



SD-MUR. El compromiso con el medio ambiente en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Organizada por Región de Murcia. Consejería de Agricultura y Agua

CONTAMINACIÓN DE SUELOS

María José Martínez Sánchez
Carmen Pérez Sirvent

Universidad de Murcia



Universidad de Murcia

María José Martínez Sánchez - Carmen Pérez Sirvent

Grupo de investigación E08-48
"Contaminación de suelos"

Universidad de Murcia

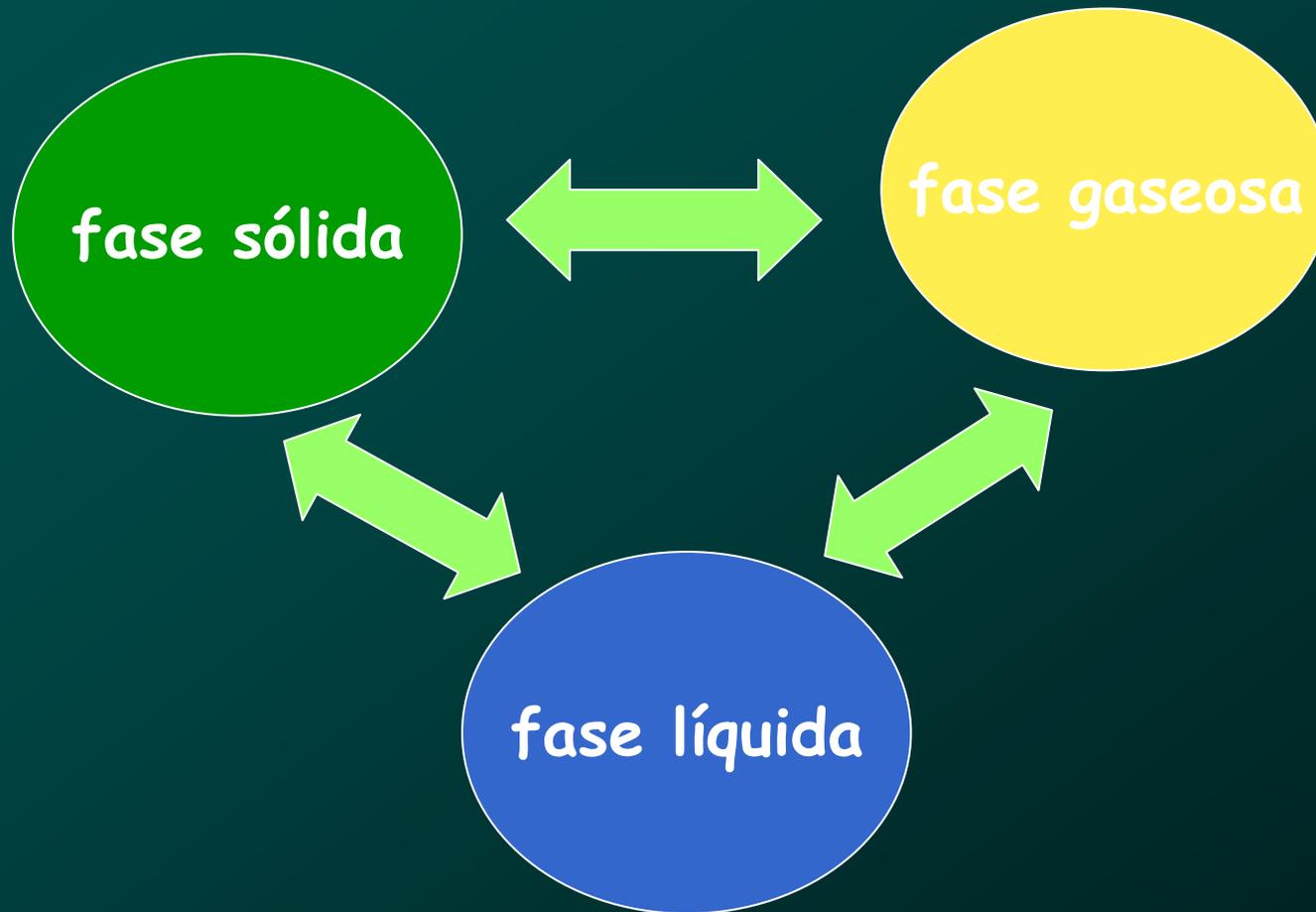


¿Que es el Suelo?

Es la capa viva de transformación de la corteza terrestre sólida, formada bajo el influjo de la vida y de las especiales condiciones ambientales de un hábitat biológico, sometida a un cambio estacional permanente y a un desarrollo característico.

Kubiena, 1940

Constituyentes del suelo

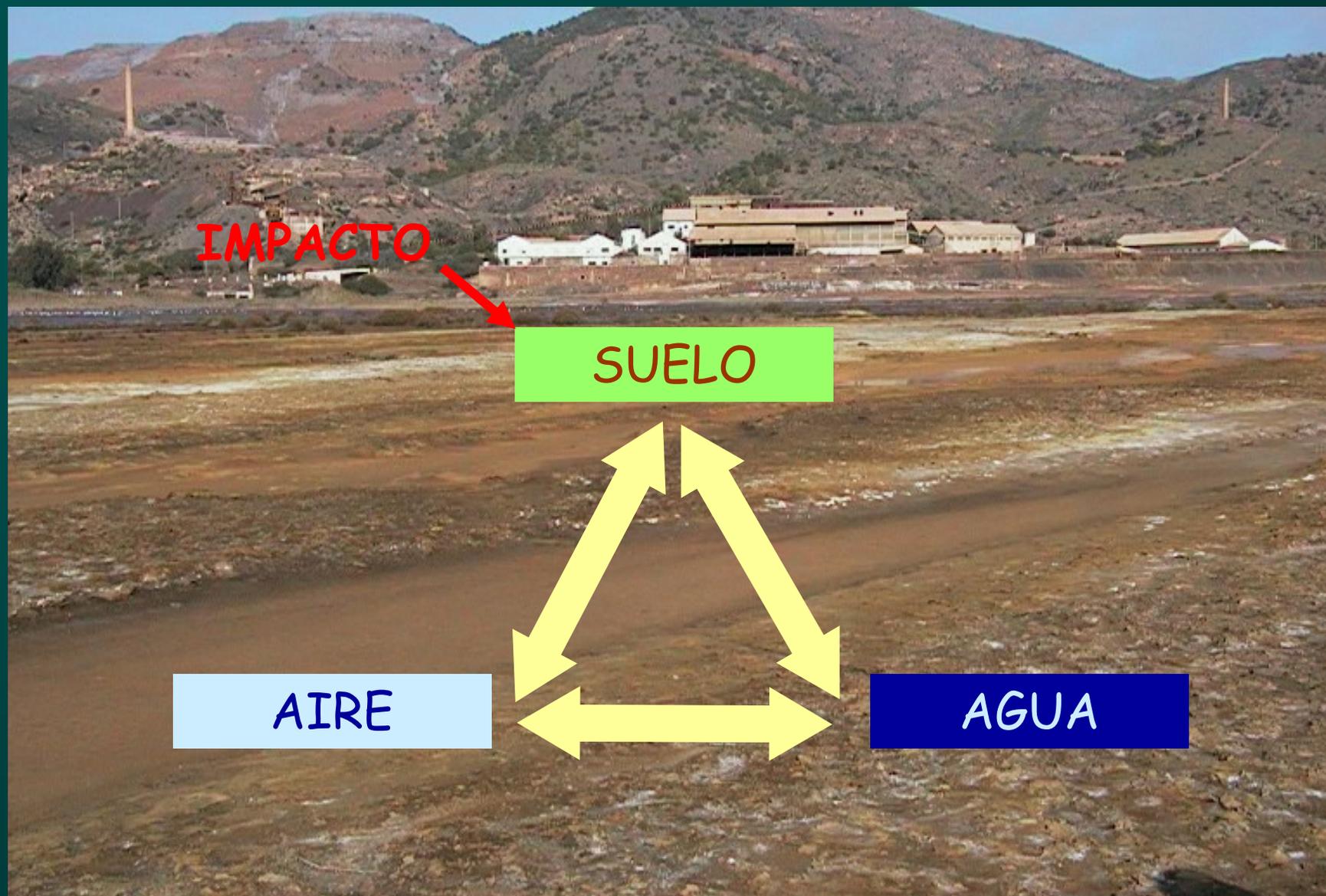


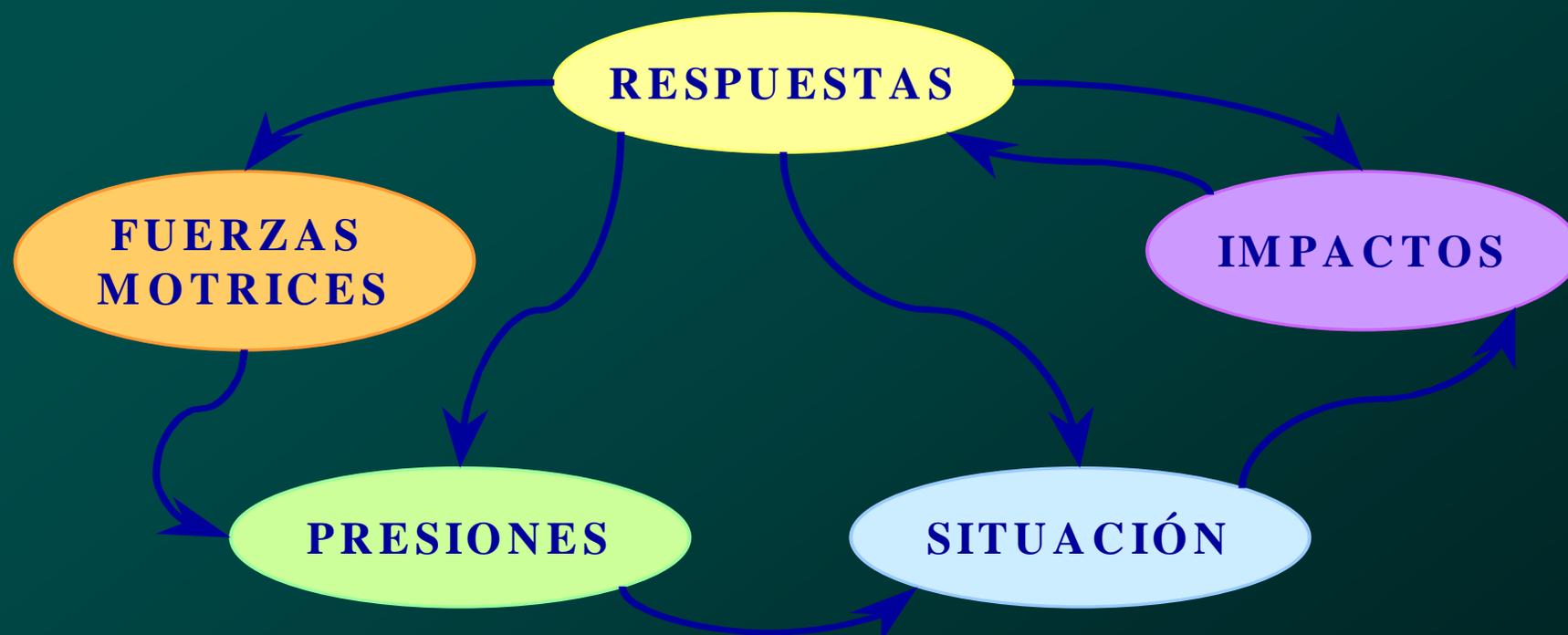
El Suelo

Su constitución es lenta, y pueden llegar a ser una fuente no renovable.

La historia de la Humanidad está indisociablemente ligada a los suelos.

El suelo constituye el punto frágil del Medio Ambiente, indispensable para la vida, por lo que debe ser objeto prioritario de conservación.





Marco FPSIR para informar sobre cuestiones medioambientales (AEMA, 2000).

