	14	1	0,7	4	871	10,9	3,9	49
4682	< 0,5	9,6	< 2	0,1	4	22	6	10	177	< 2	8	10	< 1	1,3	2	284	6,7	3,3	26
4683	0,6	12,2	< 2	< 0,1	6	30	11	< 5	184	2	11	13	< 1	1,1	3	1130	6,8	4,3	37
4684	1,1	13,4	< 2	0,2	7	33	15	18	409	< 2	15	19	1	1	2	160	10,1	4,3	43
4691	< 0,5	5,2	< 2	< 0,1	3	20	9	5	135	< 2	7	< 5	< 1	1,2	2	1130	5,5	2,6	23
4692	0,6	16,2	< 2	0,2	6	40	8	10	218	< 2	15	11	1	0,9	4	1800	7,7	3,4	48
4693	< 0,5	5,4	< 2	< 0,1	4	27	6	13	98	< 2	8	9	< 1	1,2	2	2470	5,9	3,7	25
4694	< 0,5	9,3	< 2	0,1	4	20	6	21	174	< 2	10	12	< 1	1	< 1	261	8	2,9	28

Muestra	Contenido en elementos traza																		
	Ag (mg/kg)	As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (µg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Th (mg/kg)	U (mg/kg)	V (mg/kg)
4701	< 0,5	13,2	< 2	0,1	6	35	7	8	200	2	13	7	< 1	1,5	3	612	9	4,8	43
4902	1,1	12,4	< 2	0,2	10	41	13	20	398	3	19	18	2	0,9	2	57	17,5	6,2	44
4903	0,7	12	< 2	0,2	8	37	17	32	375	< 2	20	17	2	0,8	2	66	11,2	< 0,5	51
4911	1,4	8,3	2	0,1	13	61	24	35	625	< 2	27	18	2	1,4	3	71	25,5	6,7	72
4912	0,7	10,8	< 2	< 0,1	16	38	12	13	834	< 2	15	12	< 1	1,5	2	195	10	< 0,5	35
4913	0,6	11,7	< 2	0,1	7	32	11	18	220	< 2	11	12	1	1,6	2	363	10,1	3,8	34
4914	0,5	10,9	< 2	0,1	5	29	11	23	197	< 2	13	7	< 1	1,1	2	159	6,4	2,3	26
4915	0,7	13,9	< 2	0,3	8	40	18	44	495	4	25	25	1	0,7	3	58	11,7	3,6	49
4921	0,8	19,4	2	< 0,1	15	63	25	25	520	3	29	21	3	1,4	3	54	16,8	3,1	55
4922	0,6	6,7	< 2	0,1	8	39	13	17	344	< 2	13	< 5	3	0,4	< 1	196	11,1	3,4	26
4923	< 0,5	19,1	3	0,2	18	104	29	68	995	3	46	23	2	0,7	2	122	16,9	4,6	87
4924	0,8	6,8	< 2	0,1	5	23	11	32	216	< 2	11	9	2	0,05	1	42	7,8	2,4	17
4925	< 0,5	2,4	< 2	0,1	4	27	8	20	114	< 2	6	< 5	< 1	1,4	1	596	4	7,7	79
4931	< 0,5	15,9	< 2	0,2	6	31	10	13	209	< 2	14	10	1	0,4	1	247	7,5	2,6	28
4932	0,7	6,7	< 2	0,1	5	26	8	5	197	< 2	8	7	1	0,05	2	1410	9,1	2,7	23
4933	1	13,3	2	< 0,1	11	35	11	12	209	2	13	20	1	0,05	3	92	14,9	5,7	27
4934	0,9	16	2	< 0,1	16	74	39	40	993	2	42	19	2	0,05	3	94	10	3,6	114
4941	0,6	14	< 2	0,3	6	32	11	20	288	< 2	15	19	1	0,3	2	163	9	3,4	23
4942	< 0,5	8,4	< 2	< 0,1	5	24	8	10	202	< 2	10	10	< 1	0,05	< 1	311	7,1	3,1	13
4943	0,5	7,8	< 2	< 0,1	4	21	7	12	143	2	8	32	< 1	0,02	2	198	6,2	1,8	27
4944	0,6	8,2	< 2	< 0,1	4	25	9	14	220	< 2	10	24	< 1	0,05	2	208	7,2	2,6	19
4951	< 0,5	7,6	< 2	0,1	4	23	7	10	154	< 2	8	10	< 1	0,05	2	276	7,4	2	27
4952	< 0,5	9,2	< 2	0,1	4	25	8	7	178	< 2	10	6	< 1	0,3	2	246	5,5	2	29
4953	< 0,5	5,5	< 2	< 0,1	3	16	6	7	173	< 2	6	7	< 1	0,05	1	254	5,9	1,6	22
4954	0,6	18	2	0,1	9	46	11	5	228	< 2	19	14	< 1	0,5	7	400	9,2	3,7	59
4961	0,6	7,9	< 2	< 0,1	3	15	7	< 5	184	< 2	7	6	< 1	0,05	1	222	6,1	2,8	17
4964	< 0,5	13,6	< 2	0,2	6	27	8	11	275	< 2	12	9	< 1	0,4	2	105	4,7	2,2	33
5161	< 0,5	18,2	< 2	0,3	9	46	12	40	433	< 2	18	18	< 1	0,4	1	118	8,3	3,5	37
5162	0,9	13	< 2	0,2	6	37	9	15	211	< 2	12	14	2	0,05	2	94	7,1	2,1	34
5163	0,6	16,9	< 2	0,3	10	53	14	38	436	< 2	17	26	1	0,05	2	83	9,7	3,7	48
5164	< 0,5	10,6	< 2	0,2	5	24	8	16	204	< 2	8	10	1	0,1	< 1	108	5,7	3,2	22
5171	< 0,5	8	< 2	0,2	5	38	15	11	393	2	19	16	< 1	0,05	< 1	102	10,4	3,6	37
5172	0,7	10,7	< 2	< 0,1	10	53	7	< 5	46	< 2	9	23	< 1	0,4	3	45	16,4	4,9	19
5173	< 0,5	11,4	< 2	0,6	7	22	12	24	204	< 2	16	22	< 1	1,1	< 1	223	13,9	3,8	39
5174	1	14,3	< 2	0,2	10	47	13	9	259	< 2	16	21	< 1	0,05	2	46	16	3,8	41
5181	1,2	6,2	< 2	0,3	6	31	12	19	273	2	21	26	< 1	0,05	3	63	12,7	3,7	26

