



Universidad
Zaragoza

Anexos

DISPERSIÓN DE METALES PESADOS EN LOS SUELOS DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE ZARAGOZA

Dispersion of heavy metals in soils of municipal area of Zaragoza

Autora

Tamara Angoy Lasierra

Director

Juan Mandado Collado

Facultad de ciencias

2018/2019

ANEXO 1:
Resultados analíticos

MCD = Mínima Concentración Detectable

N°	MUESTRA	Hg mg/g	S D	As mg/g	S D	Cd mg/g	S D	Co mg/g	SD	Cr mg/g	SD	Cu mg/g	SD	Mo mg/g	S D	Pb mg/g	SD	Zn mg/g	SD
	MCD	0,037		0,075		0,009		0,007		0,042		0,027		0,047		0,103		0,003	
1	A-11	<MC D		<MC D		<MC D		0,014	01	0,071	10	0,066	05	<MC D		0,128	07	0,115	06
2	A-12	<MC D		<MC D		<MC D		0,007	01	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,034	01
3	A-21	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	02	0,054	12	0,029	03	<MC D		0,145	13	0,061	01
4	A-22	<MC D		<MC D		<MC D		0,009	01	<MC D		0,028	03	<MC D		0,125	07	0,076	01
5	A-3	<MC D		<MC D		<MC D		0,011	02	0,065	11	0,055	04	<MC D		0,134	11	0,161	09
6	A-4	<MC D		<MC D		<MC D		0,011	01	0,065	07	0,035	06	<MC D		0,110	08	0,073	01
7	A-5	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	01	0,056	09	0,034	03	<MC D		0,104	06	0,086	02
8	A-6	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	01	0,057	07	0,027	03	<MC D		<MC D		0,068	02
9	A-7	<MC D		<MC D		<MC D		0,009	02	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,053	01
10	B-11	<MC D		<MC D		<MC D		0,007	01	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,042	01
11	B-12	<MC D		<MC D		<MC D		0,007	01	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,033	01
12	B-13	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,053	04	<MC D		<MC D		<MC D		0,040	01
13	B-14	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,071	10	<MC D		<MC D		<MC D		0,044	01
14	B-21	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	01	0,060	06	0,041	04	<MC D		0,131	09	0,089	03
15	B-22	<MC D		<MC D		<MC D		0,007	01	<MC D		0,032	03	<MC D		0,272	21	0,051	01
16	B-23	<MC D		<MC D		<MC D		0,008	01	0,050	03	0,026	05	<MC D		0,535	12	0,073	01
17	B-3	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	01	0,067	07	0,043	03	<MC D		0,130	07	0,076	01
18	B-24	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	01	<MC D		0,041	05	<MC D		1,084	17	0,102	01
19	B-4	<MC D		<MC D		<MC D		0,009	02	0,066	08	0,030	03	<MC D		0,116	14	0,108	02
20	B-5	<MC D		<MC D		<MC D		0,012	01	0,066	05	0,039	06	<MC D		0,137	23	0,091	02
21	B-6	<MC D		<MC D		<MC D		0,013	03	<MC D		<MC D		<MC D		0,142	23	0,075	04
22	B-7	<MC D		<MC D		<MC D		0,011	01	0,070	04	0,042	04	<MC D		0,117	09	0,141	03
23	B-8	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,114	06	0,051	01

24	C-1	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	01	<MC D		0,037	06	<MC D		0,123	07	0,079	01
25	C-2	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,032	01
26	C-3	<MC D		<MC D		<MC D		0,011	01	<MC D		0,046	03	<MC D		0,139	01	0,131	01
27	C-4	<MC D		<MC D		<MC D		0,009	01	<MC D		0,026	04	<MC D		<MC D		0,065	01
28	C-5	<MC D		<MC D		<MC D		0,011	01	0,069	01	0,063	05	<MC D		0,156	19	0,145	03

