

Aznalcóllar, 14 años después.

La mayor remediación de suelos en Europa.

Carlos Dorronsoro. Departamento de Edafología y Q. A. Universidad de Granada

con la colaboración de: J. Aguilar, M. Díez, E. Fernández, J. Fernández, I. García,
A. Iriarte, F. Martín, F. J. Martínez, I. Ortiz, A. Roca, M. Simón



Aznalcóllar, 14 años después.

La mayor remediación de suelos en Europa.

Carlos Dorronsoro. Departamento de Edafología y Q. A. Universidad de Granada

**con la colaboración de: J. Aguilar, M. Díez, E. Fernández, J. Fernández, I. García,
A. Iriarte, F. Martín, F. J. Martínez, I. Ortiz, A. Roca, M. Simón**

Aznalcóllar, 14 años después. La mayor remediación de suelos en Europa.

Carlos Dorronsoro. Departamento de Edafología y Q. A. Universidad de Granada

con la colaboración de: J. Aguilar, M. Díez, E. Fernández, J. Fernández, I. García,
A. Iriarte, F. Martín, F. J. Martínez, I. Ortiz, A. Roca, M. Simón

1. El accidente



Aznalcóllar, 14 años después. La mayor remediación de suelos en Europa.

Carlos Dorronsoro. Departamento de Edafología y Q. A. Universidad de Granada

con la colaboración de: J. Aguilar, M. Díez, E. Fernández, J. Fernández, I. García,
A. Iriarte, F. Martín, F. J. Martínez, I. Ortiz, A. Roca, M. Simón

2. La contaminación de los suelos

Aznalcóllar, 14 años después. La mayor remediación de suelos en Europa.

Carlos Dorronsoro. Departamento de Edafología y Q. A. Universidad de Granada

con la colaboración de: J. Aguilar, M. Díez, E. Fernández, J. Fernández, I. García,
A. Iriarte, F. Martín, F. J. Martínez, I. Ortiz, A. Roca, M. Simón

3. Las medidas de remediación

Aznalcóllar, 14 años después. La mayor remediación de suelos en Europa.

Carlos Dorronsoro. Departamento de Edafología y Q. A. Universidad de Granada

con la colaboración de: J. Aguilar, M. Díez, E. Fernández, J. Fernández, I. García,
A. Iriarte, F. Martín, F. J. Martínez, I. Ortiz, A. Roca, M. Simón

4. La evolución sin intervención

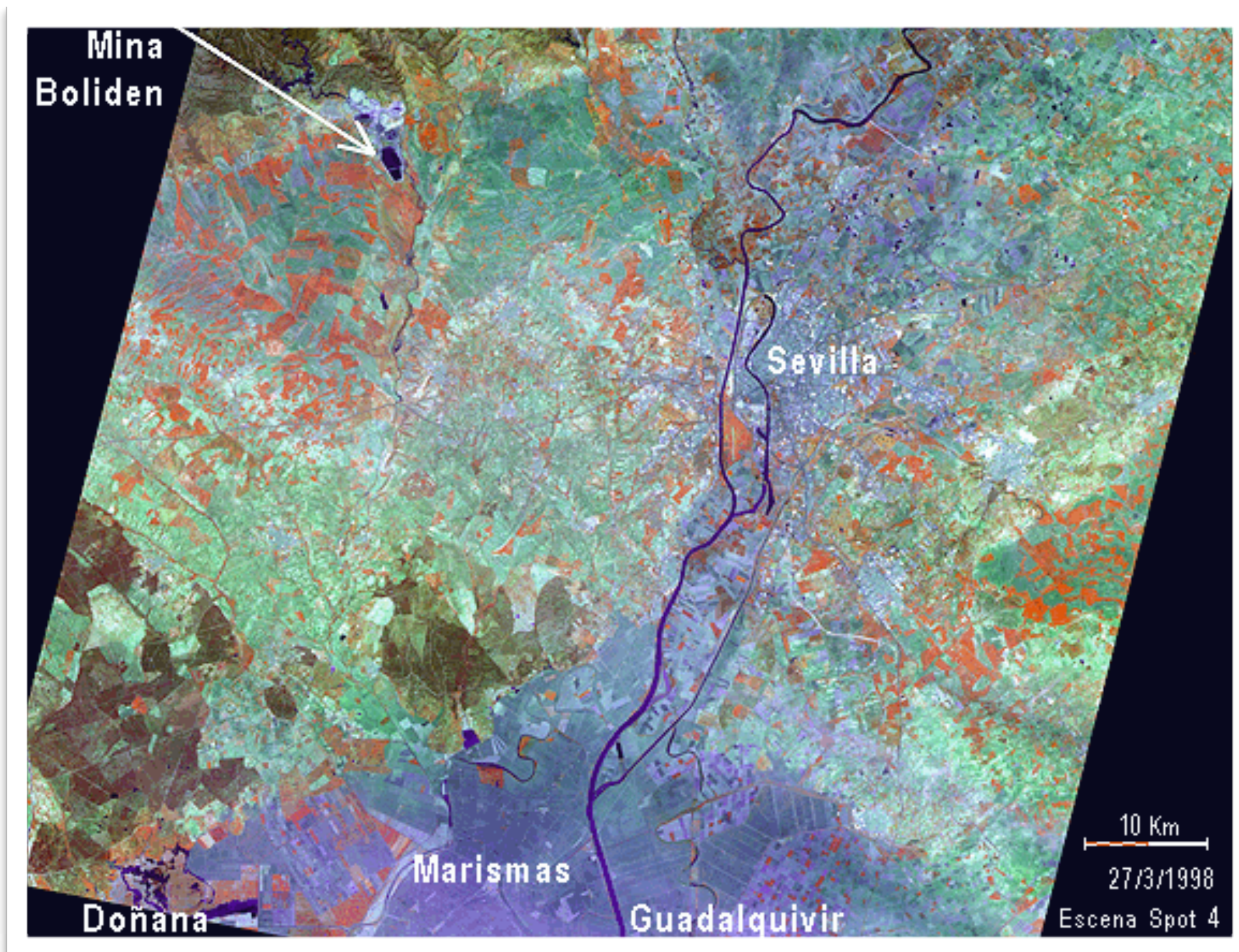
Aznalcóllar, 14 años después. La mayor remediación de suelos en Europa.