Muestra	Contenido en elementos traza																		
	Ag (mg/kg)	As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (µg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Th (mg/kg)	U (mg/kg)	V (mg/kg)
5182	< 0,5	10,9	< 2	< 0,1	7	24	7	12	255	< 2	7	7	< 1	0,05	< 1	108	13	6,3	23
5183	< 0,5	15,2	2	< 0,1	13	49	14	18	226	< 2	19	30	1	0,05	2	44	17,8	6,8	20
5184	< 0,5	6,6	2	< 0,1	5	31	14	9	194	< 2	25	20	< 1	0,05	1	155	4	3,2	41
5191	0,8	18,4	2	< 0,1	9	68	14	10	174	< 2	17	18	1	0,05	2	132	16,5	4,6	21
5192	< 0,5	8,4	2	< 0,1	4	17	7	< 5	490	< 2	11	9	< 1	0,05	2	145	7,8	2	43
5193	< 0,5	9,4	< 2	0,2	5	19	14	< 5	343	< 2	18	15	< 1	0,05	2	231	9,6	< 0,5	36
5194	< 0,5	17,7	< 2	< 0,1	7	32	9	15	289	< 2	15	15	< 1	0,8	2	309	5	1,5	35
5201	< 0,5	8,5	< 2	0,2	3	24	4	26	187	< 2	11	15	< 1	1,6	1	105	6,6	1,6	30
5202	< 0,5	22,8	2	0,3	7	30	11	27	424	2	20	25	1	0,7	2	93	9,5	2,2	51
5203	< 0,5	28,3	2	0,4	9	35	18	26	564	< 2	22	29	1	1,3	3	86	9,2	3	67
5211	< 0,5	19,7	3	0,6	9	59	14	98	1100	< 2	39	50	1	1	< 1	74	10,2	2,8	53
5403	< 0,5	15,4	< 2	0,4	14	36	15	12	251	< 2	43	7	< 1	0,1	< 1	82	4,4	2,6	39
5411	< 0,5	13,6	< 2	0,4	9	46	21	60	529	3	22	27	1	0,6	4	86	10,6	3,2	57
5412	< 0,5	10,8	< 2	0,2	5	36	10	28	265	2	15	29	< 1	0,4	1	165	5,1	1,7	37
5413	< 0,5	13	< 2	0,2	5	33	13	13	347	< 2	14	13	1	0,02	< 1	114	8,9	2,6	21
5414	< 0,5	16,1	< 2	0,2	6	48	8	19	267	< 2	18	15	< 1	0,2	1	152	5	1,6	40
5421	< 0,5	10,2	< 2	0,1	4	12	6	7	294	2	6	12	< 1	0,05	< 1	40	6,7	3,1	4
5422	0,6	14,4	< 2	0,2	8	42	11	17	271	< 2	18	10	1	0,1	3	135	8,2	2,2	51
5423	< 0,5	10,3	< 2	0,1	5	20	7	11	174	< 2	10	6	< 1	0,2	< 1	99	6	1,7	18
5424	< 0,5	27,8	< 2	0,2	9	48	11	18	419	< 2	19	15	1	0,05	2	390	7,6	2,6	49
5425	< 0,5	12	< 2	0,2	6	32	9	13	228	< 2	13	10	< 1	0,9	1	381	5,1	2,6	34
5431	< 0,5	20,7	< 2	< 0,1	8	39	11	6	309	< 2	16	14	< 1	0,3	4	278	8,6	3,2	52
5432	1,6	16,4	< 2	0,1	5	30	14	14	163	3	12	23	1	0,05	4	180	8,9	3,5	39
5433	0,8	22,3	< 2	0,2	7	23	7	12	252	2	10	8	< 1	0,2	2	142	6,1	2,4	34
5434	< 0,5	8,9	< 2	0,1	4	12	7	21	169	< 2	8	9	< 1	0,05	1	460	2,9	< 0,5	16
5435	< 0,5	7,5	< 2	0,1	6	28	7	< 5	267	< 2	10	9	< 1	0,4	3	402	6,5	1,6	33
5441	< 0,5	12,8	< 2	< 0,1	4	21	6	8	284	< 2	8	8	< 1	0,05	1	212	4,5	2,4	22
5444	< 0,5	22,9	< 2	0,2	9	48	12	25	334	< 2	19	22	1	0,05	3	205	8,5	< 0,5	54
5652	< 0,5	24,2	< 2	0,3	9	39	18	30	360	3	22	13	3	0,05	2	95	5,4	< 0,5	35
5653	< 0,5	6,2	< 2	0,2	4	13	8	19	160	< 2	7	11	< 1	0,05	< 1	118	3,5	2,4	18
5654	< 0,5	13,1	< 2	0,6	7	43	15	19	309	< 2	24	12	< 1	0,05	< 1	150	6,4	2,4	45
5661	< 0,5	11,8	< 2	0,2	12	57	23	24	438	< 2	24	15	< 1	0,3	1	371	8,2	< 0,5	34
5662	< 0,5	11	< 2	0,2	5	23	11	6	243	< 2	12	10	< 1	0,3	< 1	107	6	2,4	30
5663	0,7	15,7	< 2	0,2	10	46	19	18	312	< 2	28	11	< 1	0,2	1	171	7,1	5,4	22
5664	< 0,5	17,4	< 2	0,1	6	64	12	19	200	< 2	17	27	< 1	0,05	< 1	163	6,5	4,4	26
5671	< 0,5	12,1	< 2	< 0,1	2	13	8	< 5	138	< 2	5	8	< 1	0,05	< 1	214	4,3	1,8	11

Muestra	Contenido en elementos traza																		
	Ag (mg/kg)	As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (µg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Th (mg/kg)	U (mg/kg)	V (mg/kg)
5672	< 0,5	14,8	< 2	0,2	10	39	10	5	364	< 2	18	10	< 1	0,6	2	416	5,1	1,9	60
5673	1,9	22,2	2	0,3	10	43	16	21	250	2	19	19	2	0,05	3	88	11,8	3,6	29
5674	1,1	16,2	< 2	0,2	6	66	14	24	235	3	25	17	< 1	0,1	3	107	6,8	1,8	51
5675	0,6	16,1	< 2	0,2	10	47	14	11	296	< 2	19	16	1	0,7	4	241	7,4	< 0,5	52
5681	0,8	30,8	2	0,2	8	30	14	26	858	< 2	15	28	< 1	0,4	4	138	7,3	3	36
5682	< 0,5	7,8	< 2	< 0,1	5	23	13	6	283	< 2	10	24	< 1	0,05	< 1	58	10	3,7	5
5683	< 0,5	11,3	< 2	0,2	3	21	10	9	259	< 2	7	5	< 1	0,05	1	301	3,5	1,9	20
5684	0,6	38,4	3	0,3	12	66	29	43	776	4	45	36	2	0,7	2	82	15,9	4,8	55
5685	0,9	28,4	< 2	1	7	48	10	27	1040	< 2	21	94	< 1	0,05	3	55	7,7	3,7	81
5686	1	12	5	< 0,1	14	93	34	17	538	2	39	27	2	0,2	7	106	15	4,1	94
5691	0,8	18,9	< 2	0,3	9	49	13	21	413	4	20	23	< 1	0,6	2	69	9,7	2,4	51
5692	1	16,6	< 2	0,2	8	39	15	21	227	2	16	25	< 1	0,05	3	107	13,4	3,6	33
5693	0,7	28,6	3	0,4	14	69	27	41	723	5	42	35	1	0,4	4	63	12,8	3,3	89
5694	0,8	66	2	0,3	18	53	22	50	1610	5	34	40	2	0,4	5	55	16,2	3,7	104
5882	< 0,5	9,2	< 2	0,2	3	25	7	23	87	< 2	8	6	< 1	1	2	184	2,8	3,3	35
5891	< 0,5	10,7	< 2	0,3	3	20	11	36	203	< 2	11	17	< 1	0,4	1	196	3,1	2,3	23
5892	< 0,5	11,3	< 2	< 0,1	7	24	11	112	188	< 2	17	13	2	0,05	< 1	106	9	3,6	17
5893	0,9	46,8	< 2	< 0,1	5	22	9	39	478	< 2	13	20	3	0,05	2	201	4,1	< 0,5	37
5894	< 0,5	11,4	< 2	0,2	8	23	11	32	220	2	19	14	< 1	0,2	1	204	5,4	2	36
5901	< 0,5	16,6	< 2	0,2	11	63	16	7	303	4	26	13	2	0,6	4	153	9,8	2,8	56
5902	< 0,5	14,9	< 2	0,3	8	39	15	18	426	< 2	20	22	1	0,6	3	95	10,4	4,5	47
5903	0,5	14,5	< 2	0,4	9	55	17	34	407	2	26	25	2	0,2	2	126	8,1	2,7	48
5904	< 0,5	3,9	< 2	< 0,1	3	8	5	< 5	39	3	4	< 5	< 1	0,05	< 1	1300	1,3	< 0,5	11
5911	< 0,5	6,2	5	< 0,1	13	74	13	6	148	< 2	36	19	2	0,05	5	98	15,2	5,5	91
5912	0,8	7,1	< 2	0,1	4	27	7	13	237	< 2	10	15	< 1	0,05	2	525	5,7	< 0,5	15
5913	1,2	22,1	< 2	0,3	7	29	11	53	356	< 2	12	33	< 1	0,1	3	98	8,6	4,1	49
5914	1,1	17,7	< 2	0,1	5	21	8	16	357	< 2	9	17	< 1	0,05	3	342	5,7	< 0,5	40
5915	1,3	20,2	3	0,2	10	41	16	65	432	< 2	20	30	1	0,05	6	395	9,8	1,6	55
5916	1	10	< 2	< 0,1	5	23	8	12	231	< 2	12	16	< 1	0,05	3	323	6,6	2,3	39
6122	0,5	12,4	< 2	< 0,1	6	33	10	19	149	< 2	10	8	< 1	0,05	2	133	4	3,2	35
6123	1,4	10,5	< 2	< 0,1	5	24	9	11	151	< 2	9	16	< 1	0,05	3	83	8,4	3,1	29
6124	1,1	11,6	< 2	0,2	7	31	12	25	260	< 2	14	14	< 1	0,05	3	171	8,8	< 0,5	42
6131	< 0,5	26,7	< 2	1	3	9	6	11	523	< 2	5	35	1	0,05	< 1	51	4,6	5,9	8
6132	0,7	11,2	< 2	0,1	9	59	13	17	341	< 2	25	16	< 1	0,2	1	228	6,6	2,3	68
6133	< 0,5	18,7	2	< 0,1	7	68	4	< 5	150	< 2	43	9	< 1	0,05	2	337	11,1	3,2	64
6134	1,7	13,5	< 2	0,2	6	30	11	15	297	< 2	16	23	< 1	0,05	3	93	8,2	2,4	16

Muestra	Contenido en elementos traza																		
	Ag (mg/kg)	As (mg/kg)	Be (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (µg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Se (mg/kg)	Sn (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Th (mg/kg)	U (mg/kg)	V (mg/kg)
6135	0,9	5,3	< 2	0,1	7	36	20	38	462	< 2	18	30	< 1	0,05	1	198	4,7	4,1	32
6141	1,4	9,2	< 2	< 0,1	4	20	9	9	217	< 2	9	13	< 1	0,05	4	209	8,8	3,2	27
6142	1,3	6,9	< 2	< 0,1	4	24	16	11	58	< 2	11	10	< 1	0,05	4	41	9,1	3,7	29
6144	0,6	11,5	< 2	0,2	8	32	14	26	515	< 2	21	18	< 1	0,3	1	71	12	4,3	43