N°	MUES TRA	Hg mg/g	S D	As mg/g	S D	Cd mg/g	S D	Co mg/g	SD	Cr mg/g	SD	Cu mg/g	SD	Mo mg/g	S D	Pb mg/g	SD	Zn mg/g	SD
	MCD	0,037		0,075		0,009		0,007		0,042		0,027		0,047		0,103		0,003	
29	C-6	<MC D		<MC D		<MC D		0,011	01	<MC D		0,037	04	<MC D		0,103	10	0,083	01
30	C-7	<MC D		<MC D		<MC D		0,013	02	0,072	03	0,061	06	<MC D		0,912	40	0,886	22
31	C-8	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	02	<MC D		0,031	03	<MC D		<MC D		0,067	01
32	D-1	<MC D		<MC D		<MC D		0,009	01	<MC D		0,034	03	<MC D		<MC D		0,086	03
33	D-21	<MC D		<MC D		<MC D		0,012	02	<MC D		0,037	01	<MC D		0,100	07	0,066	01
34	D-22	<MC D		<MC D		<MC D		0,011	01	0,081	05	0,079	01	<MC D		0,170	27	0,121	03
35	D-23	<MC D		<MC D		<MC D		0,008	01	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,056	01
36	D-3	<MC D		<MC D		<MC D		0,009	02	0,076	08	0,063	02	<MC D		0,099	15	0,183	04
37	D-4	<MC D		<MC D		<MC D		0,013	01	0,071	04	0,072	01	<MC D		0,105	06	0,126	03
38	D-5	<MC D		<MC D		<MC D		0,011	02	<MC D		0,043	02	<MC D		0,136	16	0,101	01
39	D-6	<MC D		<MC D		<MC D		0,012	01	0,064	03	0,045	03	<MC D		0,156	24	0,094	03
40	D-7	<MC D		<MC D		<MC D		0,011	01	<MC D		<MC D		<MC D		0,120	20	0,069	01
41	D-8	<MC D		<MC D		<MC D		0,014	01	0,078	04	0,037	03	<MC D		<MC D		0,118	04
42	E-1	<MC D		<MC D		<MC D		0,013	01	0,064	05	0,099	04	<MC D		0,300	10	0,155	05
43	E-2	<MC D		<MC D		<MC D		0,009	01	<MC D		0,135	03	<MC D		0,112	15	0,146	02
44	E-3	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	01	0,064	10	0,083	06	<MC D		0,438	21	0,217	06
45	E-4	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,045	04	<MC D		<MC D		0,115	03
46	E-5	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,084	05	<MC D		0,196	29	0,174	05
47	E-6	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,050	02	<MC D		<MC D		0,097	02

48	E-7	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,056	02	<MC D		0,175	28	0,111	02
49	E-8	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,054	07	<MC D		0,188	22	0,134	02
50	F-2	<MC D		<MC D		<MC D		0,016	03	<MC D		0,058	02	<MC D		0,211	08	0,109	02
51	F-3	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,208	23	0,162	06
52	F-4	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,089	05	<MC D		0,400	14	0,200	02
53	F-5	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,048	02	<MC D		<MC D		0,112	02
54	F-6	<MC D		<MC D		<MC D		0,014	02	<MC D		0,046	05	<MC D		0,182	25	0,088	02
55	F-7	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,090	07	<MC D		0,221	37	0,183	01
56	F-8	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,054	01
57	G-2	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	01	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,053	01