Carlos Dorronsoro. Departamento de Edafología y Q. A. Universidad de Granada

con la colaboración de: J. Aguilar, M. Díez, E. Fernández, J. Fernández, I. García,
A. Iriarte, F. Martín, F. J. Martínez, I. Ortiz, A. Roca, M. Simón

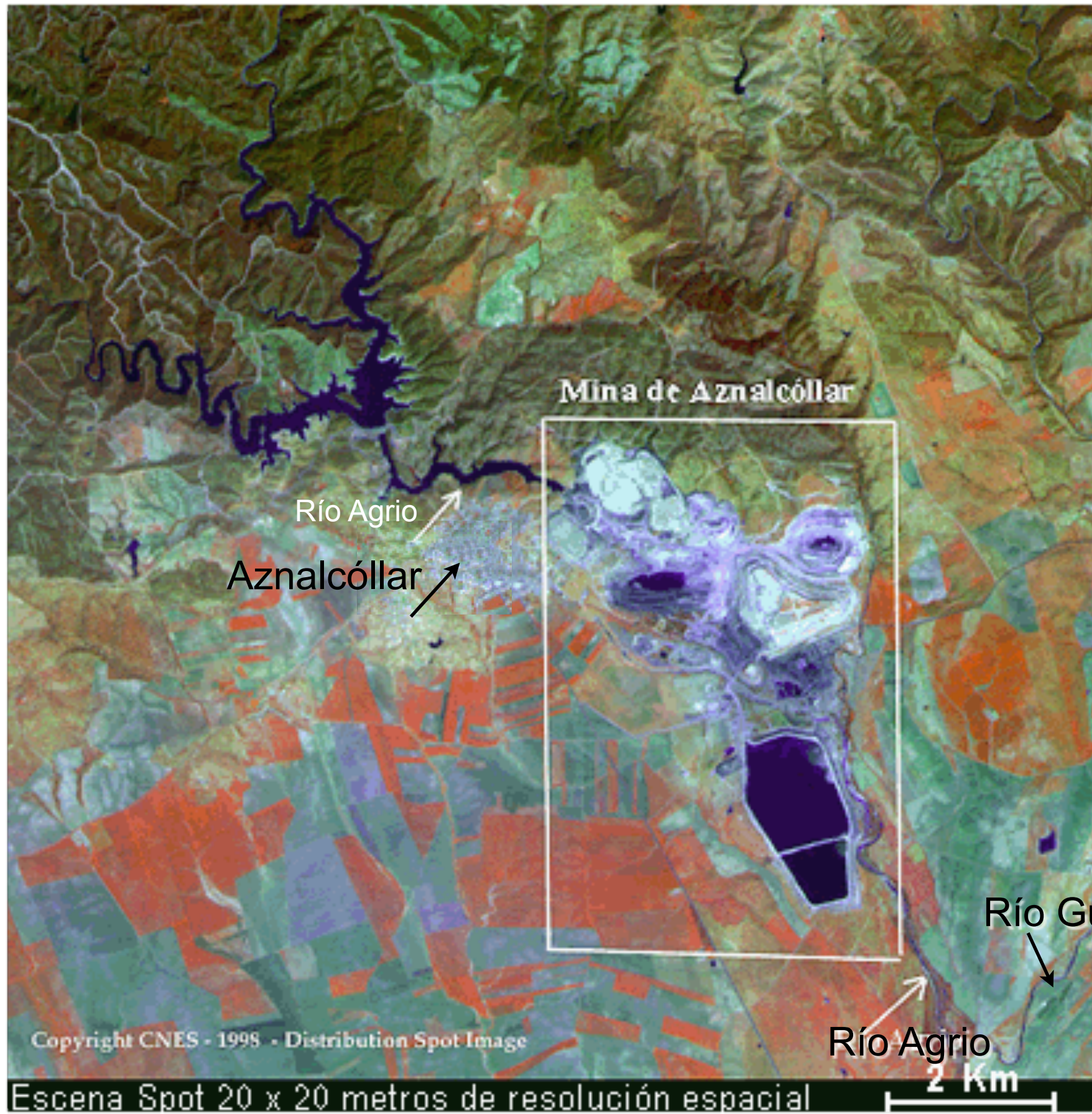
5. Una mirada al futuro

● 1 El accidente



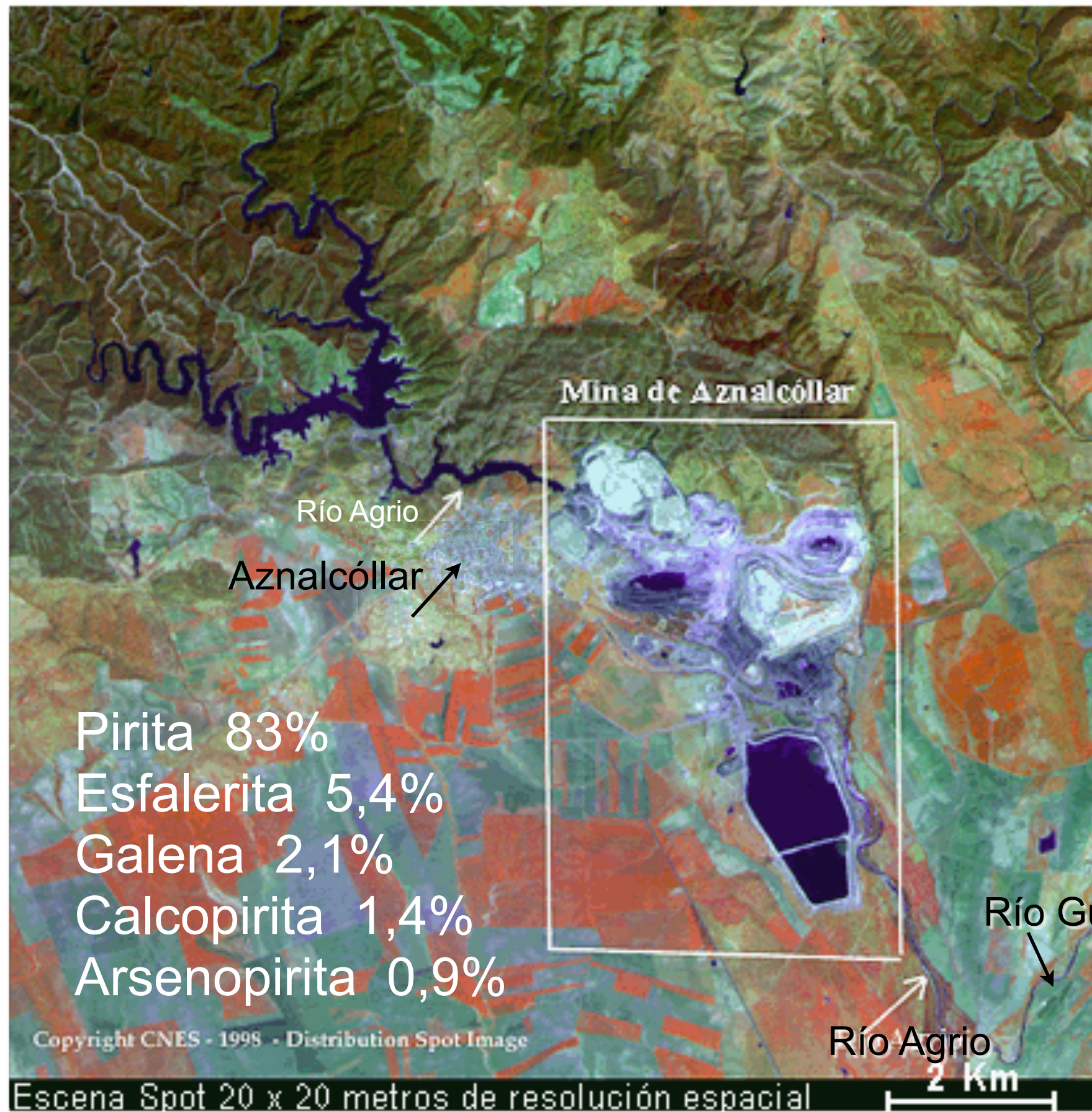
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