Muestra	Contenido en elementos mayoritarios							
	Al (%)	Ba (mg/kg)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	P (%)
1181	9	490	0,18	3,84	1,61	0,5	0,49	0,033
1182	7,14	560	0,11	3,24	1,36	0,4	0,58	0,06
1433	5,38	210	11,4	2,46	1,3	0,6	0,26	0,031
1441	6,84	180	7,14	2,38	1,45	0,8	0,31	0,099
1442	4,16	200	14	1,85	1,07	0,4	0,43	0,031
1444	4,41	< 50	11,5	1,98	1,11	0,4	0,59	0,025
1451	2,11	170	26,1	1,16	0,57	0,4	0,12	0,055
1452	9,66	610	0,41	5,24	1,77	0,9	0,43	0,047
1453	9,24	420	3,53	4,18	2,27	0,9	0,52	0,062
1454	5,28	740	20,9	1,78	1,75	0,8	0,13	0,065
1461	7,56	270	9,73	4,47	2,71	1,2	0,22	0,03
1471	7,89	1750	1,28	4,71	2,47	0,8	0,73	0,084
1751	6,67	220	8,57	2,77	1,31	0,7	0,31	0,031
1752	5,75	310	14,7	2,63	1,49	0,8	0,29	0,045
1753	6,33	400	10,6	2,81	1,73	0,7	0,23	0,034
1754	7,02	490	13,6	2,75	2	1,1	0,31	0,032
1761	6,55	150	6,38	3,19	1,55	0,6	0,33	0,064
1762	6,7	380	12,5	2,8	2,06	1,4	0,31	0,038
1763	6,65	290	14	2,87	1,86	0,9	0,26	0,032
1764	4,64	280	16,5	1,99	1,28	0,6	0,22	0,027
1771	6,52	290	14,6	2,5	1,42	0,6	0,22	0,031
1772	4,81	< 50	6,03	3,15	1,56	0,6	0,4	0,03
1773	5,6	210	16	2,25	1,44	0,8	0,24	0,023
1774	5,72	170	14,1	2,26	1,68	1,2	0,4	0,034
1781	4,61	320	9,8	1,95	1,15	0,5	0,49	0,067
1782	5,06	240	2,6	2,57	1,08	1	0,27	0,034
1783	6,21	460	13,5	2,73	1,82	1	0,43	0,042
1784	7,87	480	0,36	3,56	1,79	0,6	0,65	0,027
1785	3	170	17,9	1,65	0,95	0,5	0,3	0,023
1791	8,33	790	0,28	4,11	1,82	0,6	0,38	0,05
1792	11,6	630	1,66	6,01	1,62	1	0,62	0,06
1793	9,79	670	0,75	5,07	2,23	1,3	0,71	0,06
1794	7,63	390	6,95	3,09	2,21	0,9	0,57	0,06
1801	7,72	390	6,83	3,74	2,76	0,7	0,66	0,047

Muestra	Contenido en elementos mayoritarios							
	Al (%)	Ba (mg/kg)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	P (%)
1802	2,72	670	1,17	3,88	1,89	1,4	0,52	0,058
1803	6,56	290	4	4,4	1,01	1,7	0,52	0,057
1806	8,38	650	0,37	3,79	4,1	0,6	0,52	0,067
2072	3,96	580	20,9	1,64	1,04	0,6	0,25	0,023
2081	5,65	320	15	2,34	1,56	0,8	0,25	0,035
2082	5,39	170	15	2,45	1,59	0,7	0,25	0,032
2083	5,42	270	11,8	2,43	1,44	0,6	0,31	0,032
2084	4,24	300	15,8	1,9	1,16	0,6	0,31	0,056
2091	8,26	160	9,87	3,52	2,13	0,8	0,32	0,042
2092	5,07	360	8,59	2,2	1,3	0,5	0,25	0,028
2093	4,19	200	17,3	1,92	1,18	0,7	0,12	0,03
2094	4,79	160	20,2	2,29	1,47	0,7	0,27	0,034
2101	4,9	160	18,7	2,05	1,25	0,6	0,13	0,022
2102	4,91	150	17,2	2,15	1,38	0,6	0,32	0,029
2103	2,73	130	21,5	1,51	0,68	1,4	0,12	0,017
2104	7,16	360	13,9	2,9	1,95	1,2	0,19	0,039
2111	4,43	240	18,2	2,02	1,27	0,8	0,1	0,022
2112	6,3	300	16,7	2,31	1,85	0,8	0,22	0,026
2113	2,57	< 50	20,8	1,82	0,82	0,8	0,19	0,033
2114	3,58	200	7,91	4,06	0,86	0,9	0,19	0,019
2121	6,97	340	10,6	2,93	1,64	0,6	0,41	0,032
2122	7,94	460	9,79	3,01	2,19	0,6	0,44	0,029
2123	4,56	390	14,9	3,06	1,27	0,4	0,21	0,025
2124	2,81	100	20	1,57	0,97	0,6	0,14	0,018
2125	7,04	450	9,99	3,1	1,91	0,7	0,41	0,057
2131	1,32	90	0,29	1,63	0,41	0,1	0,04	0,003
2133	5,45	420	7,22	2,62	1,5	2,9	0,17	0,051
2134	6,64	300	1,91	2,96	1,4	0,5	0,3	0,03
2135	5,03	160	15,1	2,06	1,23	0,5	0,19	0,025
2452	5,24	290	15,5	1,96	1,44	0,7	0,28	0,064
2453	4,69	380	10,7	1,94	1,43	0,5	0,26	0,043
2461	5,67	350	16,5	2,13	1,55	0,7	0,24	0,027
2462	4,51	< 50	12,9	1,84	1,3	0,5	0,28	0,034
2463	3,87	< 50	14,4	1,74	1,15	0,5	0,29	0,034

Muestra	Contenido en elementos mayoritarios							
	Al (%)	Ba (mg/kg)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	P (%)
2464	4,67	250	13,7	2,02	1,27	0,6	0,47	0,029
2471	4,55	190	16,1	1,78	1,35	0,6	0,32	0,07
2472	2,6	200	14,2	1,28	0,83	0,5	0,22	0,027
2473	2,82	100	15,6	1,56	0,99	0,7	0,19	0,038
2474	6,9	740	16	2,69	1,85	1	0,29	0,037
2475	4,75	300	13,2	1,87	1,4	0,5	0,28	0,026
2481	5,89	220	16	2,32	1,91	1,5	0,3	0,038
2482	5,97	270	16,5	2,22	1,8	1	0,21	0,044
2483	4,33	340	12,8	2,18	1,48	0,7	0,39	0,045
2484	5,25	480	12	2,4	1,63	0,9	0,4	0,041
2491	3,61	170	15,3	1,49	1,4	0,5	0,33	0,026
2492	4,99	160	15,1	2,1	1,34	0,9	0,09	0,032
2493	3,72	180	19,6	1,53	1,19	0,8	0,17	0,052
2494	4,15	160	16,2	1,77	1,3	1,3	0,25	0,039
2501	3,36	150	20,6	1,49	1,07	1,6	0,15	0,026
2502	4,14	320	10,5	1,2	1,93	0,3	0,3	0,015
2503	2,56	< 50	24,7	1,24	0,62	0,5	0,05	0,021
2504	4,59	290	15,3	2,07	1,93	1	0,16	0,023
2511	5,75	190	10,3	1,93	1,92	0,5	0,24	0,03
2512	1,91	160	22,8	0,9	0,42	0,4	0,06	0,021
2513	4,94	260	9,35	2	1,22	0,4	0,19	0,021
2514	6,22	230	15,3	2,67	1,19	0,7	0,18	0,034
2515	5,75	200	17	2,23	1,31	0,6	0,12	0,037
2832	5,25	480	21,1	1,97	1,57	1	0,51	0,027
2841	5,04	360	14,7	2,01	1,45	0,6	0,25	0,038
2842	4,12	180	15,8	1,7	1,29	0,6	0,31	0,026
2843	6,9	510	15,8	2,73	2,32	1,2	0,27	0,035
2844	5,56	530	15,5	2,3	1,68	1	0,45	0,027
2851	3,13	< 50	12,7	1,43	0,98	0,4	0,32	0,027
2852	4,16	320	20,3	1,75	1,25	0,9	0,26	0,024
2853	6,3	430	16,1	2,6	2,08	1,1	0,38	0,053
2854	2,65	210	13,3	1,39	0,83	0,3	0,28	0,027
2861	6,76	270	13,1	2,81	1,84	0,7	0,49	0,039
2862	5	300	10,6	2,07	1,54	0,6	0,41	0,039