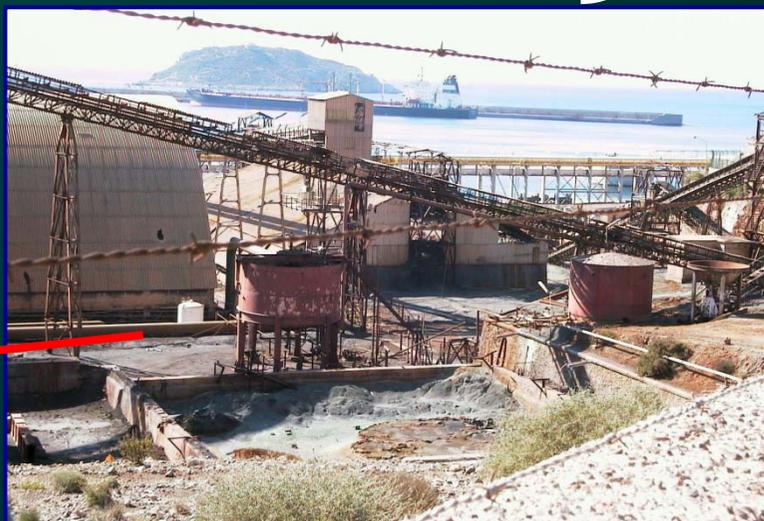
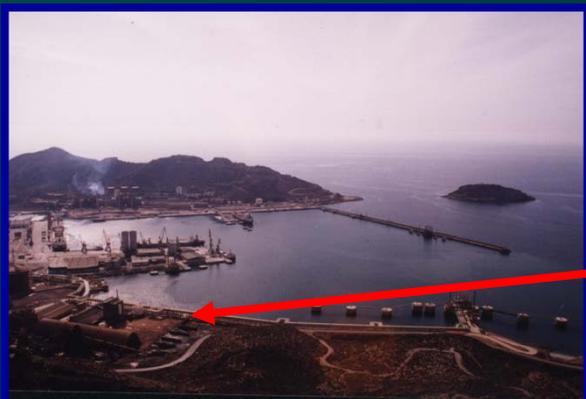
Respuestas para la protección del suelo

- Cumbre de Rio de 1992
 - ✓ Suelo medio receptor de contaminación, medio sensible y vulnerable
 - ✓ Desarrollo sostenible - protección del suelo

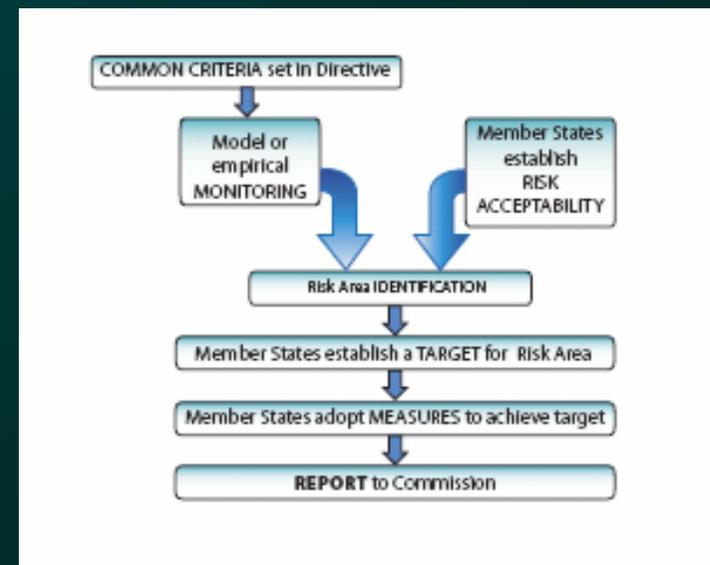
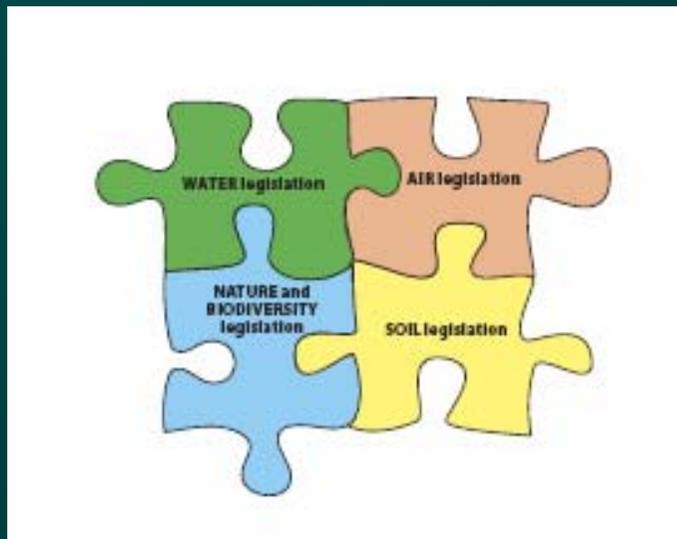
- Estrategia temática europea de protección del suelo

- Ley de Residuos 10/1998 de 21 de Abril
- R.D. /2005 de 14 de enero

Criterios normalizados de valoración de la contaminación de origen antrópico



- COM(2006) 232 final 2006/0086 (COD)
- Propuesta de DIRECTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO por la que se establece un marco para la protección del suelo y se modifica la Directiva 2004/35/CE



Contaminación del suelo

Contaminación local

Emplazamientos contaminados
(industria, vertedero, etc.)

Rocas con contenido geogénico elevado
de metales (serpentinitas)

Explotaciones minerometalúrgicas

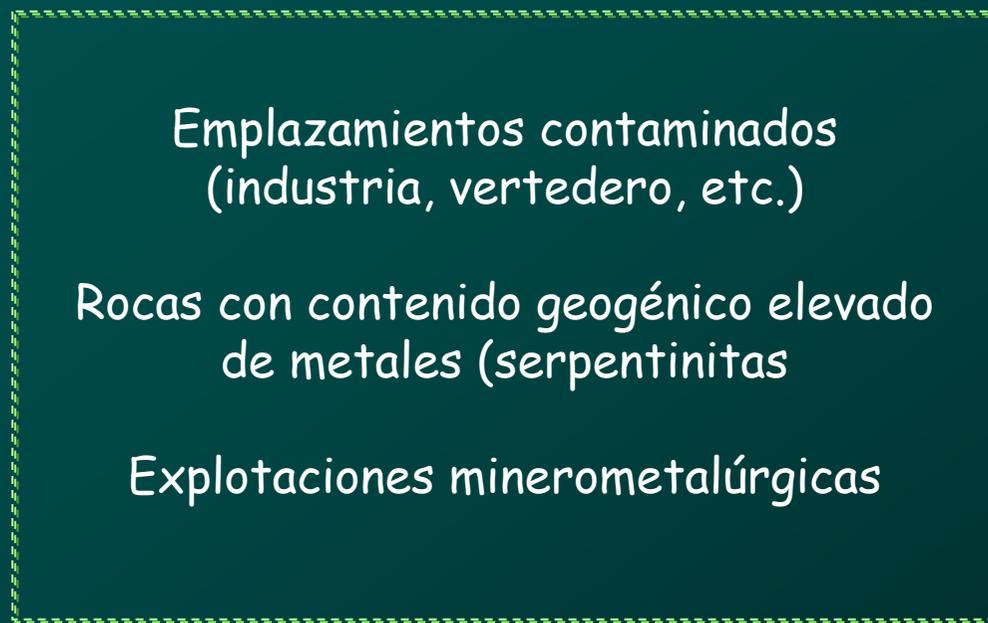
Contaminación difusa

Agricultura (fertilizantes,
lodos de depuradora,
plaguicidas, etc,)

Tráfico

Deposición de material
soluble y particulado

Erosión hídrica
Erosión eólica



Fuentes contaminantes según su procedencia

Residuos Industriales



Residuos Inertes
Escorias de desfosforilación
Residuos Tóxicos y peligrosos.
Aceites usados
Residuos radiactivos
Refinerías
Industrias obsoletas



Residuos Mineros



Metales pesados solubles y
particulados



Metal Pesado

- Metal pesado, de manera general, se considera a aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 6 gr/cm^3 cuando está en forma elemental (Kabata-Pendias et al., 1992), o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo alcalinos y alcalino-térreos).
- Su presencia en la corteza terrestre es inferior al 0,1% y casi siempre menor del 0,01%. Junto a estos metales pesados hay otros elementos químicos que aunque son metales ligeros o no metales se suelen englobar con ellos por presentar orígenes y comportamientos asociados; es este el caso del arsénico, bario, boro y selenio.



Rango de contenido en metales pesados en suelos europeos en mg.kg-1



Material	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Depositos aluviales o glaciales no diferenciados	0.07 -0.76	7 - 40	4 - 30	0.02 - 0.24	4 - 4	6 - 64	13 - 128
Rocas Calcareas	0.26-1.23	10 - 56	12 - 24	0.06-0.23	13 - 39	16 - 63	49 - 100
Arcillas	0.14-0.90	9-50	7-22	0 05- 0 13	7-36	9-37	25 - 78
Areniscas	0.09-0.30	5 - 37	2-21	0.04-0.18	3-22	9 - 39	6-62
Limos	0.10-0.85	10-62	8-21	0.04-0.18	9-29	11 - 4	35 - 86
Formaciones detriticas	0.18-1.23	16-49	12 - 24	0.10-0.13	21-32	17 - 46	52 - 107
Rocas cristalinas y migmatitas	0.11 0.94	8 - 43	11 - 31	0.04 - 0.20	10 - 38	15 - 73	40 - 101
Rocas volcanicas	0.25 - 148	10 - 68	10-32	0.11 - 029	8 - 48	26 - 58	55 - 130
Otras rocas	0.10-1.00	5 - 40	4-32	0.07-0.24	3-37		

Nivel de fondo de varios paises

	Suecia	Canadá	Gran Bretaña	Francia
As	-	5	0.1-40	-
Cr	39	2.5	5-500	64-8
Ni	12	20	5-500	29.7
Cu	14	30	2-100	12.4
Zn	49	60	10-300	72
Co	17	10	1-40	13.9
Pb	28	25	2-200	31.2
Mo	-	2	0.2-5	-
Cd	-	0.5	0.01-1	0.13
Ba	-	200	-	-
Hg	-	0.1	0.1-0.5	-
Tl	-	-	-	0.29

	Valores de fondo en suelos forestales sobre litologías diferentes					
	Granitos	Pizarras	Esquistos	Anfíboles	Gabros	Serpentinas
Co	10-60	15-45	8-15	25-80	30-75	-
Cu	1-75	8-64	3-89	5-150	8-73	5-2778
Cr	3-312	7-84	8-294	17-310	50-270	547-31815
Ni	10-157	12-55	7-150	10-135	26-100	865-2989
Pb	10-490	30-75	15-565	20-100	15-70	-
Zn	5-133	11-63	22-132	21-129	36-159	-

Valores fondo Galicia

En general, los contaminantes incorporados al suelo pueden seguir diferentes vías:

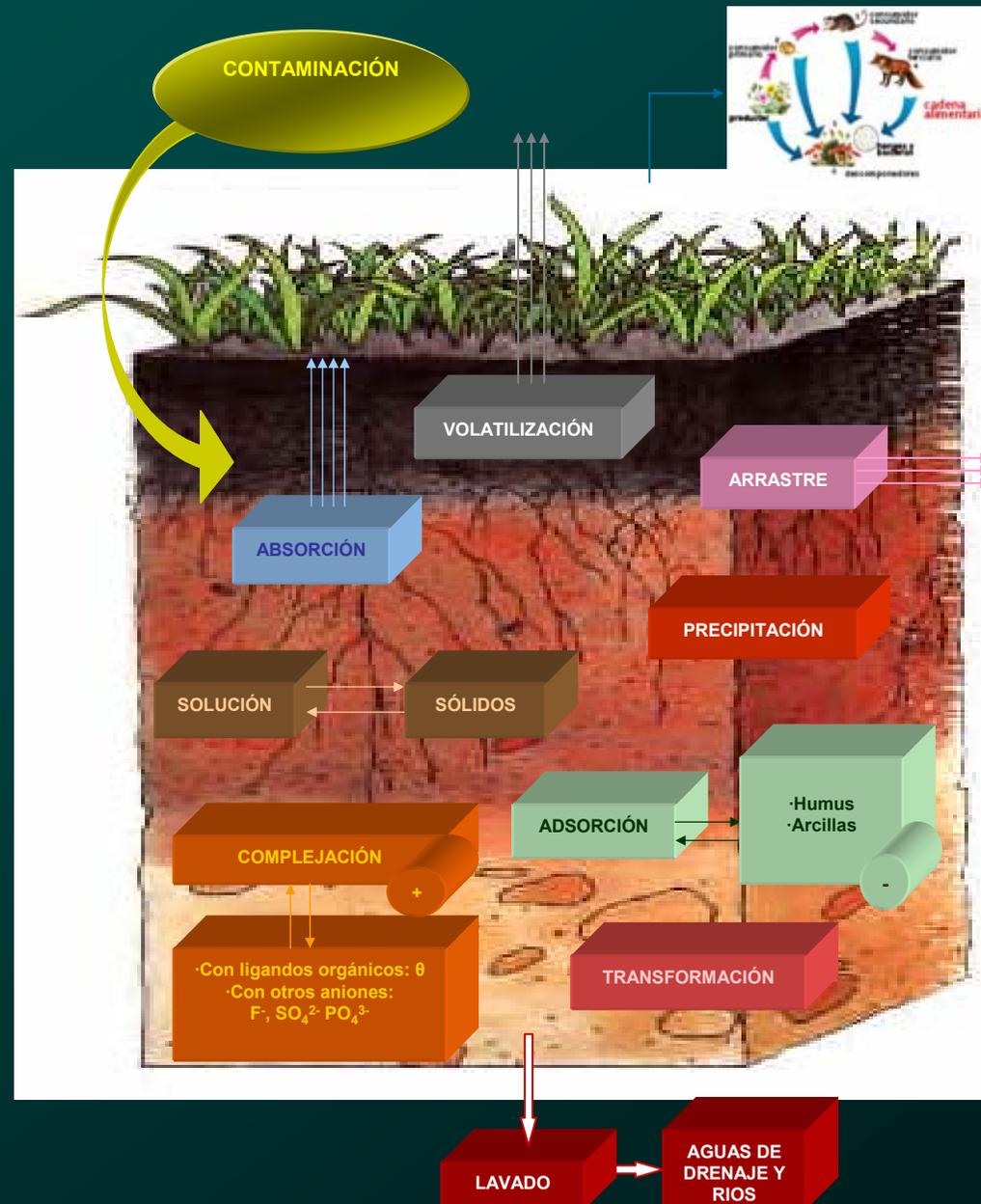
- Pueden quedar retenidos en el suelo
- Pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas
- Pueden pasar a la atmósfera por volatilización
- Pueden movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas

Factores que influyen en la movilización de metales pesados en el suelo:

Características del suelo

Naturaleza de la contaminación

Condiciones medioambientales





Natural

- Fracción soluble
- Fracción asimilable por las plantas
- Fracción movilizable en suelos carbonatados

MOVILIDAD

Potencial

- Fracción movilizable en condiciones reductoras
- Fracción asimilable por vía de ingesta

Suelo contaminado

Es aquel cuyas características han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes químicos de carácter peligroso de origen humano, en concentración tal que comporte un riesgo inaceptable para la salud humana o el medio ambiente, y así se haya declarado mediante resolución expresa.

Actividades potencialmente contaminantes del suelo

Son aquellas actividades de tipo industrial o comercial en las que, ya sea por el manejo de sustancias peligrosas ya sea por la generación de residuos, pueden contaminar el suelo.

• Clasificación Nacional de Actividades Económicas R. D. 1560/1992, de 18 de diciembre, (CNAE-93), modificado por el R. D. 330/2003, de 14 de marzo, Anexo I, o en alguno de los supuestos del artículo 3.2.



Criterios

Son procedimientos para la valoración de los indicios racionales que permiten presuponer o descartar la existencia de contaminación en el suelo y, en el caso de que existiesen evidencias analíticas de tal contaminación, los niveles máximos de riesgo admisible asociado a esta.

USOS DEL SUELO

Uso industrial del suelo: aquel que tiene como propósito principal el de servir para el desarrollo de actividades industriales, excluidas las agrarias y ganaderas.

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.

Otros usos del suelo: aquellos que, no siendo ni urbano ni industrial, son aptos para el desarrollo de actividades agrícolas, forestales y ganaderas.



Riesgo

Es la probabilidad de que un contaminante presente en el suelo entre en contacto con algún receptor con consecuencias adversas para la salud de las personas o el medio ambiente.



Nivel genérico de referencia (NGR)



Es 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 y calculada de acuerdo con los criterios recogidos en el anexo VII.

Estándares

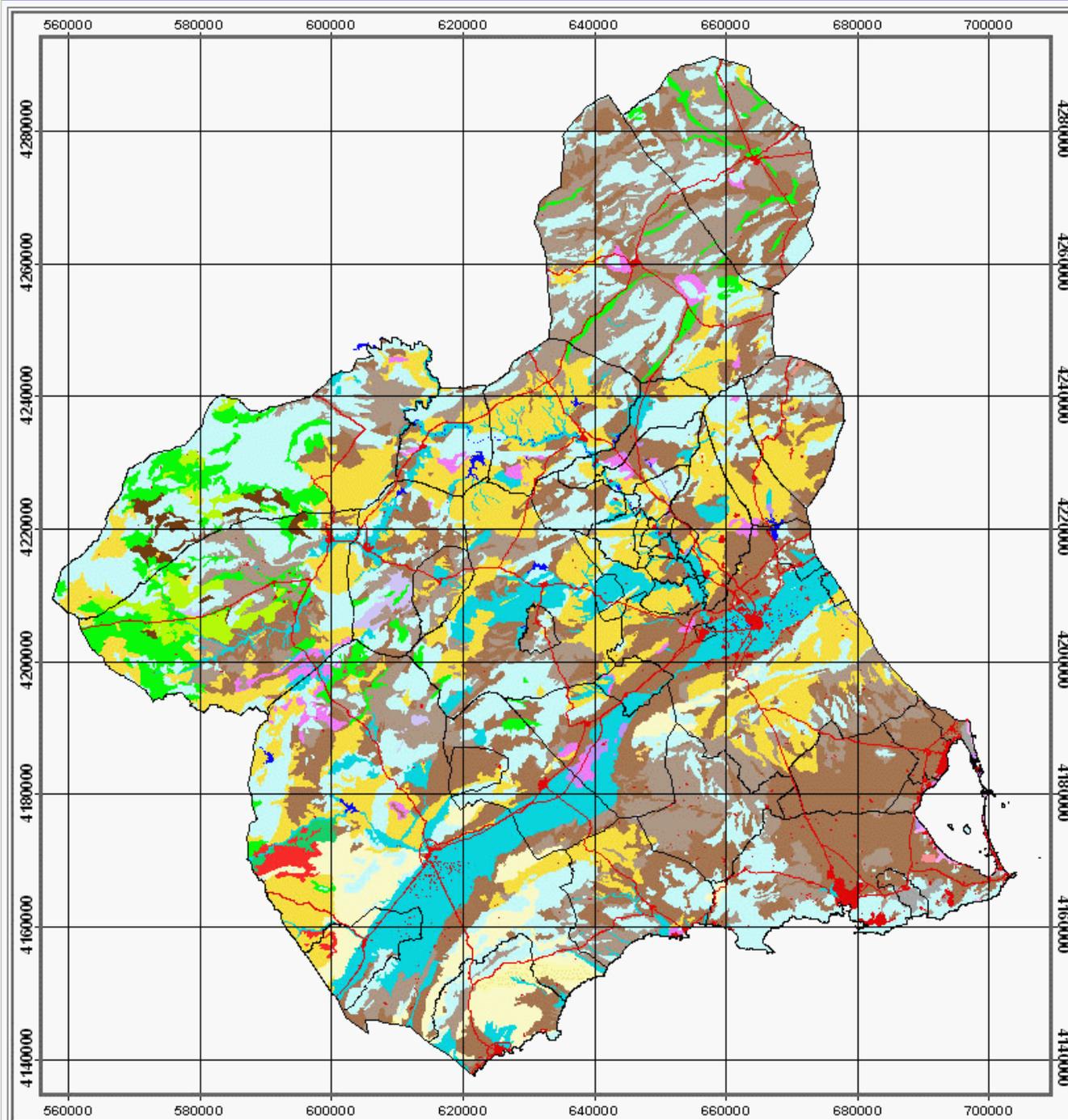
Es el conjunto de niveles genéricos de referencia de los contaminantes de relevancia para un suelo.

Estos se establecen atendiendo a la protección de la salud humana o, en su caso, a la protección de los ecosistemas.

Bases para determinar el diseño de muestreo

Se han tenido en cuenta los criterios descritos en el Real Decreto de 9/2005 de 18 de Enero:

- ❖ La probabilidad de tomar muestras de suelos que no hayan podido tener una contaminación antrópica sea máxima y,
- ❖ Los sustratos geológicos sean de similares características a aquellos en los que puedan estar o hayan estado establecidas las actividades potencialmente contaminadoras del suelo.



Región de Murcia



Mapa de suelos

Leyenda (*)

- Arenosoles álbicos
- Cambisoles cálcicos
- Cambisoles eútricos
- Cambisoles petrocálcicos
- Fluvisoles calcáricos
- Gleysoles calcáricos
- Kastanosems cálcicos
- Litosoles
- Regosoles calcáricos
- Regosoles eútricos
- Regosoles litorródicos
- Regosoles litosólicos
- Rendsinas áridicas
- Rendsinas órticas
- Solonchacks gléicos
- Solonchacks órticos
- Vertisoles crómicos
- Xerosoles cálcicos
- Xerosoles gípsicos
- Xerosoles lúvicos
- Xerosoles petrocálcicos
- Zona militar o minera
- Núcleos de población
- Red hidrográfica (embalses)

(*)

La leyenda de colores omite información sobre la existencia de suelos en fase salina, las asociaciones o las inclusiones. Para conocer estos datos debe utilizarse la información proporcionada en los enlaces a fuentes cartográficas.