N °	MUES TRA	Hg mg/g	S D	As mg/g	S D	Cd mg/g	S D	Co mg/g	SD	Cr mg/g	SD	Cu mg/g	SD	Mo mg/g	S D	Pb mg/g	SD	Zn mg/g	SD
	MCD	0,037		0,075		0,009		0,007		0,042		0,027		0,047		0,103		0,003	
58	G-3	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,079	10	<MC D		<MC D		0,124	13	0,114	0,02
59	G-4	<MC D		<MC D		<MC D		0,011	01	<MC D		<MC D		<MC D		0,172	14	0,089	0,01
60	G-5	<MC D		<MC D		<MC D		0,012	01	<MC D		<MC D		<MC D		0,145	35	0,074	0,01
61	G-6	<MC D		<MC D		<MC D		0,009	01	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,090	0,01
62	G-7	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,046	02	<MC D		0,150	15	0,160	0,02
63	G-8	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,084	0,01
64	H-3	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	01	0,084	16	0,070	01	<MC D		0,204	12	0,122	0,02
65	H-4	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	01	<MC D		0,039	02	<MC D		<MC D		0,793	0,02
66	H-5	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,065	02	<MC D		0,191	15	0,120	0,01
67	H-6	<MC D		<MC D		<MC D		0,012	01	<MC D		0,046	05	<MC D		0,179	05	0,119	0,01
68	H-7	<MC D		<MC D		<MC D		0,011	02	<MC D		0,054	04	<MC D		0,194	13	0,673	0,11

69	H-8	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,037	0,002
70	I-3	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	01	0,080	08	0,047	02	<MC D		0,146	03	0,077	0,001
71	I-4	<MC D		<MC D		<MC D		0,011	01	<MC D		0,064	02	<MC D		<MC D		0,017	0,002
72	I-5	<MC D		<MC D		<MC D		0,011	01	0,073	02	0,037	02	<MC D		0,126	01	0,086	0,001
73	I-6	<MC D		<MC D		<MC D		0,012	01	0,072	03	0,065	02	<MC D		0,168	05	0,209	0,004
74	J-4	<MC D		<MC D		<MC D		0,009	01	<MC D		<MC D		<MC D		0,125	09	0,061	0,001
75	J-5	<MC D		<MC D		<MC D		0,009	01	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,047	0,002
76	J-6	<MC D		<MC D		<MC D		0,012	01	0,078	03	0,036	02	<MC D		0,129	09	0,110	0,001
77	K-1	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,099	0,002
78	K-2	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,036	04	<MC D		1,260	09	0,101	0,002
79	K-3	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,037	0,002
80	K-4	<MC D		<MC D		<MC D		0,012	01	<MC D		0,046	01	<MC D		0,803	06	0,758	0,001
81	K-5	<MC D		<MC D		<MC D		0,009	01	<MC D		<MC D		<MC D		<MC D		0,043	0,001
82	K-6	<MC D		<MC D		<MC D		0,010	02	0,079	03	0,046	02	<MC D		0,175	07	0,097	0,001

ANEXO 2:
Descriptiva detallada de las muestras

A11	Suelo arenoso-arcilloso con cantos dispersos. Tono ocre rojizo. Presencia de vegetación. Se trata de un terreno claramente aluvial.
A12	Suelo muy limoso y arcilloso con pocos cantos. Presencia de vegetación herbácea de porte medio. Suelo tipo terraza natural.
A21	Suelo arenoso con cantos. Presencia de cobertera herbácea.
A22	Suelo arenoso-conglomerático con una ligera capa de suelo orgánico. Cubierto de vegetación herbácea.
A3	Suelo areno-arcilloso con cantos. Muestra tomada en parterre-jardín con césped, pinos y chopos.
A4	Suelo limoso-arcilloso con cantos. Tono ocre-amarillento. Se trata de un coluvión.
A5	En parterre. Se trata de un vivero: muestra arcilloso-limosa con cantos. El segundo aporte es mucho más arcilloso y oscuro y no presenta cantos. Parece suelo aluvional.
A6	Suelo arcillo-limoso con cantos de tamaño considerable. Presenta raíces.
A8	Suelo arenoso con muchos cantos. Nada arcilloso. Tono amarillento notable. Se trata de aluvial.
B11	Suelo limoso con cantos abundantes y dispersos. Tono amarillento. Hay vegetación de 1.80 m de altura.
B12	Suelo arenoso con cantos de gran diámetro. Aparentemente no hay finos y no se garantiza que el suelo esté in situ. A priori esta muestra no va a dar de sí.
B13	Suelo arenoso-conglomerático Aparece una capa centimétrica de suelo orgánico sobre el aluvial amarillento. La proximidad al árbol sugiere que no ha sido removilizado. Suelo tipo terraza (probablemente).
B14	Características similares a B13.
B21	Suelo muy arcilloso, ligeramente limoso sin cantos. Presenta césped.
B22	Suelo arenoso-limoso con cantos. Presencia de vegetación herbácea. Posible terraza o relleno posterior.
B23	Suelo arenoso con cantos, ligeramente amarillento. No existen evidencias de retrabajamiento
B24	Suelo orgánico en superficie y arenoso-arcilloso con cantos en profundidad
B3	Suelo limoso-arcilloso. Muestra tomada en parterre con plataneros y adelfas.
B4	Suelo mixto con grava y limo arenoso. Aparentemente sin alteraciones recientes.
B5	Suelo limoso-arenoso con cantos. No se ha podido profundizar demasiado. Presencia de césped.
B6	Suelo muy arcilloso y limoso con cantos dispersos. El segundo aporte suelo limoso con cantos, mucho más arenoso que el anterior.
B7	Suelo arcilloso, muy oscuro, no presenta cantos. Abundancia de raíces. Probablemente se trate de un relleno de zona ajardinada.
B8	Suelo arcilloso-limoso con cantos dispersos de tamaño variado.
C1	Suelo arcilloso con cantos dispersos y color ocre. Muestra tomada en zona ajardinada con chopos y pinos, posible relleno superficial.
C2	Suelo areno-limoso, con cantos dispersos. Tono ocre-claro.