Muestra	Contenido en elementos mayoritarios							
	Al (%)	Ba (mg/kg)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	P (%)
2863	4,78	320	12,3	1,95	1,47	0,6	0,43	0,083
2864	4,09	220	14,1	1,66	2,08	0,6	0,43	0,031
2871	4,63	390	13,9	3,04	1,41	0,8	0,28	0,031
2872	4,83	460	12,8	2,38	1,36	0,8	0,2	0,037
2873	6,6	400	10,6	2,83	1,73	1,2	0,49	0,057
2874	8,74	490	12,6	3,49	2,06	1,1	0,34	0,038
2881	6,89	380	9,17	3,02	1,68	0,8	0,4	0,038
2882	5,02	290	15,7	2,48	1,49	0,7	0,14	0,047
2883	6,91	< 50	6,75	6,72	0,33	4,6	0,93	0,027
2884	5,28	370	15,7	2,47	1,67	0,8	0,23	0,051
2891	3,42	160	15,5	1,72	0,92	0,5	0,07	0,023
2892	6,22	130	15	2,69	1,05	0,9	0,12	0,028
2893	3,39	290	18,5	1,72	0,78	0,4	0,14	0,032
2894	5,57	500	15,1	3,7	0,95	0,7	0,17	0,03
2895	5,6	440	12,5	2,47	1,6	0,7	0,14	0,079
3203	1,42	210	19,8	0,52	0,49	0,5	0,04	0,012
3204	3,77	350	16,9	2,06	1,4	0,5	0,13	0,029
3211	4,22	190	15,7	1,64	1,29	2,9	0,4	0,025
3212	5,37	360	16,6	2,01	1,65	2,3	0,56	0,034
3213	4,61	240	16,4	1,54	1,59	1,5	0,34	0,028
3214	7,08	470	8,39	2,12	2,15	1,6	0,92	0,051
3221	4,83	420	14	2,08	2,23	3,8	0,28	0,052
3222	6,86	670	13,9	2,85	2,09	1	0,26	0,042
3223	2,81	290	20,1	0,96	0,99	1,4	0,09	0,019
3224	3,47	280	22,7	1,24	0,96	0,4	0,16	0,024
3225	1,74	270	25,5	0,96	0,61	0,3	0,06	0,016
3231	2,82	220	20,8	1,07	0,84	0,5	0,27	0,019
3232	4,15	200	18,1	1,63	1,22	0,6	0,24	0,03
3233	4,62	440	20,7	1,7	1,63	1,1	0,45	0,024
3241	6,58	210	13	2,43	1,91	0,9	0,48	0,048
3242	6,31	450	9,19	2,41	1,45	0,6	0,53	0,037
3243	5,83	340	11,4	2,14	1,56	0,8	0,56	0,093
3244	5,38	430	14,4	2,13	1,28	0,7	0,22	0,032
3251	9,55	600	12	3,14	1,97	1,4	0,46	0,038

Muestra	Contenido en elementos mayoritarios							
	Al (%)	Ba (mg/kg)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	P (%)
3252	4,54	420	9,87	2,25	1,28	0,8	0,49	0,036
3253	5,18	430	7,73	1,98	1,28	0,5	0,71	0,027
3254	10,3	490	5,65	3,6	1,55	1,1	0,64	0,043
3261	7,22	240	9,94	2,79	1,65	0,8	0,37	0,039
3262	4,38	360	13,5	2,01	1,22	0,7	0,37	0,306
3263	8,36	640	10,7	3,29	1,44	1	0,47	0,051
3264	5,26	330	10	2,02	1,59	0,6	0,32	0,049
3271	5,51	350	13,2	2,32	2,52	1,3	0,35	0,072
3274	4,46	280	13,4	1,88	2,03	2,8	0,28	0,044
3521	5,56	170	9,61	2,76	1,57	0,6	0,11	0,063
3522	5,19	260	13,7	2,16	1,35	0,7	0,17	0,1
3523	3,92	410	15,7	2,41	1,45	0,7	0,06	0,045
3524	8,08	220	5,95	3,17	1,27	1,1	0,14	0,03
3531	4	360	14,2	1,8	1,28	0,6	0,23	0,038
3532	3,77	250	12,9	1,69	1,22	0,7	0,25	0,042
3533	2,69	600	15,8	1,06	1	0,4	0,16	0,015
3534	6,16	470	14,2	2,23	1,47	1,5	0,13	0,042
3541	2,51	180	18,5	0,98	0,87	1,2	0,16	0,02
3542	4,53	440	15,2	1,79	1,44	1,2	0,32	0,051
3543	1,14	180	17,9	0,45	0,35	0,5	0,05	0,012
3544	4,18	370	13	1,66	1,43	2	0,26	0,034
3545	2,4	290	13,5	1,09	0,9	0,3	0,15	0,043
3551	3,27	200	15,4	1,49	1,09	0,6	0,36	0,064
3552	4,45	190	14,1	1,74	1,48	3	0,22	0,059
3553	3,16	290	18	1,4	1,01	1,7	0,22	0,035
3554	3,11	300	20,3	1,32	0,95	0,5	0,21	0,026
3561	4,93	260	16,5	1,83	1,72	0,6	0,33	0,026
3562	7,37	420	11,2	2,99	1,68	0,9	1,14	0,042
3563	10	700	7,39	4,37	1,96	1,1	1,45	0,053
3564	3,44	340	14,9	1,82	1,51	0,6	0,4	0,047
3571	8,77	640	4,69	4,06	2,56	1,1	1,51	0,044
3572	8,24	380	9,96	3,38	1,63	0,9	0,51	0,052
3573	9,38	630	9,31	4,11	2,3	1,3	0,83	0,061
3574	5,6	480	13,4	2,31	1,49	0,9	0,77	0,04

Muestra	Contenido en elementos mayoritarios							
	Al (%)	Ba (mg/kg)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	P (%)
3581	8,76	380	8,88	3,55	1,74	0,9	0,59	0,056
3582	9,66	470	6,74	3,84	2,23	1	0,9	0,058
3584	5,45	300	11,5	2,1	1,4	0,6	0,44	0,033
3811	6,25	340	7,7	2,47	1,59	1,1	0,1	0,055
3812	2,16	170	26,3	1,15	0,91	0,4	0,11	0,039
3813	5,77	390	2,96	1,7	2,25	0,7	0,09	0,037
3814	4,15	610	7,09	1,3	1,63	0,3	0,06	0,065
3821	4,36	280	10,1	2,14	1,38	2	0,14	0,043
3822	1,93	250	21,8	0,97	0,72	0,4	0,1	0,028
3823	3,46	460	13,6	1,59	1,82	0,7	0,09	0,034
3824	3,74	230	17,3	1,44	1,46	0,6	0,18	0,034
3831	4,09	130	16,3	1,49	1,39	1,2	0,16	0,043
3832	2,12	90	17,7	0,84	0,85	1,1	0,11	0,014
3833	1,49	< 50	15,5	0,57	0,57	0,2	0,07	0,007
3834	2,56	290	21,1	1,07	1,26	0,6	0,11	0,042
3841	2,88	290	19,2	1,13	0,93	1	0,15	0,028
3842	0,81	< 50	13,6	0,3	0,3	1,1	0,04	0,005
3843	2,45	170	13,9	1,08	0,8	1,8	0,16	0,029
3844	2,36	240	13,6	0,97	0,77	2,5	0,16	0,02
3851	4,14	350	17,1	1,75	1,37	1,5	0,27	0,03
3852	4,24	250	16,8	1,65	1,4	1,9	0,33	0,036
3853	4,86	340	15,5	2,07	1,69	2,3	0,3	0,044
3854	0,96	< 50	15,6	0,42	0,31	1,1	0,03	0,005
3861	7,82	510	6,36	2,7	2,61	0,8	0,69	0,048
3862	5,98	410	10,4	2,28	1,82	0,7	0,36	0,065
3863	4,39	370	16,1	1,59	1,51	0,5	0,31	0,044
3864	7,24	440	10,6	2,62	2,77	1,3	0,48	0,052
3871	6,28	480	14	2,82	2,36	0,9	0,39	0,03
3873	4,52	380	10,7	1,94	2,03	0,7	0,43	0,027
3874	6,2	530	12	3,18	2	1,2	0,47	0,085
4082	9,65	590	0,27	4,64	1,68	0,8	0,57	0,065
4083	5,9	410	1,13	2,51	1,49	0,7	0,05	0,022
4084	4,49	380	3,27	1,66	1,39	0,4	0,11	0,013
4091	4,51	480	11,7	1,63	1,8	0,4	0,05	0,015