Escala de referencia para la Cartografía de suelos:
1:100.000

Base cartográfica:
Servicio Geográfico del Ejército 1:50.000
Proyección
UTM ED50











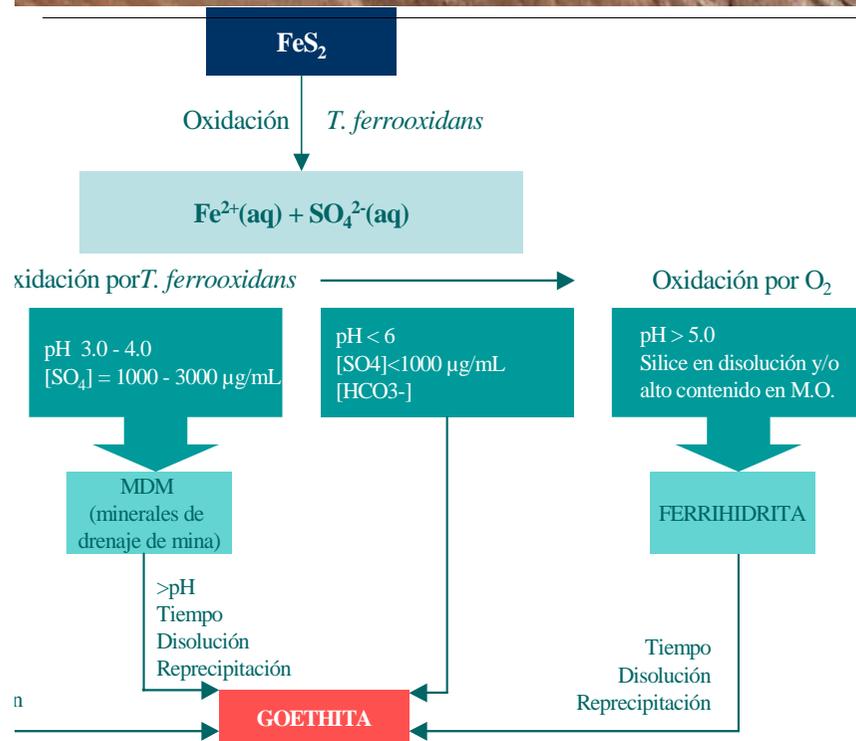




Zonas mineras



	Zn (mg kg ⁻¹)	Cd (mg kg ⁻¹)	Pb (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)
Máximo	53120	322	24340	2255
Media	10140	31	7180	191
Mínimo	624	1	228	21
Desv. estándar	11220	46	6430	283



Modelo Biogeoquímico para la precipitación de algunos minerales en las zonas de minas ricas en sulfatos. Modificado de Risham y col

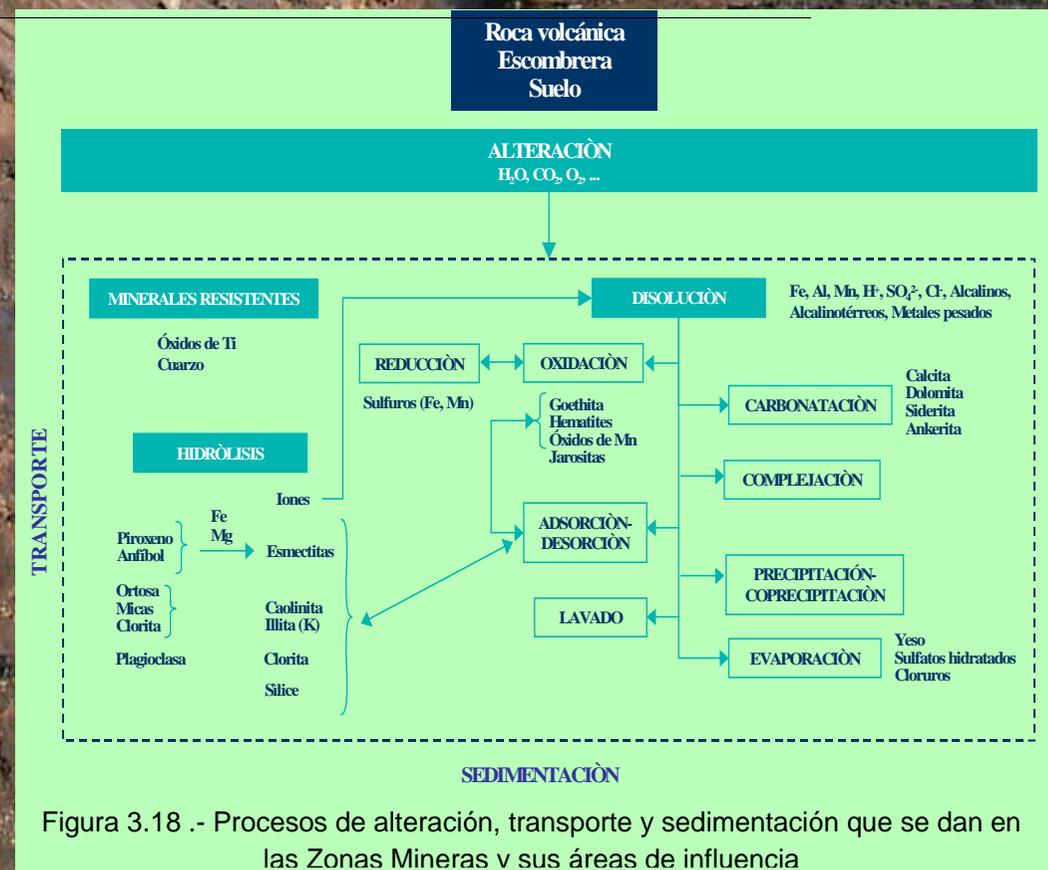
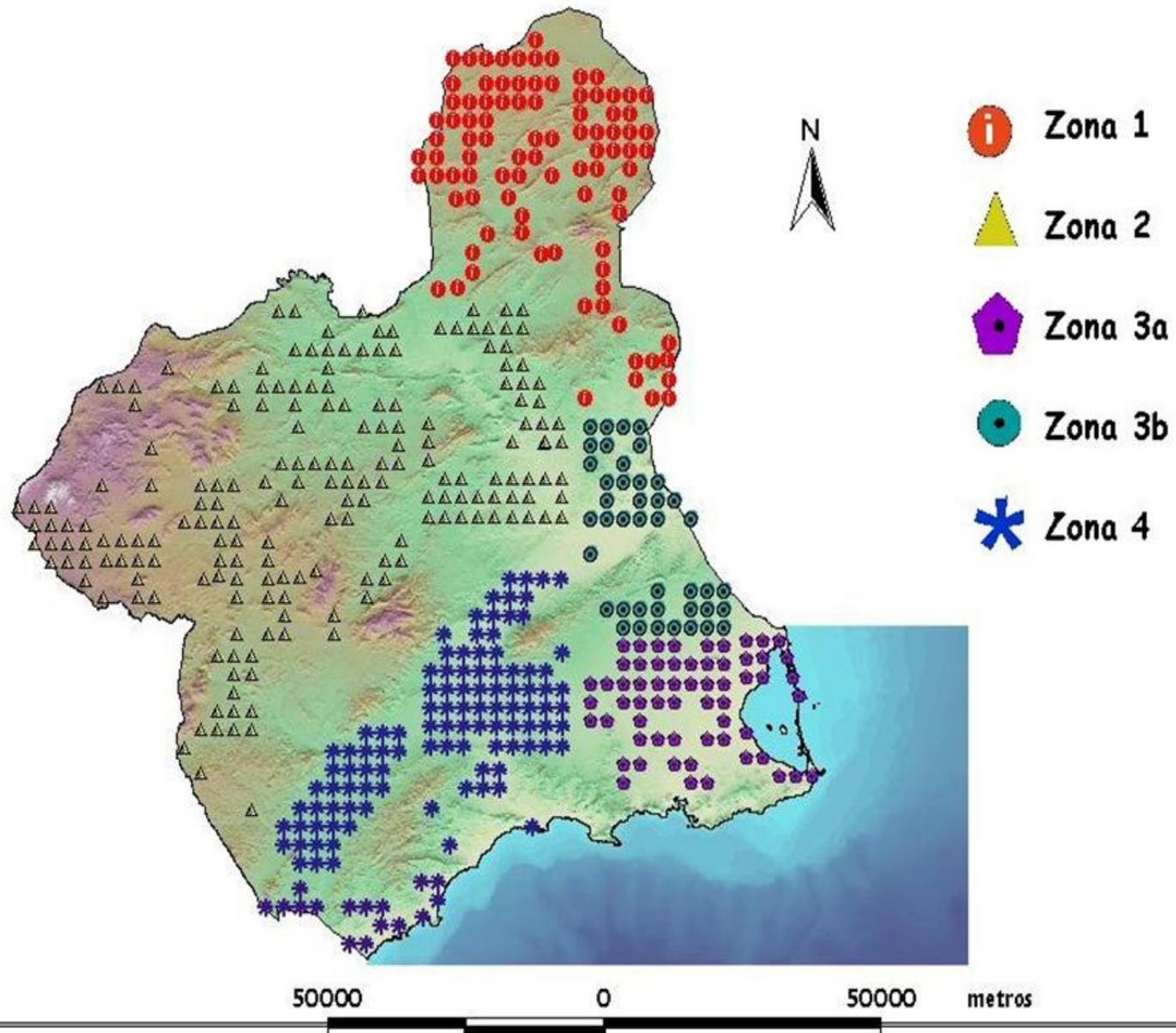


Figura 3.18.- Procesos de alteración, transporte y sedimentación que se dan en las Zonas Mineras y sus áreas de influencia

Distribución de Zonas y Puntos de Muestreo



Criterios para identificar zonas de exclusión

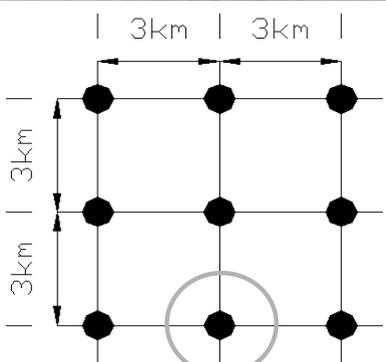
- 1 Km en puntos potencialmente contaminados (áreas urbanas e industriales, vertederos, etc.)
- Zonas montañosas adyacentes
- Zonas mineras.
- Puntos de muestreo analizados en el presente estudio y rechazados, indicaban por su mineralogía que podían tener una contaminación antrópica de origen minero, no geogénica, así como otros de origen industrial.

Diseño de muestreo

TOMA DE MUESTRAS



Malla cuadriculada de 3 por 3 km.



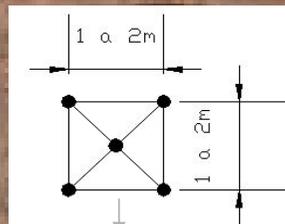
Georeferenciación de los puntos



Toma de coordenadas

Tratamiento de los datos:
software específico

Toma de muestras



10 muestras
(0- 25 cm) y (25-60 cm)

Mezcla y
homogeneización

Muestra representativa
del punto de muestreo

Laboratorio

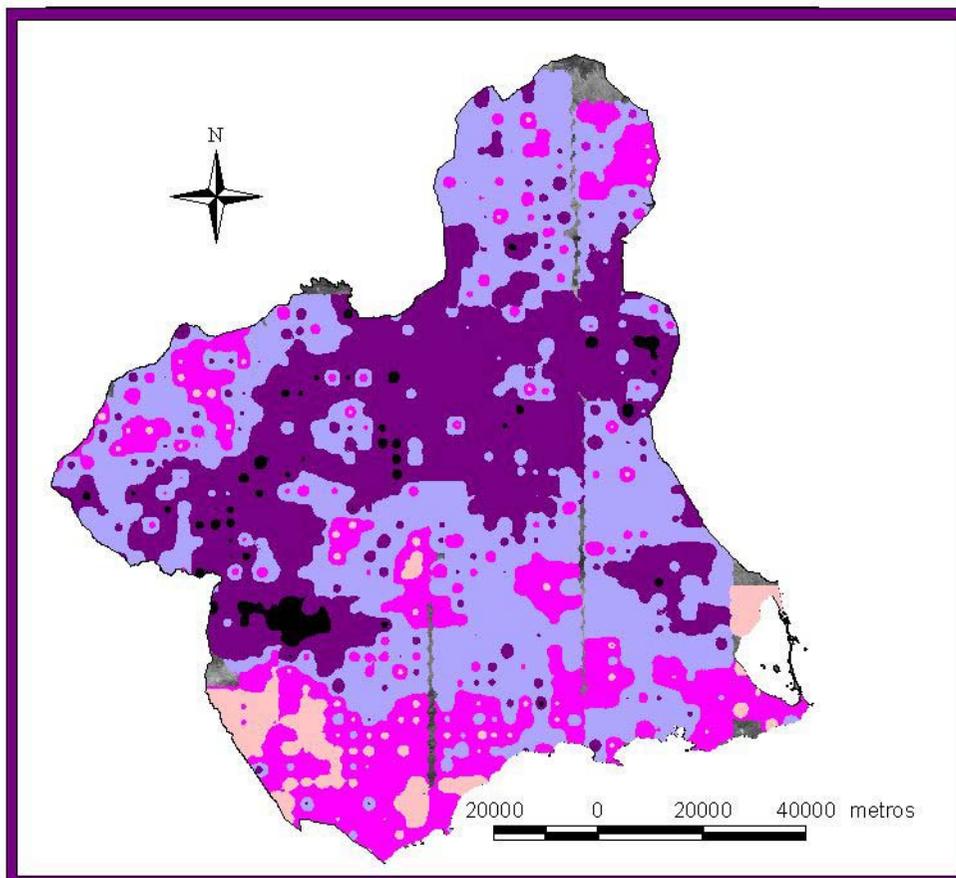
Secado

Tamizado a 2 mm.