25/Abril /1998



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

25/Abril /1998

Composición del estéril

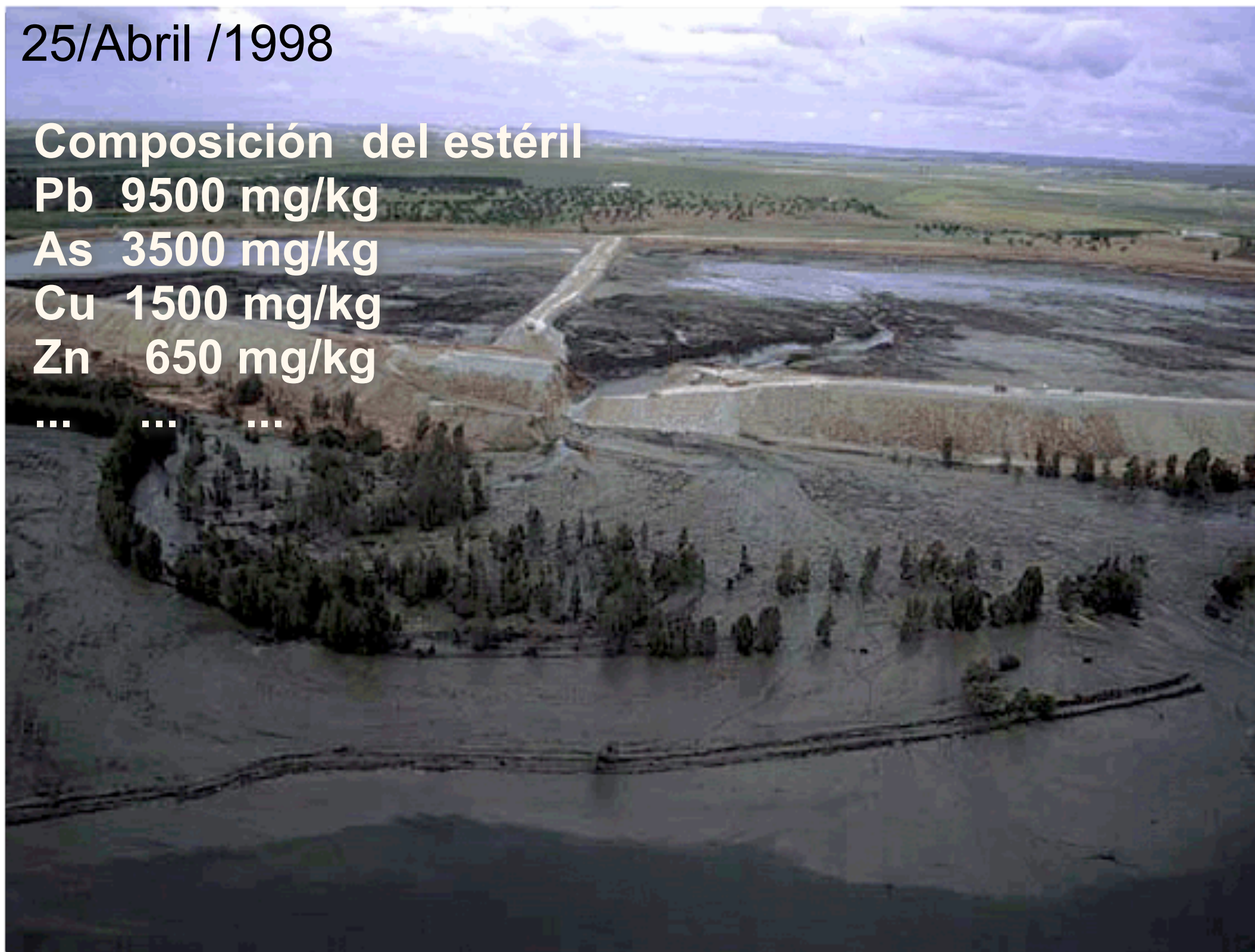
Pb 9500 mg/kg

As 3500 mg/kg

Cu 1500 mg/kg

Zn 650 mg/kg

... ..