Muestra	Contenido en elementos mayoritarios							
	Al (%)	Ba (mg/kg)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	P (%)
4092	7,47	470	0,47	1,53	2,52	0,5	0,08	0,029
4093	5,4	340	6,37	1,84	1,5	1,2	0,1	0,036
4094	5,28	870	11,7	2	2,56	1	0,06	0,041
4101	5,18	1350	0,24	1,76	2,27	0,2	0,06	0,037
4102	8,04	650	0,47	3,59	2,3	0,4	0,22	0,076
4103	3,51	1100	2,7	2,87	1,46	0,3	0,15	0,176
4104	4,41	480	5,76	1,9	2,22	0,5	0,09	0,021
4105	6,35	530	0,54	2,72	1,38	0,5	0,24	0,039
4106	8,11	500	0,86	3,13	1,55	0,8	0,2	0,034
4111	2,5	240	12,7	1,18	1,02	0,4	0,06	0,017
4112	3,08	280	16,5	1,43	1,19	1	0,14	0,029
4113	4,12	350	14,4	1,78	1,52	2,2	0,21	0,049
4114	5,44	350	9,41	2,05	1,61	1,7	0,38	0,041
4115	4,09	380	8,38	2,08	1,46	0,4	0,13	0,033
4121	5,5	430	12,9	2,17	2,19	2,9	0,24	0,093
4122	0,74	< 50	13,8	0,31	0,26	0,5	0,07	0,008
4123	0,88	< 50	15,1	0,34	0,29	0,4	0,05	0,006
4124	2,13	260	16,4	1,12	0,99	0,4	0,1	0,02
4131	4,36	200	17,5	1,72	1,37	2,5	0,2	0,04
4132	3,84	200	19,9	1,57	1,19	1,1	0,09	0,021
4133	3,02	270	15,2	1,36	1,09	1,1	0,25	0,018
4134	2,63	100	17,5	1,1	0,98	0,8	0,14	0,019
4135	3,6	330	14,6	1,83	1,4	2,9	0,22	0,036
4136	3,47	330	16,5	1,42	1,1	4,2	0,14	0,03
4141	4	320	14,6	2,12	1,35	1,3	0,19	0,034
4142	2,64	220	20	1,39	0,9	0,8	0,17	0,027
4143	2,08	120	18,4	0,92	1,04	0,9	0,09	0,03
4144	2,59	240	21,2	1,27	0,89	0,5	0,14	0,039
4151	7,37	430	10,9	3,4	2,22	1,6	0,69	0,045
4154	3,15	200	16,7	1,57	1,2	0,9	0,26	0,035
4361	5,51	200	11,5	1,94	2,7	5,9	0,06	0,035
4362	4,54	390	14,4	1,76	1,84	0,5	0,05	0,018
4363	2,43	230	11,4	1,13	0,99	0,3	0,04	0,014
4371	7,46	570	6,82	2,57	2,48	0,6	0,28	0,042

Muestra	Contenido en elementos mayoritarios							
	Al (%)	Ba (mg/kg)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	P (%)
4372	5,27	390	10,9	2,23	2,07	2,1	0,1	0,028
4373	6,69	570	6,53	2,62	2,14	0,8	0,19	0,027
4374	7,88	710	5,44	2,84	2,77	0,9	0,25	0,035
4381	3,52	230	5,09	1,25	1,21	3,8	0,06	0,02
4382	2,38	260	18,9	1,26	0,94	4,4	0,05	0,055
4383	4,68	220	20,9	1,65	1,29	0,4	0,03	0,015
4384	11,7	640	4,92	3,75	3,99	1	0,08	0,114
4391	5,86	470	4,45	3,26	1,95	0,5	0,09	0,034
4392	3	280	10,7	2,13	0,92	0,4	0,1	0,036
4393	2,86	210	10,7	2,85	0,89	0,4	0,09	0,024
4394	8,51	480	0,42	3,82	2,89	0,7	0,23	0,044
4401	3,33	270	16,8	1,8	1,6	0,7	0,07	0,026
4402	1,68	190	22,5	0,9	0,75	0,4	0,09	0,029
4403	4,19	370	14,7	1,7	1,72	3,2	0,18	0,035
4404	3,89	270	18	1,68	1,72	0,8	0,09	0,091
4411	2,42	290	21	0,94	1,09	0,8	0,25	0,018
4412	1,84	80	21,3	0,86	0,88	4,6	0,08	0,014
4413	2,42	160	18,9	1,13	1,15	0,5	0,11	0,022
4414	1,61	150	25,4	0,72	0,7	0,6	0,09	0,025
4421	2,29	160	18,6	1,12	1,06	0,7	0,15	0,032
4422	2,53	170	21,7	1,13	1,13	2,3	0,1	0,019
4423	2,83	150	20,3	1,18	1,03	0,7	0,05	0,011
4424	2,14	110	19,6	1,01	1,15	2,9	0,09	0,021
4431	2,04	200	18,3	0,8	1,2	1,9	0,14	0,016
4434	2,65	210	17	1,16	1,3	1,1	0,23	0,014
4641	8,9	770	3,06	2,96	2,07	0,6	0,44	0,03
4642	7,41	440	8,76	3,06	1,16	0,4	0,1	0,078
4643	3,68	250	6,28	2,08	0,98	0,4	0,1	0,079
4644	3,98	250	18,3	1,57	1,25	2,2	0,07	0,043
4645	5,71	510	8,31	1,31	2,51	0,2	0,11	0,055
4651	4,8	1030	1,21	4,77	1,75	0,3	0,13	0,039
4652	6,35	630	5,77	3,9	2,03	1,8	0,4	0,078
4653	4,29	410	6,72	2,37	1,35	0,4	0,09	0,054
4654	7,71	730	0,22	3,66	2,08	0,5	0,1	0,045

Muestra	Contenido en elementos mayoritarios							
	Al (%)	Ba (mg/kg)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	P (%)
4661	7,13	450	2,29	4,7	1,4	0,4	0,32	0,079
4662	3,55	430	17,7	1,98	0,86	0,7	0,1	0,04
4663	3,06	340	23,5	1,86	0,89	0,5	0,08	0,073
4664	14,3	940	0,83	5,16	1,83	0,5	0,41	0,074
4671	4,34	240	15,5	2,47	1,24	1	0,14	0,091
4672	1,82	280	15,8	0,86	0,46	0,8	0,04	0,007
4673	2,85	240	17	1,15	0,84	3,5	0,1	0,04
4674	2,06	320	25,9	1,35	0,34	1,3	0,05	0,026
4681	3,92	240	14,4	1,75	0,79	1,6	0,06	0,015
4682	2,56	350	17,7	1,1	0,94	3	0,09	0,023
4683	3,63	290	13,4	1,62	0,86	1,4	0,06	0,019
4684	3,57	570	10,4	1,93	1,04	0,5	0,12	0,06
4691	2,19	230	17,5	0,95	0,6	1,3	0,08	0,011
4692	4,65	320	20,7	1,98	1	1,4	0,07	0,03
4693	2,25	260	17,7	0,9	0,59	1,3	0,07	0,013
4694	2,33	150	17,6	1	1,5	1,1	0,11	0,023
4701	3,75	230	20,6	1,89	0,93	2,2	0,1	0,02
4902	4,48	460	3,56	2,07	1,13	0,4	0,14	0,054
4903	3,59	380	14,8	1,79	0,75	0,3	0,07	0,05
4911	6,46	510	0,21	2,69	1,89	0,5	0,18	0,045
4912	3,45	620	21,9	1,78	1,01	0,5	0,04	0,025
4913	3,02	560	19,6	1,59	0,86	0,5	0,15	0,031
4914	2,36	240	15	1,09	0,65	0,4	0,05	0,057
4915	4,39	380	8,25	2,08	0,95	2	0,12	0,051
4921	6,54	710	4,17	3,26	1,62	0,9	0,08	0,034
4922	4,64	1200	6,42	1,94	1,24	2,8	0,07	0,017
4923	10	770	0,52	3,82	1,93	0,5	0,68	0,04
4924	2,97	250	0,93	1,25	0,78	0,2	0,04	0,018
4925	1,92	700	19	0,92	0,42	6,4	0,1	0,028
4931	3,13	610	21	1,8	0,78	1,4	0,1	0,032
4932	2,36	600	10,4	1,2	0,83	0,4	0,05	0,016
4933	4,13	< 50	3,54	1,6	0,91	0,2	0,08	0,028
4934	5,23	450	1,32	3,25	1,78	0,5	0,28	0,045
4941	3,59	260	11,2	1,82	0,9	0,4	0,14	0,029