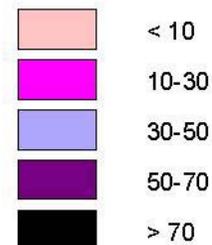
Determinaciones
analíticas

Características de los suelos más relacionados con el comportamiento de los metales pesados en ellos

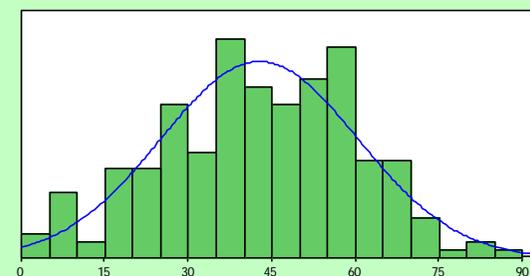
- El carbono orgánico, se ha expresado como contenido en materia orgánica.
- Valores de pH
- La conductividad eléctrica (CE) (dS m^{-1} a 25°C medida en el extracto de saturación)
- Análisis granulométrico.
- El carbonato cálcico equivalente



% Carbonato Cálcico



CARBONATO CÁLCICO ZONA 1



Anderson-Darling Normality Test
 A-Squared 0,60
 P-Value 0,117

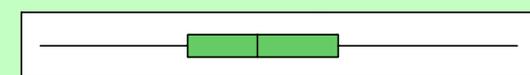
Mean 42,740
 StDev 17,716
 Variance 313,858
 Skewness -0,140498
 Kurtosis -0,475490
 N 215

Minimum 3,300
 1st Q quartile 29,800
 Median 42,300
 3rd Q quartile 56,800
 Maximum 89,100

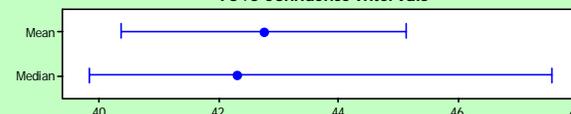
95% Confidence Interval for Mean
 40,359 45,122

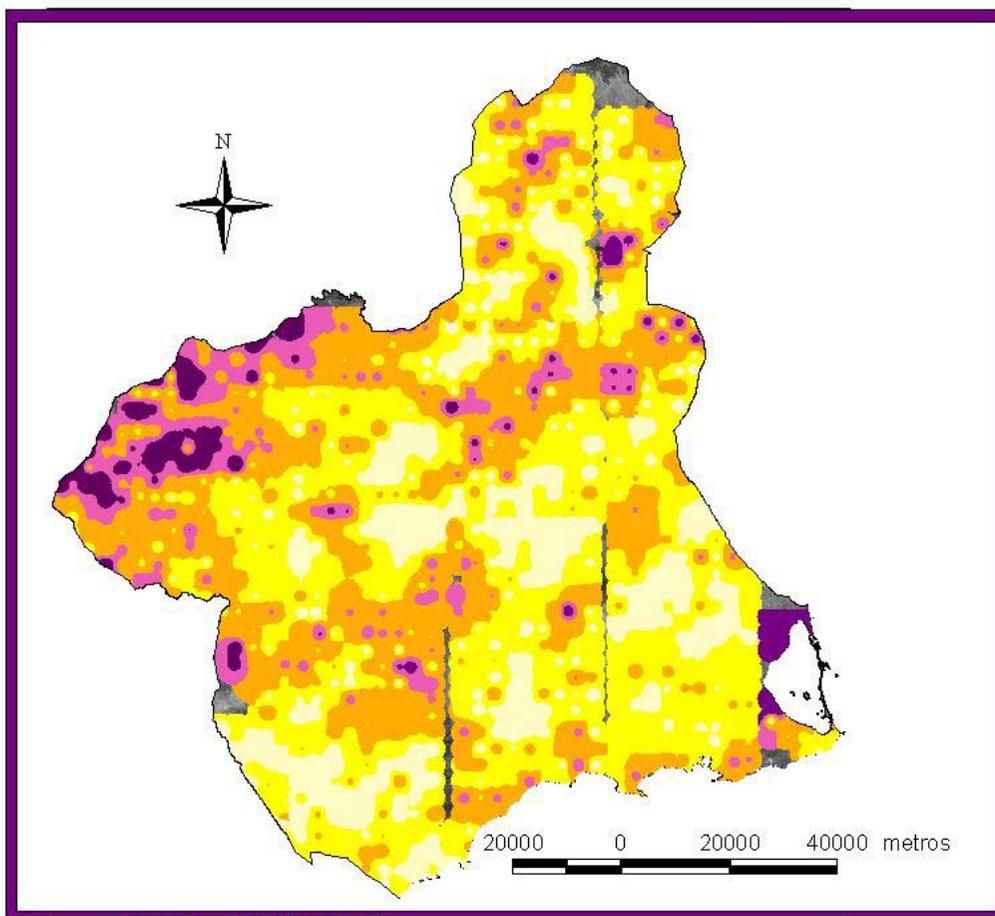
95% Confidence Interval for Median
 39,832 47,569

95% Confidence Interval for StDev
 16,185 19,570

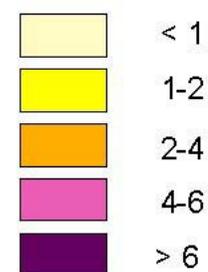


95% Confidence Intervals

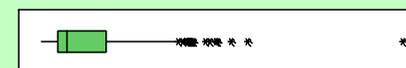
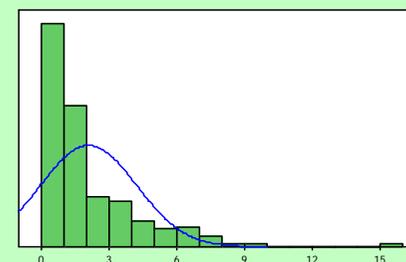




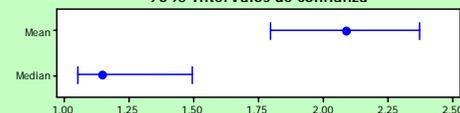
% Materia Orgánica



MATERIA ORGÁNICA ZONA 1



95% Intervalos de confianza



Anderson-Darling Normality Test

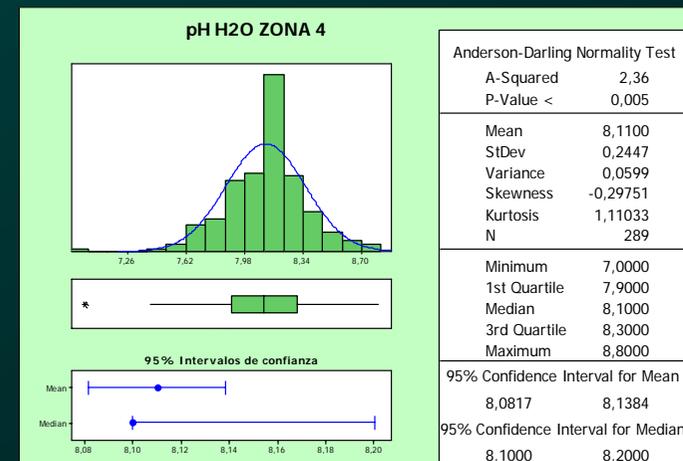
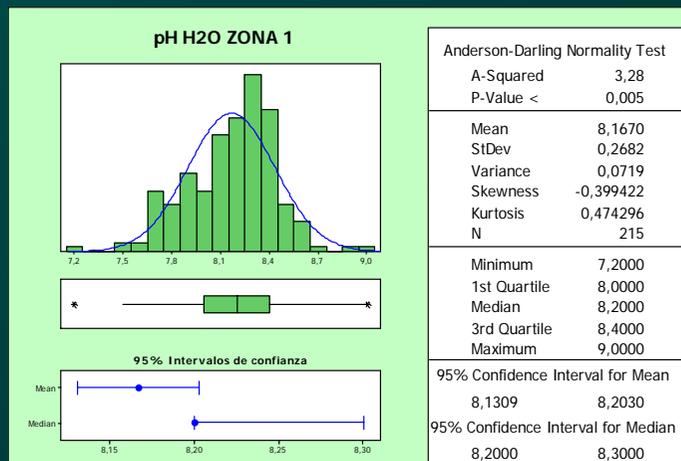
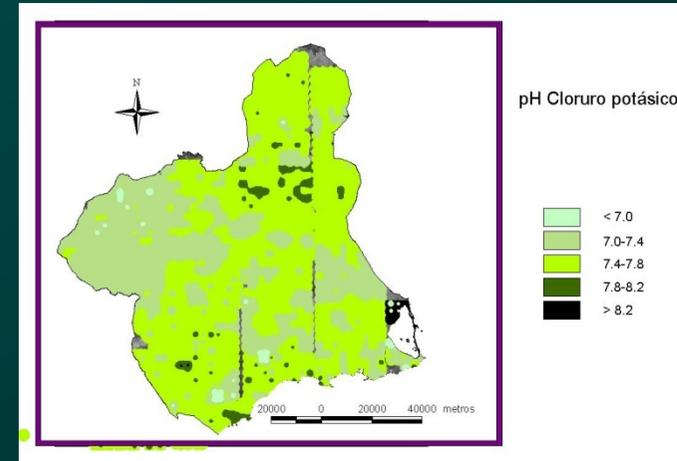
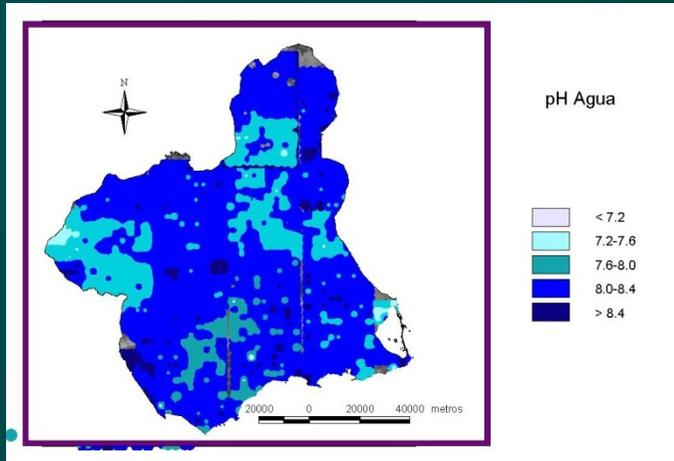
A-Squared	15,73
P-Value <	0,005