25/Abril /1998

Composición del estéril

Pb 9500 mg/kg

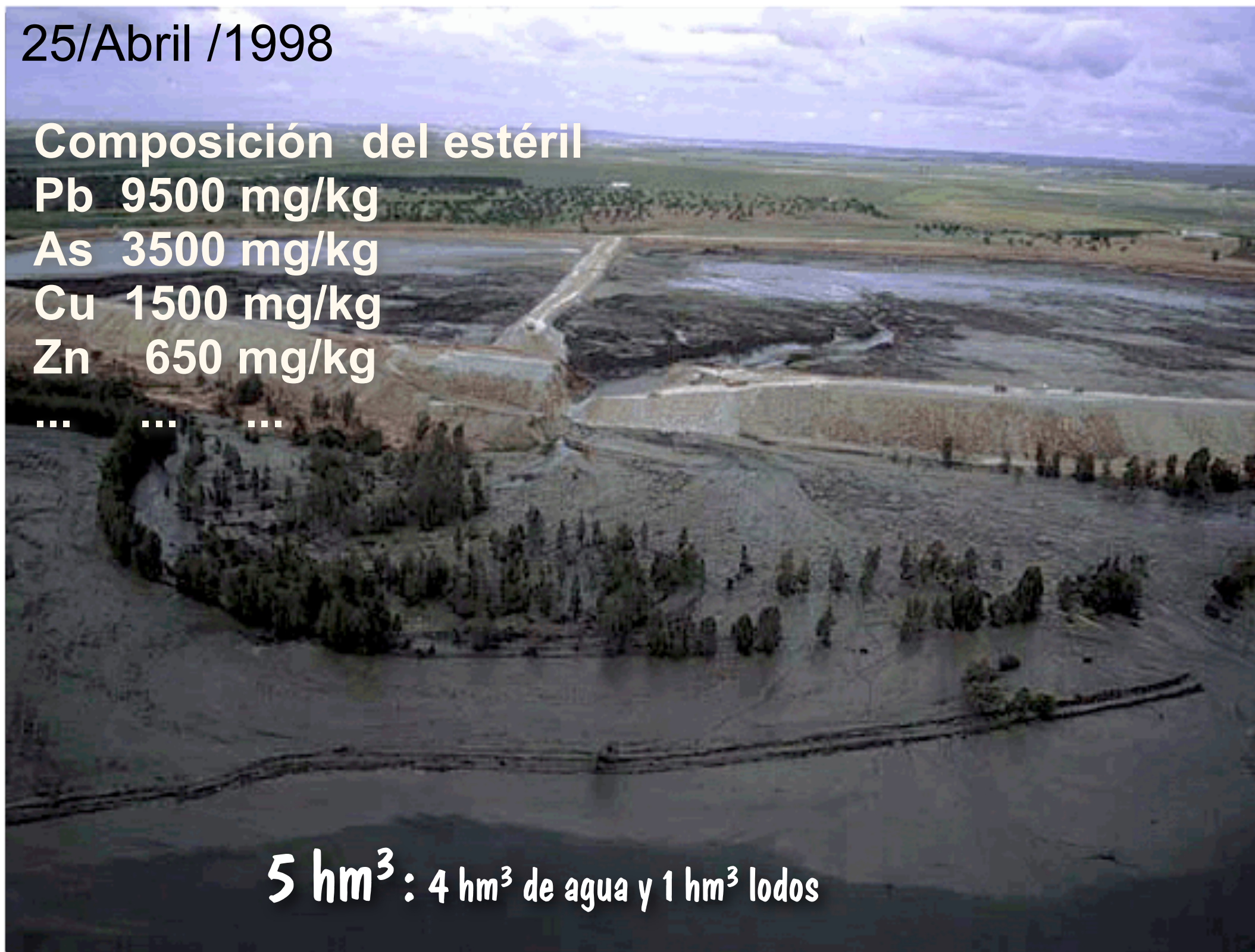
As 3500 mg/kg