Muestra	Contenido en elementos mayoritarios							
	Al (%)	Ba (mg/kg)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	P (%)
4942	2,64	200	17,2	1,16	0,67	0,9	0,07	0,018
4943	2,43	250	18,3	0,98	0,55	0,5	0,03	0,023
4944	2,98	260	16,6	1,23	0,69	0,5	0,04	0,021
4951	2,5	190	17,1	1,01	0,79	1,3	0,07	0,019
4952	2,9	230	19,8	1,23	0,8	2,1	0,05	0,023
4953	2	< 50	19,9	0,85	0,66	0,9	0,09	0,017
4954	3,17	460	10	2,45	1,34	1,7	0,08	0,018
4961	2,23	100	17,7	0,92	0,74	2,2	0,1	0,015
4964	2,17	< 50	21	1,74	0,42	2,3	0,06	0,023
5161	3,69	220	16,8	2,27	0,95	0,8	0,13	0,061
5162	2,44	310	9,11	1,65	0,72	0,4	0,09	0,046
5163	4,1	410	10,8	2,36	1	0,4	0,14	0,058
5164	2,13	180	16,2	1,37	0,56	1,3	0,09	0,036
5171	4,54	< 50	14,5	1,83	0,95	0,5	0,14	0,035
5172	5,34	< 50	0,24	2,4	1,84	0,1	0,13	0,018
5173	2,88	190	23,3	1,26	0,65	0,5	0,09	0,098
5174	4,29	< 50	3,66	2,38	1,42	0,2	0,11	0,044
5181	5,48	270	3,86	1,85	1,91	0,2	0,13	0,035
5182	1,75	500	17,5	1,11	0,57	6,3	0,1	0,022
5183	4,6	470	0,31	1,74	1,21	0,1	0,13	0,018
5184	6,7	< 50	15,1	1,05	0,7	0,4	0,07	0,012
5191	5,06	< 50	7,44	2,34	1,15	0,4	0,14	0,034
5192	4,61	< 50	13,4	2,56	1,01	5,3	0,06	0,024
5193	4,89	< 50	16,1	1,17	1,23	1,7	0,08	0,042
5194	3,08	< 50	19,4	2,61	1,17	0,9	0,07	0,122
5201	2,77	< 50	21,7	1,27	1,29	1,3	0,06	0,015
5202	3,72	270	15,1	2,82	1,5	0,4	0,06	0,024
5203	3,37	210	16,7	3,54	1,35	1	0,07	0,049
5211	5,77	230	7,6	3,08	1,17	2,4	0,15	0,034
5403	3,37	120	14,5	1,88	0,8	5,8	0,06	0,033
5411	4,35	< 50	9,47	2,62	1,22	0,5	0,18	0,076
5412	2,91	< 50	19,8	1,61	0,76	0,5	0,08	0,057
5413	3,54	310	9,73	1,65	0,8	0,4	0,06	0,023
5414	3,18	< 50	22,4	1,97	0,75	0,4	0,07	0,04

Muestra	Contenido en elementos mayoritarios							
	Al (%)	Ba (mg/kg)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	P (%)
5421	1,6	230	4,87	0,92	0,51	0,2	0,04	0,005
5422	3,72	< 50	16,9	1,98	1,27	0,5	0,11	0,034
5423	2	< 50	24	1,05	0,57	0,3	0,07	0,021
5424	4,83	410	17,8	2,77	1,03	0,5	0,06	0,036
5425	3,03	210	23,1	1,62	0,76	0,5	0,05	0,04
5431	3,25	310	16,4	2,5	0,91	0,4	0,18	0,044
5432	4,31	< 50	6,12	1,85	1,36	0,3	0,11	0,052
5433	2,41	< 50	17,4	2,16	0,8	1	0,06	0,045
5434	1,54	120	23,8	0,88	0,31	0,9	0,06	0,021
5435	4,26	< 50	22,1	1,89	1,1	0,6	0,08	0,045
5441	2,02	< 50	25,5	1,33	0,66	0,3	0,05	0,043
5444	3,65	< 50	17,1	2,6	1,24	0,5	0,12	0,052
5652	1,96	< 50	14,1	2,09	0,71	0,3	0,07	0,048
5653	1,52	< 50	21,7	0,79	0,47	2,7	0,07	0,07
5654	2,92	300	20,6	1,77	0,81	0,6	0,08	0,107
5661	4,61	410	13,6	2,64	1,63	1,9	0,12	0,053
5662	2,81	< 50	11,6	1,43	0,73	0,3	0,08	0,023
5663	4,76	< 50	17,4	2,36	1,06	0,5	0,07	0,032
5664	3,06	360	21,8	2,22	1,06	1,1	0,09	0,066
5671	1,38	270	14,9	0,83	0,74	0,1	0,07	0,007
5672	3,11	< 50	23,8	2,23	1,03	1,1	0,06	0,024
5673	5,66	320	6,96	2,13	1,92	0,5	0,15	0,049
5674	4,45	240	11,6	2,17	1,32	0,5	0,08	0,049
5675	2,68	260	11,9	2,29	1,07	0,3	0,09	0,031
5681	3,47	350	16,6	1,82	1,12	0,4	0,14	0,047
5682	5,77	400	0,3	1,36	2,19	0,3	0,12	0,01
5683	1,68	< 50	25,4	1,43	0,46	0,4	0,09	0,048
5684	7,58	< 50	2,12	3,73	1,26	0,5	0,17	0,047
5685	3,44	< 50	11,9	3,81	0,72	4,5	0,08	0,094
5686	11,2	550	0,75	4,72	2,64	1,2	0,36	0,03
5691	4,13	80	7,29	2,37	1,01	3,3	0,18	0,037
5692	5,49	420	7,31	1,95	1,9	0,4	0,13	0,046
5693	7,48	430	2,33	3,8	1,54	0,5	0,11	0,08
5694	3,87	330	5,67	6,73	1,46	0,5	0,1	0,127

Muestra	Contenido en elementos mayoritarios							
	Al (%)	Ba (mg/kg)	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)	P (%)
5882	2,15	< 50	23,2	0,88	0,35	1,9	0,05	0,021
5891	1,68	< 50	25,6	0,98	0,39	0,4	0,05	0,077
5892	3,67	300	0,71	2,08	0,88	0,2	0,06	0,014
5893	3,22	510	22,2	2,32	0,68	0,4	0,04	0,031
5894	3,31	280	21,2	1,76	0,81	0,4	0,08	0,026
5901	2,35	280	7,73	2,89	1	0,4	0,08	0,034
5902	4,05	< 50	9,95	2,32	1,19	0,4	0,13	0,05
5903	5,58	< 50	14,6	2,53	1,39	0,5	0,1	0,049
5904	1,02	< 50	5,12	0,58	0,35	0,1	0,02	0,003
5911	8,92	670	0,26	4,29	1,52	0,7	0,34	0,035
5912	3,32	< 50	21	1,58	1,35	0,6	0,15	0,034
5913	2,48	370	13,1	2,21	1,45	0,4	0,08	0,087
5914	2,67	< 50	21,7	1,71	1,05	0,4	0,07	0,046
5915	6,01	360	9,03	2,72	2,35	0,5	0,1	0,049
5916	4,1	220	21,3	1,85	1,67	0,6	0,12	0,036
6122	2,42	< 50	19	1,46	0,91	1,6	0,07	0,025
6123	3,24	220	9,13	1,4	1,12	0,5	0,07	0,016
6124	3,88	300	16	1,89	1,26	0,4	0,12	0,034
6131	2,92	320	5,83	0,89	1,77	1	0,09	0,02
6132	4,48	240	17,7	2,52	2,47	0,9	0,08	0,088
6133	8,8	770	0,66	4,6	4,26	1,5	0,22	0,039
6134	3,81	< 50	11,9	1,63	1,87	0,4	0,08	0,039
6135	3,5	300	11,7	1,66	2,01	6,4	0,09	0,056
6141	3,12	390	10,8	1,38	0,53	0,3	0,19	0,025
6142	3,29	310	0,38	1,29	1,14	0,3	0,33	0,014
6144	3,32	< 50	8,09	2,58	1,19	0,4	0,07	0,026

ANEXO II

DATOS QUÍMICOS Y TOXICOLÓGICOS EMPLEADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA PARA METALES PESADOS Y OTROS ELEMENTOS TRAZA EN SUELOS DE LA COMUNIDAD DE ARAGÓN

Observaciones

- (i) Los parámetros toxicológicos que se reflejan a continuación se han tomado del *Risk Assessment Information System* (RAIS) del Departamento de la Energía de EE.UU. Estos valores proceden, a su vez, de IRIS (*Integrated Risk Information System*) y HEAST (*Health Effects and Environmental Affects Summary Table*).
- (ii) Las dosis de referencia (RfDd) y el factor de pendiente (Sfd) para la vía dérmica que figuran en el RAIS se han derivado a partir de la RfD crónica para la vía oral de acuerdo con el método que aparece en “*Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I, Human Health Evaluation Manual, Part A*” (EPA/540/1-89/002)

De acuerdo con este método, la dosis de referencia para la vía dérmica se calcula como:

$$RfDd = RfDo * GI$$

mientras que el factor de pendiente se obtendría como:

$$SFd = SFo / GI$$

donde GI es el factor de absorción gastrointestinal

ALUMINIO (Al)

PARAMETROS FISICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	1500
GI ^b	0,1
BCFp ^c	6,50E-04
BCFh ^c	0,004
BCFl ^c	0,004
BCFf ^c	0,004
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d)	1,00E+00
RfDi (mg/Kg.d)	1,43E-03
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d)	1,00E-01
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model.</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} Baes, C.F., Sharp, R.D., Sjoreen, A.L. y Shor, R.W., 1984. A review and analysis of parameters for assessing transport of environmentally released radionuclides through agriculture. U.S Department of Energy.</p>	
OBSERVACIONES	