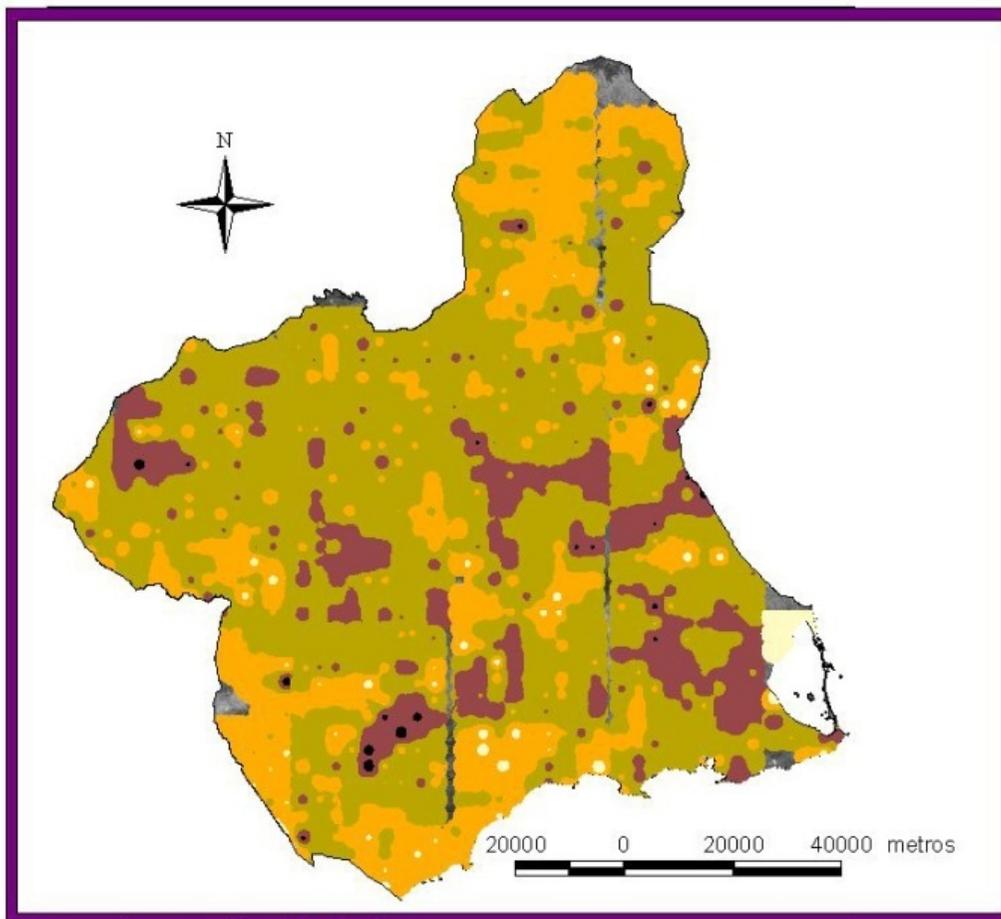
Mean	2,0839
StDev	2,1196
Variance	4,4926
Skewness	2,37413
Kurtosis	8,86606
N	215

Minimum	0,0300
1st Quartile	0,7500
Median	1,1500
3rd Quartile	2,8700
Maximum	16,0000

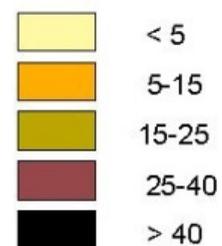
95% Confidence Interval for Mean	1,7990	2,3688
----------------------------------	--------	--------

95% Confidence Interval for Median	1,0566	1,4968
------------------------------------	--------	--------

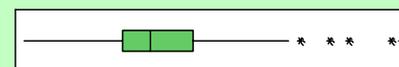
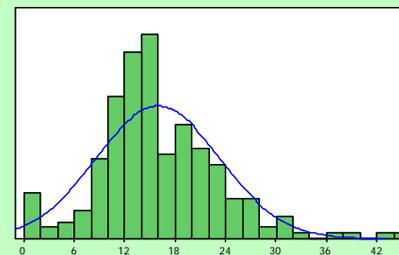




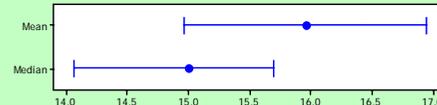
% Arcilla



ARCILLA ZONA 1



95% Intervalos de confianza



Anderson-Darling Normality Test

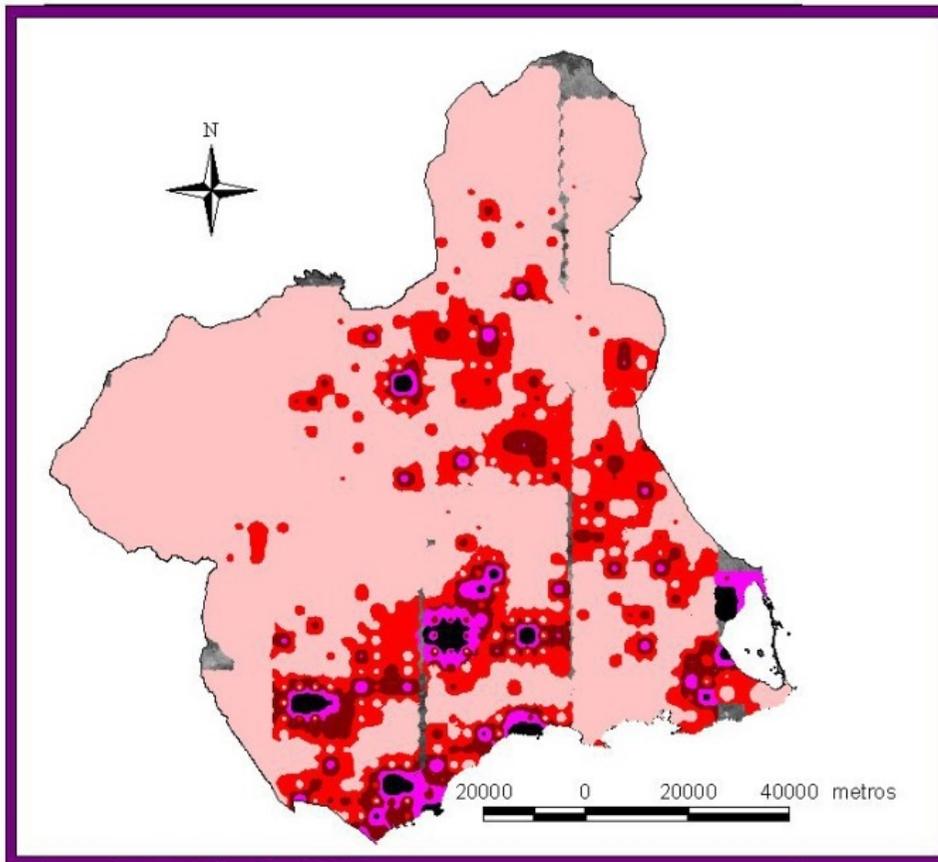
A-Squared 2,29
P-Value < 0,005

Mean 15,953
StDev 7,332
Variance 53,763
Skewness 0,68160
Kurtosis 1,88070
N 215

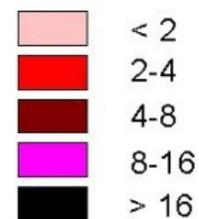
Minimum 0,000
1st Quartile 11,800
Median 15,000
3rd Quartile 20,100
Maximum 44,900

95% Confidence Interval for Mean
14,967 16,939

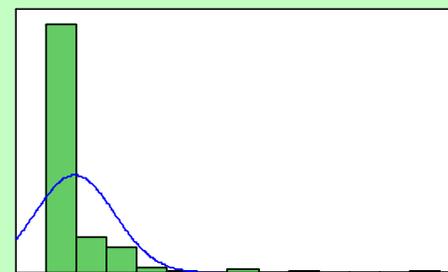
95% Confidence Interval for Median
14,066 15,700



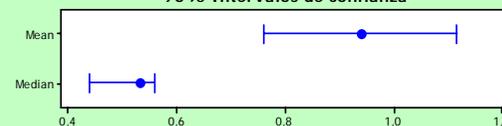
Conductividad Eléctrica
dS/m



CONDUCTIVIDAD ELECTRICA ZONA 1



95 % Intervalos de confianza



Anderson-Darling Normality Test

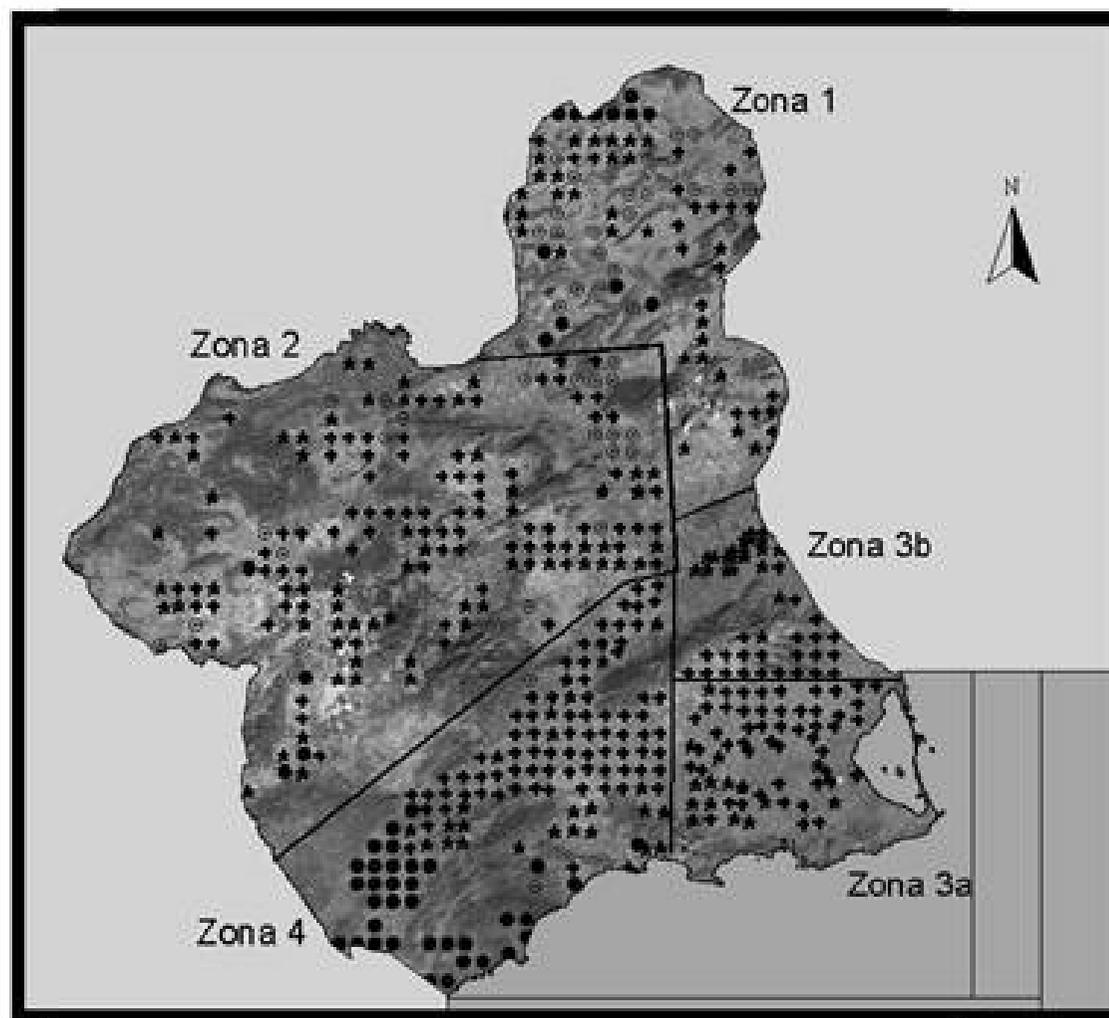
A-Squared	30,71
P-Value <	0,005

Mean	0,9379
StDev	1,3177
Variance	1,7365
Skewness	5,0331
Kurtosis	34,1696
N	215

Minimum	0,0400
1st Quartile	0,3600
Median	0,5300
3rd Quartile	0,9400
Maximum	12,5000