C3	Suelo arenoso-arcilloso con escasos cantos. Muestra tomada en alcorque de dos plataneros de más de 10 años. Probablemente rellenado.
C4	Suelo muy limoso. El segundo aporte presenta más cantos y más vegetación. Se ha evitado la capa superficial.
C5	Suelo coluvial con arcillas, con materia orgánica y piedras. El segundo aporte es más limoso.
C6	En parterre: suelo muy limoso, mezcla de limo y algo de arcilla con cantos. Tono muy amarillo.
C7	Suelo arcilloso un poco arenoso con cantos dispersos. El segundo aporte sigue siendo arenosa y presenta mayor número de cantos. Tono rojizo.
C8	En alcorque: suelo arenoso-arcilloso con pocos cantos. El segundo aporte es más arenoso.
D1	Suelo arcillo-limoso con algún canto. Tono pardo-rojizo. El segundo aporte es más arcilloso, con menos cantos y presenta un tono rosado.
D21	Suelo areno-limoso con cantos. Tono ocre. Se trata de un coluvión con cantos.
D22	Suelo arcilloso pedregoso, el segundo aporte mucho más pedregoso. Suelo vegetal por lo que presenta color más oscuro.
D23	Suelo arenoso con cantos redondeados. Tono amarillento.
D3	En alcorque de 3 árboles: Suelo arcilloso. Probablemente retrabajado.
D4	En alcorque de dos árboles de tamaño medio (> 10 años) a ambos lados de la calle: suelo arenoso-arcilloso.
D5	Suelo arcilloso con cantos al 15 cm de profundidad. Presencia de raíces y vegetación herbácea.
D6	Suelo arenoso con cantos superficiales. Se trata de un glacis.
D7	Suelo arenoso con cantos de gran diámetro. Los dos primeros aportes presentan tono amarillento y el tercer aporte presenta un color más oscuro. Se trata de un glacis con poca cobertera.
D8	Suelo arcilloso con graba, hay plantas hasta la altura de la cintura. Se trata de una vaguada, por lo tanto, hay acumulación de finos removilizados.
E1	Suelo arcilloso con cantos dispersos. Tono pardo-amarillento.
E2	Suelo limoso-arcilloso con pocos cantos. Tono oscuro. Muestra tomada en alcorque de grandes dimensiones (30x5cm).
E3	Suelo arcillo-arenoso con cantos dispersos. Segundo aporte presenta características similares.
E4	Suelo arcilloso-limoso. Muestra tomada entre una palmera y otro árbol. Existen evidencias de retrabajamiento.
E5	En 3 alcorques: la muestra está integrada por 3 submuestras: la primera es más arenosa, el segundo aporte es todavía más arenoso y el tercer aporte presenta muchos cantos en superficie.
E6	En alcorque: suelo muy arcilloso con algún canto a los 15 cm de profundidad.
E7	Suelo muy limoso con pocos cantos. Aparecen raíces a los 8cm de profundidad.