PARAMETROS FISICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	45
GI ^b	0,02
BCFp ^c	0,2
BCFh ^c	0,2
BCFl ^c	0,2
BCFf ^c	0,2
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d)	4,00E-04
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d)	8,00E-06
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model. ^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007. ^{c)} U.S EPA, 1999. Screening Level Ecological Risk Assessment Protocol. Appendix C. Media-to-receptor Bioconcentration Factors (BCFs).	
OBSERVACIONES	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	29
GI ^b	0,41
BCFp ^c	0,004
BCFh ^c	0,036
BCFl ^c	0,002
BCFf ^c	0,002
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS^b	
RfDo (mg/Kg.d)	3,00E-04
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	1,50E+00
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	1,51E+01
RfDd (mg/Kg.d)	1,23E-04
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	3,66E+00
REFERENCIAS	
^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model ^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007. ^{c)} U.S. EPA, 1996. Soil Screening Guidance: Technical Background Document	
OBSERVACIONES	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	41
GI ^b	0,07
BCFp ^c	0,017
BCFh ^c	0,017
BCFl ^c	0,017
BCFf ^c	0,017
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS^b	
RfDo (mg/Kg.d)	2,00E-01
RfDi (mg/Kg.d) ⁱ	1,43E-04
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d)	1,40E-02
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model.</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} Lijzen, J.P.A. et al., 2001. Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groudwater. RIVM report 711701023.</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> Este valor ha sido calculado por métodos alternativos que actualmente no se utilizan en el Grupo de Trabajo para el Cálculo de las dosis de referencia. Se considera adecuado como valor provisional para la evaluación de riesgos en los emplazamientos del Superfund y el RCRA hasta que sea revisado en función de los procedimientos actuales de dicho grupo de trabajo.</p>	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	790
GI ^b	0,01
BCFp ^c	0,01
BCFh ^c	0,01
BCFl ^c	0,01
BCFf ^c	0,01
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d)	2,00E-03
RfDi (mg/Kg.d)	5,71E-06
SFo (mg/Kg.d) ^{-1 i}	4,30E+00
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	8,4E+00
RfDd (mg/Kg.d)	2,00E-05
SFd (mg/Kg.d) ^{-1 i}	4,30E+02
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} U.S EPA, 1999. Screening Level Ecological Risk Assessment Protocol. Appendix C. Media-to-receptor Bioconcentration Factors (BCFs).</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> Estos valores han sido retirados por el “National Center for Environmental Assessment” (NCEA). Por otra parte, esta sustancia química está volviendo a ser examinada por el IRIS, lo que se debe tener en cuenta de cara a la utilización de los valores de toxicidad del berilio, tanto cancerígenos como no cancerígenos.</p>	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	75
GI ^b	0,01
BCFp ^c	0,008
BCFh ^c	0,364
BCFl ^c	0,004
BCFf ^c	0,09
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d) ⁱ	1,00E-03
RfC (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	6,30E+00
RfDd (mg/Kg.d) ⁱ	1,00E-05
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} U.S. EPA, 1996. Soil Screening Guidance: Technical Background Document</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> Se han tomado los valores de toxicidad oral y dérmica para el alimento por ser éstos los que, según el RAIS, se deben emplear para el suelo.</p>	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	45
GI ^b	0,8
BCFp ^c	0,58
BCFh ^c	0,58
BCFl ^c	0,58
BCFf ^c	0,58
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d) ⁱ	2,00E-02
RfDi (mg/Kg.d)	5,71E-06
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	9,8E+00
RfDd (mg/Kg.d)	1,60E-02
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} Lijzen, J.P.A. et al., 2001. Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groudwater. RIVM report 711701023.</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> El valor que figura para RfDo es un valor provisional procedente del Superfund Health Risk Technical Support Center.</p>	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	35
GI ^b	0,3
BCFp ^c	0,2
BCFh ^c	0,2
BCFl ^c	0,2
BCFf ^c	0,2
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d) ⁱ	4,00E-02
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d) ⁱ	1,20E-02
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} Lijzen, J.P.A. et al., 2001. Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groudwater. RIVM report 711701023</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> Estos valores han sido tomados del <i>Health Effects and Environmental Affects Summary Table</i> (HEAST). El HEAST llegó a la conclusión de que los datos de toxicidad eran inadecuados para el cálculo de las RfD orales para el cobre y sustituyó el estándar vigente para el agua potable (MCLG) de 1,3 mg/l. El RAIS ha convertido este MCLG en una dosis de referencia para la exposición oral crónica y subcrónica.</p>	

CROMO (III)

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	19
GI ^b	0,02
BCFp ^c	0,011
BCFh ^c	0,011
BCFl ^c	0,011
BCFf ^c	0,011
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^{b,i}	
RfDo (mg/Kg.d)	1,50E+00
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
Sfi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d)	7,50E-03
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} Lijzen, J.P.A. et al., 2001. Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groudwater. RIVM report 711701023</p>	
OBSERVACIONES	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	19
GI ^b	0,02
BCFp ^c	0,011
BCFh ^c	0,011
BCFl ^c	0,011
BCFf ^c	0,011
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^{b,i}	
RfDo (mg/Kg.d)	3,00E-03
RfDi (mg/Kg.d) ⁱ	2,86E-05
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
Sfi (mg/Kg.d) ⁻¹	4,2E+01
RfDd (mg/Kg.d)	6,00E-05
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} Lijzen, J.P.A. et al., 2001. Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groudwater. RIVM report 711701023</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> IRIS considera dos valores para la RfD por vía inhalatoria, uno para nieblas ácidas y aerosoles disueltos de Cr (VI) y otro para partículas de Cr (VI). En este trabajo se ha tomado como valor toxicológico para la vía de inhalación el que figura para las partículas de Cr(VI).</p>	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	250
GI ^b	0,1
BCFp ^c	0,03
BCFh ^c	0,015
BCFI ^{c,i}	0,015
BCFf ^{c,i}	0,015
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d)	6,00E-01
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d)	6,00E-02
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} R. van der Berg, 1994. Human exposure to soil contamination: a qualitative and quantitative analysis towards proposals for human toxicological intervention values. RIVM Report no. 725201011</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> Se ha asimilado el BCF que figura en el CSOIL para los cultivos de hoja a los BCF en las legumbres y las frutas.</p>	

HIERRO (Fe)