95% Confidence Interval for Mean	
0,7608	1,1151

95% Confidence Interval for Median	
0,4400	0,5600



Grupos Minerales

- 1
- ⊕ 2
- ⊕ 3
- ★ 4

- Otras Provincias
- Mar Mediterráneo

10 0 10 20 kilómetros

Grupo 1

	Media	Error std. media	Desviación estánd	Varianza	Coef. variación	Mínimo	Máximo	Q1	Mediana	Q3
Filo	50.14	1.62	10.63	112.93	21.19	30.00	64.00	40.00	52.00	60.00
Filo 14	4.16	0.43	2.81	7.90	67.53	1.00	12.00	2.00	4.00	6.00
Filo 10	45.98	1.49	9.78	95.69	21.28	24.00	61.00	37.00	47.00	54.00
Feld.	4.98	0.84	5.51	30.36	110.71	0	31.00	2.00	3.00	7.00
Cuar.	26.21	0.82	5.37	28.88	20.51	18.00	42.00	22.00	26.00	30.00
Calc.	13.28	1.67	10.93	119.49	82.32	1.00	41.00	5.00	11.00	18.00
Dol.	4.49	0.67	4.40	19.35	98.01	1.00	20.00	1.00	2.00	6.00
Yeso	0.14	0.10	0.64	0.41	458.13	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00
Hem.	0.77	0.13	0.87	0.75	113.16	0.00	3.00	0.00	1.00	1.00



Variable	Mínima	Máxima	Media	Desviación e
GRUPO 1				
Filosilicato	30	64	50	10.6
Filosilicato 14	1	12	4	2.8
Filosilicato 10	24	61	45	9.7
Feldespató	0	31	5	5.5
Cuarzo	18	42	26	5.4
Calcita	1	41	13	10.9
Dolomita	1	20	4	4.4
Yeso	0	3	<1	0.6
Hematites	0	3	<1	0.9
GRUPO 2				
Filosilicato	0	27	9	8.7
Filosilicato 14	0	9	1	1.8
Filosilicato 10	0	26	8	8.4
Feldespató	0	22	7	6.5
Cuarzo	1	46	16	10.5
Calcita	2	47	21	12.8
Dolomita	25	68	43	13.2
Yeso	0	26	2	7.2
Hematites	0	4	<1	<1

Relaciones significativas entre metales pesados y características del suelo,

- La mejor correlación se presentaba entre la composición mineralógica de las muestras y los metales pesados que contenían.
- Al aplicar el estudio estadístico a las variables relacionadas con las características generales de estos suelos no se ha obtenido una buena separación de los grupos, ya que la mayor parte de estas variables no están relacionadas con el contenido en metales de las muestras
- Los contenidos en metales totales obtenidos en este trabajo pueden considerarse como representativos del fondo geoquímico en la zona de estudio.

El comportamiento de los metales pesados en estos suelos está condicionado por la fracción mineral a la que se encuentran asociados

Metodología para la determinación de Niveles de Fondo y Niveles genéricos de referencia.

El nivel genérico de referencia se ha calculado siguiendo los criterios propuestos en el Real Decreto de 14 de enero de 2005:

- *“los resultantes de sumar a la concentración media el doble de la desviación estándar de las concentraciones existentes en suelos de zonas no contaminadas y con sustratos geológicos de similares características.”*
- “A efectos de evaluación de la contaminación del suelo, los Niveles Genéricos de Referencia para metales serán únicos y, por tanto, aplicables a cualquier uso del suelo y atendiendo tanto a la protección de la salud humana como a la protección de los ecosistemas.”

Criterio de selección

- Los niveles de metales pesados, tanto de fondo como de referencia en las distintas zonas se determinarán con carácter general :
 - **por grupos mineralógicos**
- **La mediana, se tomó como nivel de fondo.**

. Niveles de fondo de metales pesados en los suelos seleccionados de la Región de Murcia



Niveles de fondo (ppm)						
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3a	ZONA 3b	ZONA 4	Global
Antimonio	1.1	1.6	0.8	0.5	1.1	1.0
Arsénico	5.1	6.5	7.0	6.5	8.1	6.9
Cadmio	0.40	0.20	0.32	0.28	0.12	0.26
Cinc	16.30	32.90	41.40	33.90	55.20	38.20
Cobalto	5.4	9.3	9.3	9.2	7.7	8.1
Cobre	12.4	22.6	12.6	13.7	18.7	16.8
Cromo	24.0	41.4	40.4	32.4	44.6	37.9
Mercurio	0.05	0.05	0.37	0.36	0.05	0.05
Níquel	18.7	25.0	21.7	20.8	16.8	19.4
Plomo	2.5	3.1	9.3	6.9	9.8	5.4
Selenio	0.26	0.34	0.57	0.63	0.22	0.36
Talio	0.40	0.35	0.12	0.10	0.10	0.20

**GR metales pesados Zona 1
(mg/ Kg)**

	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
Antimonio	2	3	2	3
Arsénico	12	11	8	10
Cadmio	0.6	0.9	0.4	0.6
Cinc	85	69	92	43
Cobalto	10	13	12	10
Cobre	28	32	23	26
Cromo	38	71	55	46
Mercurio	0.5	1.2	1.2	0.4
Níquel	33	34	30	31
Plomo	34	5	17	21
Selenio	0.5	0.4	0.5	0.4
Talio	0.7	0.8	0.5	0.7

NGR metales pesados Zona 2 (mg/ Kg)

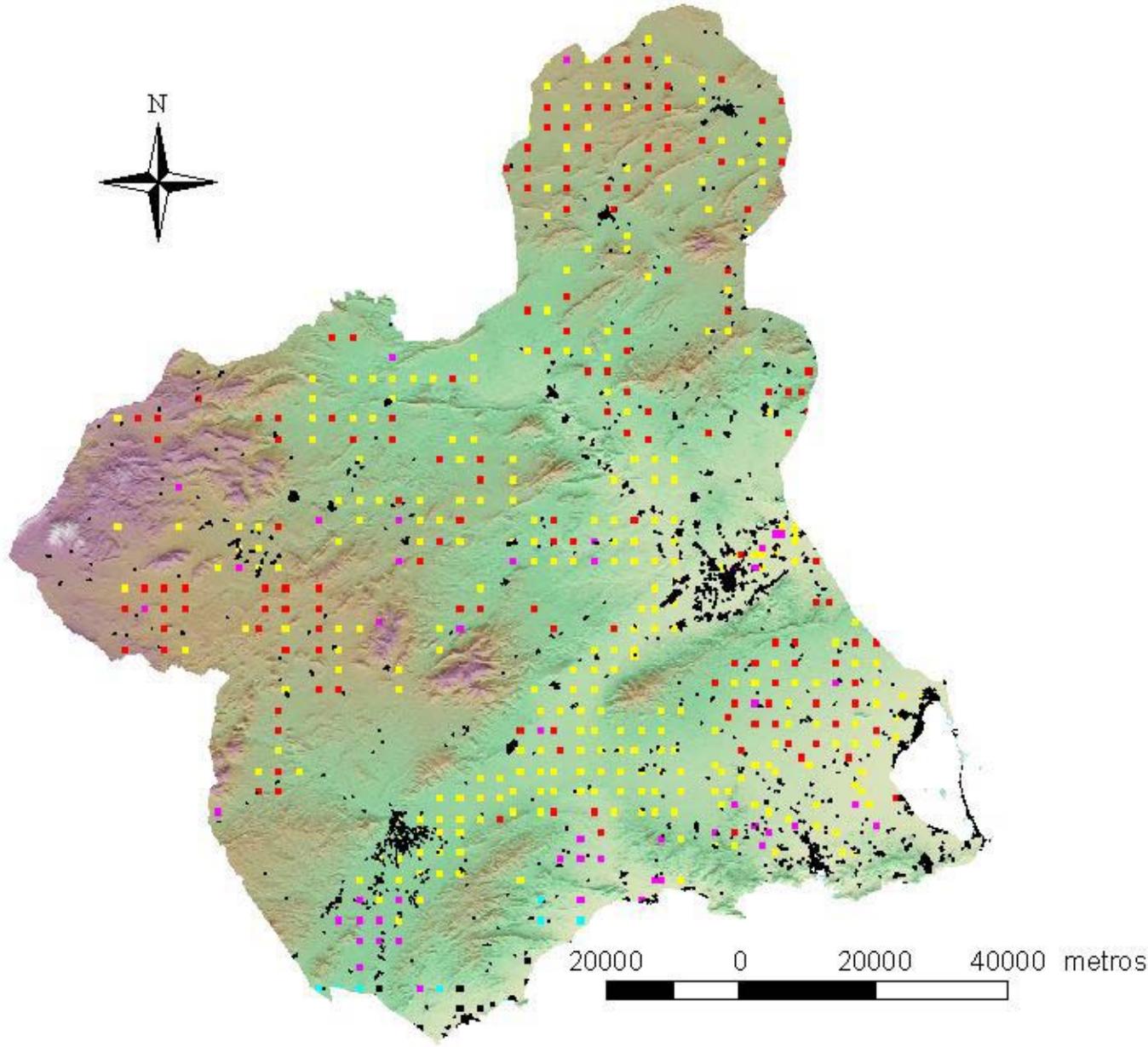
	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
Antimonio	3	4	4	4
Arsénico	12	10	11	13
Cadmio	0.7	0.7	0.6	0.6
Cinc	87	95	86	79
Cobalto	21	41	24	38
Cobre	52	80	55	50
Cromo	103	128	87	90
Mercurio	0.1	1.0	2.3	1.7
Níquel	58	87	59	63
Plomo	22	13	25	26
Selenio	0.6	0.6	0.6	0.6
Talio	0.7	0.8	0.5	0.7

NGR metales pesados Zona 3b(mg/Kg)

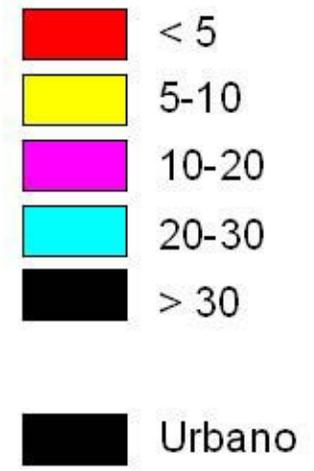
	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
Antimonio			1	1
Arsénico			11	14
Cadmio			0.4	0.5
Cinc			53	84
Cobalto			19	21
Cobre		No hay ninguna muestra de esta Zona que pertenezca a estos grupos mineralógicos	23	33
Cromo			58	87
Mercurio			0.9	2.2
Níquel			34	50
Plomo			38	15
Selenio			1.6	2.3
Talio			0.2	0.2