E8	Suelo arcilloso-arenoso con cantos. Tono ocre-amarillento.
F2	En parterre ajardinado: Suelo muy arcilloso con algunos cantos. Probablemente este retrabajado y con aportes exteriores.
F3	En parterre con adelfas y árboles: suelo arcilloso-arenoso con algunos cantos.
F4	Muestra integrada por 3 submuestras muy variables entre ellas: la primera es muy arcillosa con cantos; el segundo aporte es arenosa y el tercer aporte es arenoso con grava. Probablemente se trate de rellenos.
F5	Suelo limoso con algún canto de diámetro pequeño que a los 10 cm ganan diámetro.
F6	Suelo areno-arcilloso con abundantes cantos subsuperficiales.
F7	En alcorques de árboles jóvenes porque los más antiguos están cubiertos con asfalto: muestra nada compactada, arcillosa con cantos. El 3º aporte se ha hecho de un alcorque de árbol antiguo, con asfalto.
F8	Suelo bastante arenoso con cantos pequeños a los 5 cm aproximadamente. Tono ocre-amarillento.
G2	Muestra integrada por 3 submuestras que están probablemente rellenas. La primera es básicamente limo con algún canto de poco diámetro. La segunda presenta la misma litología. En la tercera hay cantos.
G3	En alcorque: suelo arenoso con abundantes cantos. El segundo aporte (de otro alcorque) es más arenoso.
G4	Suelo arenoso- arcilloso con cantos dispersos.
G5	Suelo arcilloso-limoso con cantos dispersos y angulosos. Tono ligeramente rojizo.
G6	Suelo arenoso. No hay cantos. Presencia de muchísimas raíces.
G7	Suelo areno-arcilloso con cantos redondeados de gran diámetro y vegetación espontánea. Parece tratarse de una terraza.
G8	Suelo arenoso con cantos abundantes de pequeño tamaño. A los 5 cm color rojizo. Existen evidencia de recubrimiento.
H3	En parterre: suelo arcillo-limoso con cantos dispersos. Presencia de vegetación (herbácea + árboles como olivos, chopos y adelfas.
H4	Suelo areno-arcilloso con cantos de gran diámetro (a los 5 cm aproximadamente).
H5	En alcorque de dos árboles: suelo limoso con cantos de gran tamaño.
H6	En alcorque de dos árboles: suelo limoso con cantos de gran tamaño.
H7	Suelo muy arcilloso con vegetación abundante. No hay cantos.
H8	Suelo arenoso con cantos dispersos angulosos. Hay vegetación (tanto herbácea como de porte arbóreo). Se observa nivel encalichado.
I3	Suelo arcilloso sin cantos (probable depósito de avenida del Ebro). Suelo encalichado sugiere que el freático al ascender depositó la cal. Presencia de vegetación herbácea.

I4	En 2 alcorques: el primer aporte es arcillo-limoso de color amarillento y presenta cantos; el segundo aporte es más arcilloso con cantos subsuperficiales. Presencia de plástico/ladrillo.
I5	Suelo muy arcilloso con raíces. No hay cantos.
I6	Suelo arcilloso-arenoso con cantos dispersos y muy superficiales.
J4	Terraza alta del río Huerva. Material arenoso-limoso con muchísimos cantos de gran diámetro. Color amarillento. Grava muy suelta; apenas ha compactado.
J5	Suelo arcilloso ligeramente limoso, con raíces. En superficie no hay cantos. En profundidad aparece algún canto.
J6	Suelo muy arcilloso de color oscuro (materia orgánica). Presenta elevado contenido en raíces.

ANEXO 3:
Comprobación duplicados