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	25
GI ^b	0,15
BCFp ^c	0,001
BCFh ^c	0,004
BCFl ^c	0,004
BCFf ^c	0,004
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d)	3,00E-01
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d)	4,50E-02
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} Baes, C.F., Sharp, R.D., Sjoreen, A.L. y Shor, R.W., 1984. A review and analysis of parameters for assessing transport of environmentally released radionuclides through agriculture. U.S Department of Energy</p>	
OBSERVACIONES	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	65
GI ^b	0,04
BCFp ^{c,i}	0,135
BCFh ^{c,i}	0,135
BCFI ^{c,i}	0,135
BCFf ^{c,i}	0,135
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d) ⁱⁱ	4,60E-02
RfDi (mg/Kg.d)	1,43E-05
SFo (mg/Kg.d)-1	
SFi (mg/Kg.d)-1	
RfDd (mg/Kg.d) ⁱⁱ	1,84E-03
SFd (mg/Kg.d)-1	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} R. van der Berg, 1994. Human exposure to soil contamination: a qualitative and quantitative analysis towards proposals for human toxicological intervention values. RIVM Report no. 725201011</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> Los factores de bioconcentración (BCF) han sido calculados a partir de la fórmula propuesta en Van der Berg (1994): $\ln BCFr/s = 2,67 - 1,12 * \ln Kd$, tomada de: Baes et al. (1984).</p> <p><i>ii.</i> IRIS ya no distingue los valores de la RfD crónica por vía oral para el manganeso en RfD para el agua y para la dieta. La RfD crónica del manganeso para la vía oral es 1,40E-01. No obstante, a la hora de evaluar la exposición al manganeso a través del suelo, IRIS recomienda utilizar un factor de corrección de 3, lo que disminuye esta RfD a 4,67E-02. Los valores del HEAST siguen separando las RfD subcrónicas para el agua y para la dieta.</p>	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS		
	H ^a	0,467
	Di,a (cm ² /s) ^a	0,0307
	Di,w (cm ² /s) ^a	6,30E-06
	Kd (cm ³ /g) ^b	52
	GI ^b	0,0001
	BCFp ^c	0,002
	BCFh ^c	0,008
	BCFl ^c	0,002
	BCFf ^c	0,01
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b		
	RfDo (mg/Kg.d) ⁱ	3,00E-04
	RfDi (mg/Kg.d) ⁱ	8,57E-05
	SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
	SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
	RfDd (mg/Kg.d) ⁱ	2,10E-05
	SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS		
a)	U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model	
b)	RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.	
c)	U.S EPA, 1996. Soil Screening Guidance: Technical Background Document.	
OBSERVACIONES		
i.	El nombre de “Mercurio (inorgánico)” fue sustituido por el de “Mercurio (elemental)” en Sept/95. Puesto que en los estudios a partir de los que se derivaron los valores de toxicidad para el mercurio inorgánico se utilizó el cloruro de mercurio y ya que éste es un compuesto específico del mercurio inorgánico, los valores de la RfD por vía oral fueron asignados al “Cloruro de mercurio”. Estos valores también pueden ser utilizados para las “Sales inorgánicas del mercurio”, pero <u>no</u> son de aplicación para el “Mercurio elemental”. Debido a la baja disponibilidad del mercurio elemental, similar a la del sulfuro de mercurio, la Oak Ridge Reservation utiliza el valor provisional de la RfD crónica por vía oral del sulfuro de mercurio como sustituto para la RfD oral del mercurio elemental. No obstante, se ha optado por utilizar la RfD del cloruro de mercurio para la vía oral debido a que en el informe SRC SF 01-016a/09-25-02 <i>Risk Assessment Issue Paper for Evaluation of the Provisional RfD for Mercury Sulfide (CASRN 1344-48-5)</i> se indica que la RfD crónica por vía oral para el cloruro de mercurio puede ser considerada como protectora para el sulfuro de mercurio. La RfD crónica para la vía de inhalación es la que figura en IRIS para el mercurio elemental.	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	20
GI ^b	0,38
BCFp ^c	0,12
BCFh ^c	0,12
BCFl ^c	0,12
BCFf ^c	0,12
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d)	5,00E-03
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d)	1,90E-03
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} Lijzen, J.P.A. et al., 2001. Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groudwater. RIVM report 711701023</p>	
OBSERVACIONES	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	65
GI ^b	0,27
BCFp ^c	0,01
BCFh ^c	0,032
BCFl ^c	0,062
BCFf ^c	0,006
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d) ⁱ	2,00E-02
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
Sfi (mg/Kg.d) ^{-1 ii}	8,40E-01
RfDd (mg/Kg.d) ⁱ	5,40E-03
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} U.S EPA, 1996. Soil Screening Guidance: Technical Background Document</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> Los valores toxicológicos para la RfD crónica por vía oral para el níquel han sido derivados a partir de varias sales solubles del níquel.</p> <p><i>ii.</i> La EPA todavía no ha evaluado el potencial cancerígeno de las sales solubles de níquel, por lo que se ha tomado como factor de pendiente para la vía de inhalación el valor que figura para el polvo de refineras. En este sentido, en ausencia de datos más definitivos, los estudios realizados permiten asumir que la exposición a cualquier compuesto de níquel con un tamaño de partícula lo suficientemente pequeño como para alcanzar los tejidos nasales y de los bronquios supone un riesgo de cáncer. Por otra parte, aunque no existen datos para identificar qué compuestos son los responsables de inducir una respuesta cancerígena, diversos análisis apuntan al óxido de níquel, el subsulfato y el níquel soluble como posibles candidatos.</p>	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	8,3
GI ^b	0,18
BCFp ^c	0,4
BCFh ^c	0,4
BCFl ^c	0,4
BCFf ^c	0,4
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d)	5,00E-03
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d)	9,00E-04
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} U.S EPA, 1999. Screening Level Ecological Risk Assessment Protocol. Appendix C. Media-to-receptor Bioconcentration Factors (BCFs)</p>	
OBSERVACIONES	

PLOMO (Pb)

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	900
GI ^b	0,15
BCFp ^c	0,017
BCFh ^c	0,017
BCFI ^c	0,017
BCFf ^c	0,017
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^{d,i}	
RfDo (mg/Kg.d) ⁱ	3,50E-03
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d)	5,25E-04
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} Lijzen, J.P.A. et al., 2001. Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groudwater. RIVM report 711701023</p> <p>^{d)} WHO, 1996. Guidelines for drinking water quality. Vol II. Health criteria and other supporting information. Second edition. WHO, Geneva.</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> La EPA considera inapropiado desarrollar una RfD para el plomo inorgánico, ya que algunos de los efectos que produce pueden aparecer a concentraciones tan bajas que no existe un umbral seguro por debajo del cual no se produzcan efectos. Por otra parte, el Carcinogen Assessment Group recomienda no utilizar una estimación numérica del potencial carcinogénico del plomo, ya que su cuantificación supone mucha incertidumbre. Por tanto, se ha tomado como RfD el valor toxicológico de WHO, 1996, ya que no se dispone de ninguna otra dosis toxicológica de referencia para el plomo. La RfDd se ha calculado multiplicando esta dosis por el factor de absorción gastrointestinal.</p>	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	5
GI ^b	0,44
BCFp ^c	0,042
BCFh ^c	0,016
BCFl ^c	0,024
BCFf ^c	0,02
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS^b	
RfDo (mg/Kg.d)	5,00E-03
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d)	2,20E-03
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model ^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007. ^{c)} U.S EPA, 1996. Soil Screening Guidance: Technical Background Document.	
OBSERVACIONES	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS ⁱ	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	71
GI ^b	0,15
BCFp ^c	0,004
BCFh ^c	0,004
BCFl ^c	0,004
BCFf ^c	0,004
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d) ⁱⁱ	3,20E-05
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
Sfi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d) ⁱⁱ	6,40E-06
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} U.S EPA, 1999. Screening Level Ecological Risk Assessment Protocol. Appendix C. Media-to-receptor Bioconcentration Factors (BCFs)</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> Parámetros físicoquímicos para las sales solubles del talio.</p> <p><i>ii.</i> No existen valores para la RfD crónica para las sales solubles del talio. Sin embargo, todas las dosis de referencia orales que aparecen en IRIS para los distintos compuestos del talio se han derivado a partir del NOAEL para el sulfato de talio, utilizando los correspondientes pesos moleculares. Por este motivo, se ha calculado una RfDo para el talio elemental utilizando este mismo procedimiento.</p>	

TORIO (Th)

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS ⁱ	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	1,50E+05
GI ^b	0,01
BCFp ^c	8,5E-05
BCFh ^c	8,5E-04
BCFI ^c	8,5E-04
BCFf ^c	8,5E-04
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^{b,i}	
SFo adulto (riesgo/pCi)	8,47E-11
SFo (riesgo/pCi)	2,31E-10
SFalimento (riesgo/pCi)	1,33E-10
SFi (riesgo/pCi)	4,33E-08
SFo agua (riesgo/pCi)	1,01E-10
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} Baes, C.F., Sharp, R.D., Sjoreen, A.L. y Shor, R.W., 1984. A review and analysis of parameters for assessing transport of environmentally released radionuclides through agriculture. U.S Department of Energy</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> Existen diversos valores toxicológicos para el Torio 232 como radionucleido. Se han tomado los que más se asemejan a las vías de exposición consideradas en el modelo.</p>	

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	1000
GI ^b	0,01
BCFp ^c	0,3
BCFh ^c	0,3
BCFI ^{c,i}	0,3
BCFf ^{c,i}	0,3
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d)	7,00E-03
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d)	7,00E-05
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} R. van der Berg, 1994. Human exposure to soil contamination: a qualitative and quantitative analysis towards proposals for human toxicological intervention values. RIVM Report no. 725201011</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> Se ha asimilado el BCF que figura en el CSOIL para los cultivos de hoja a los BCF en las legumbres y las frutas.</p>	

URANIO (U)

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	450
GI ^b	0,85
BCFp ^c	0,004
BCFh ^c	0,0085
BCFl ^c	0,0085
BCFf ^c	0,0085
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^{b,i}	
RfDo (mg/Kg.d)	6,00E-04
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d)	5,10E-04
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} Baes, C.F., Sharp, R.D., Sjoreen, A.L. y Shor, R.W., 1984. A review and analysis of parameters for assessing transport of environmentally released radionuclides through agriculture. U.S Department of Energy</p>	
OBSERVACIONES	
<p><i>i.</i> Se han tomado los parámetros toxicológicos para las sales solubles del uranio</p>	

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	
H ^a	
Di,a (cm ² /s) ^a	
Di,w (cm ² /s) ^a	
Kd (cm ³ /g) ^b	62
GI ^b	0,2
BCFp ^c	0,024
BCFh ^c	0,25
BCFl ^c	0,036
BCFf ^c	0,046
PARÁMETROS TOXICOLÓGICOS ^b	
RfDo (mg/Kg.d)	3,00E-01
RfDi (mg/Kg.d)	
SFo (mg/Kg.d) ⁻¹	
SFi (mg/Kg.d) ⁻¹	
RfDd (mg/Kg.d)	6,00E-02
SFd (mg/Kg.d) ⁻¹	
REFERENCIAS	
<p>^{a)} U.S EPA, 1989. RISC WorkBench – U.S EPA Risk Assessment Guidance for Superfund model</p> <p>^{b)} RAIS (2007): Risk Assessment Information System. US Department of Energy, update May 2007.</p> <p>^{c)} U.S EPA, 1996. Soil Screenig Guidance: Technical Background Document.</p>	
OBSERVACIONES	