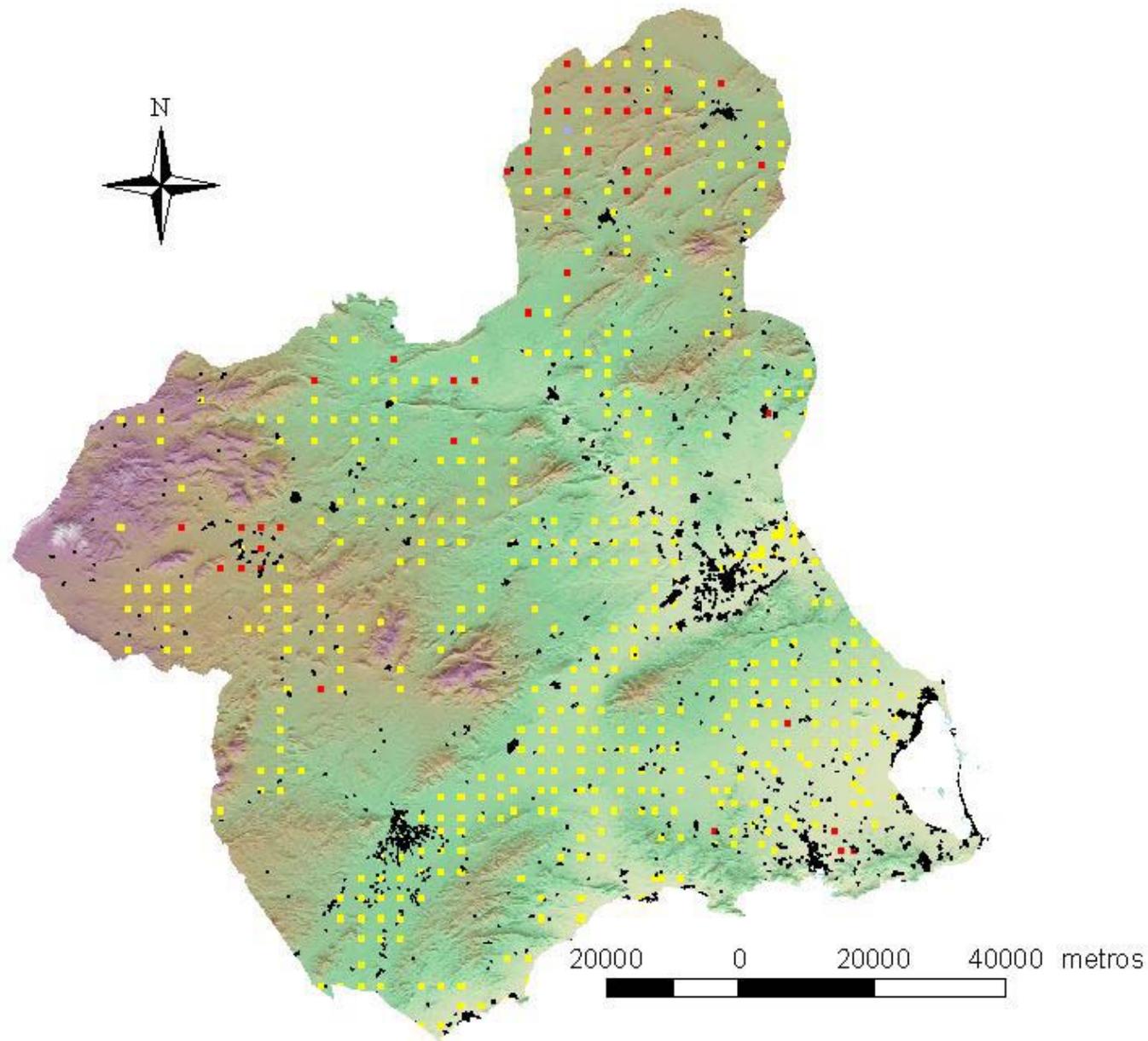
NGR metales pesados Zona 4 (mg/Kg)

	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
Antimonio	9	11	2	4
Arsénico	57	26	10	19
Cadmio	0.5	0.5	0.2	0.5
Cinc	101	168	105	103
Cobalto	29	26	12	22
Cobre	67	51	32	43
Cromo	156	129	66	101
Mercurio	1.0	0.4	0.6	0.7
Níquel	72	37	31	51
Plomo	22	48	53	27
Selenio	1.2	0.9	0.5	2.4
Talio	1.4	0.9	0.3	0.4

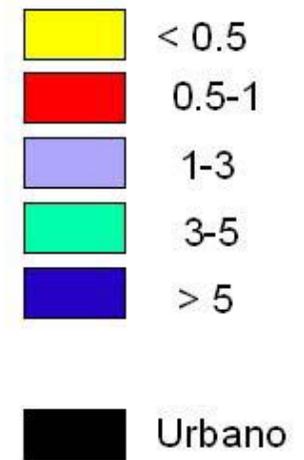


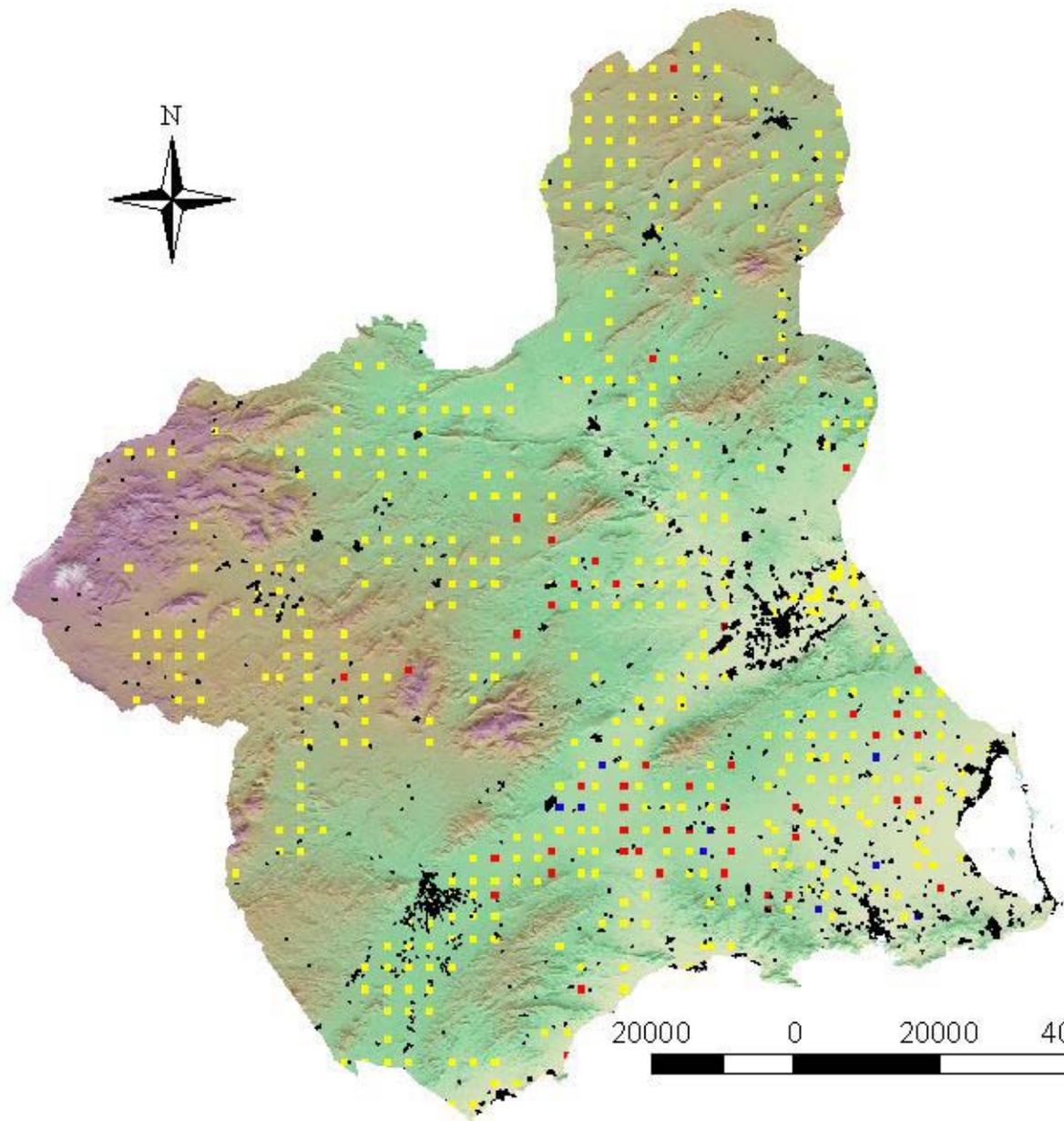
Arsenico mg/kg



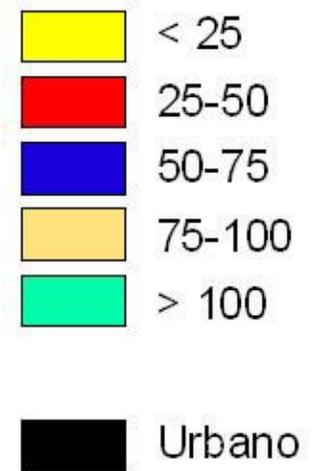


Cadmio
mg/kg

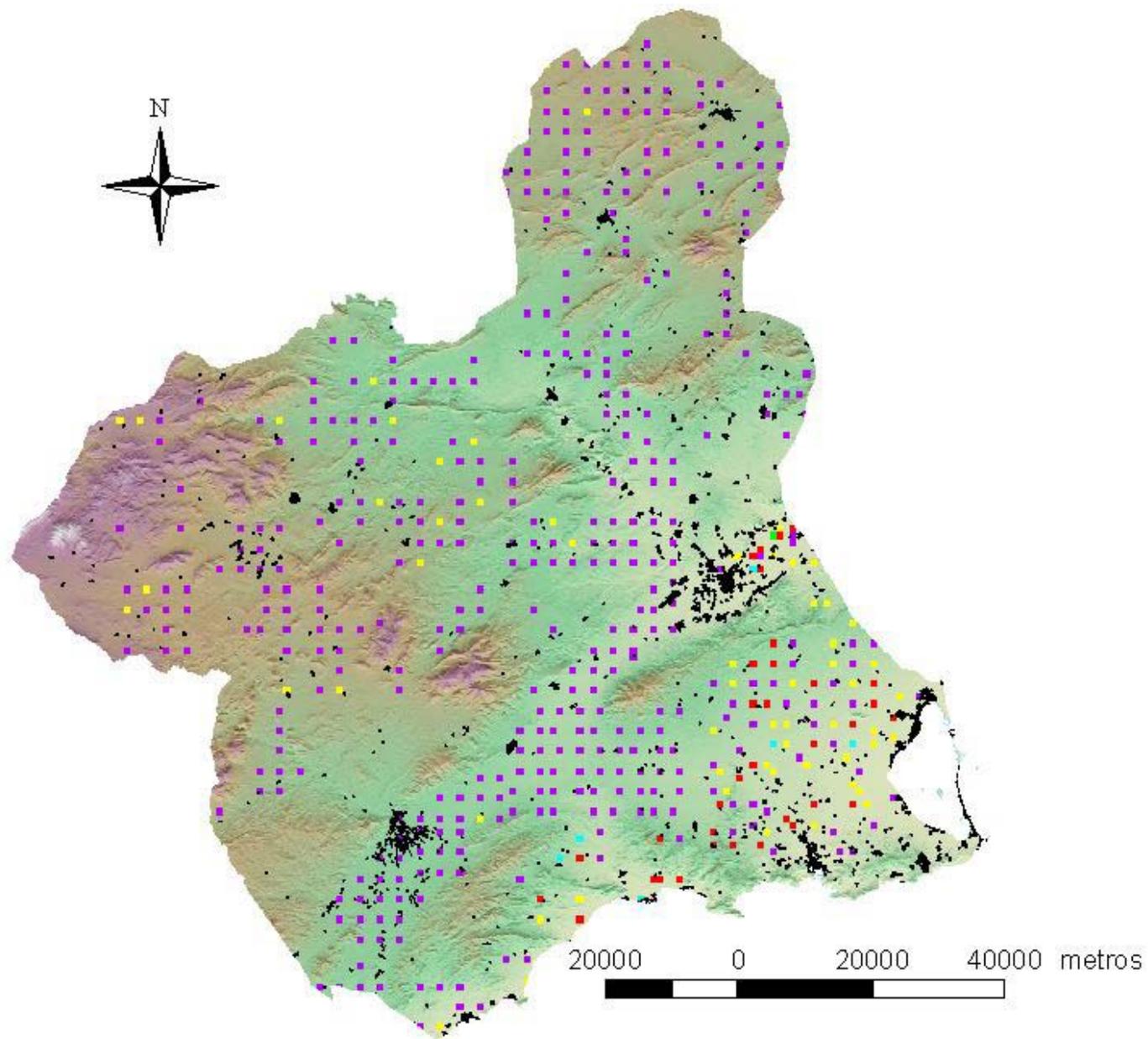




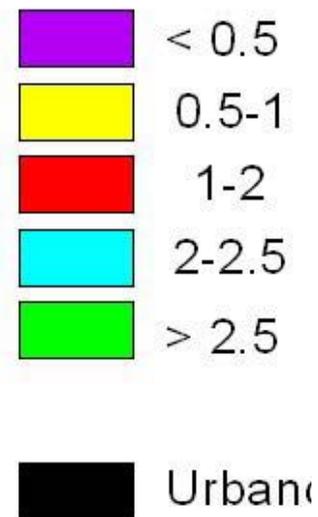
Plomo
mg/kg



20000 0 20000 40000 metros



Selenio mg/kg



Muchas Gracias
por su atención

Muchas Gracias por su atención

www.um.es/csoils