Cu 1500 mg/kg

Zn 650 mg/kg

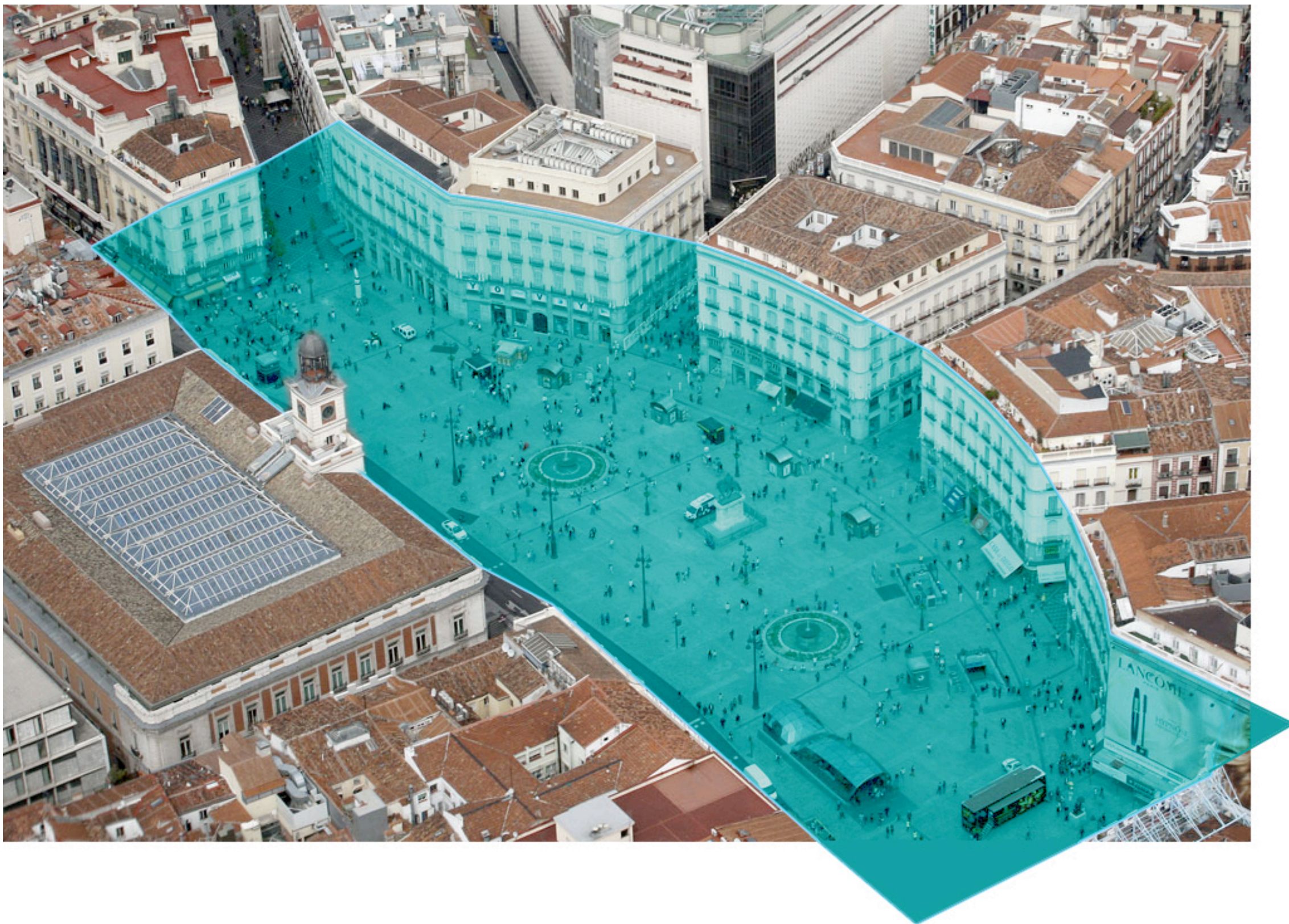
... ..

5 hm^3 : 4 hm^3 de agua y 1 hm^3 lodos



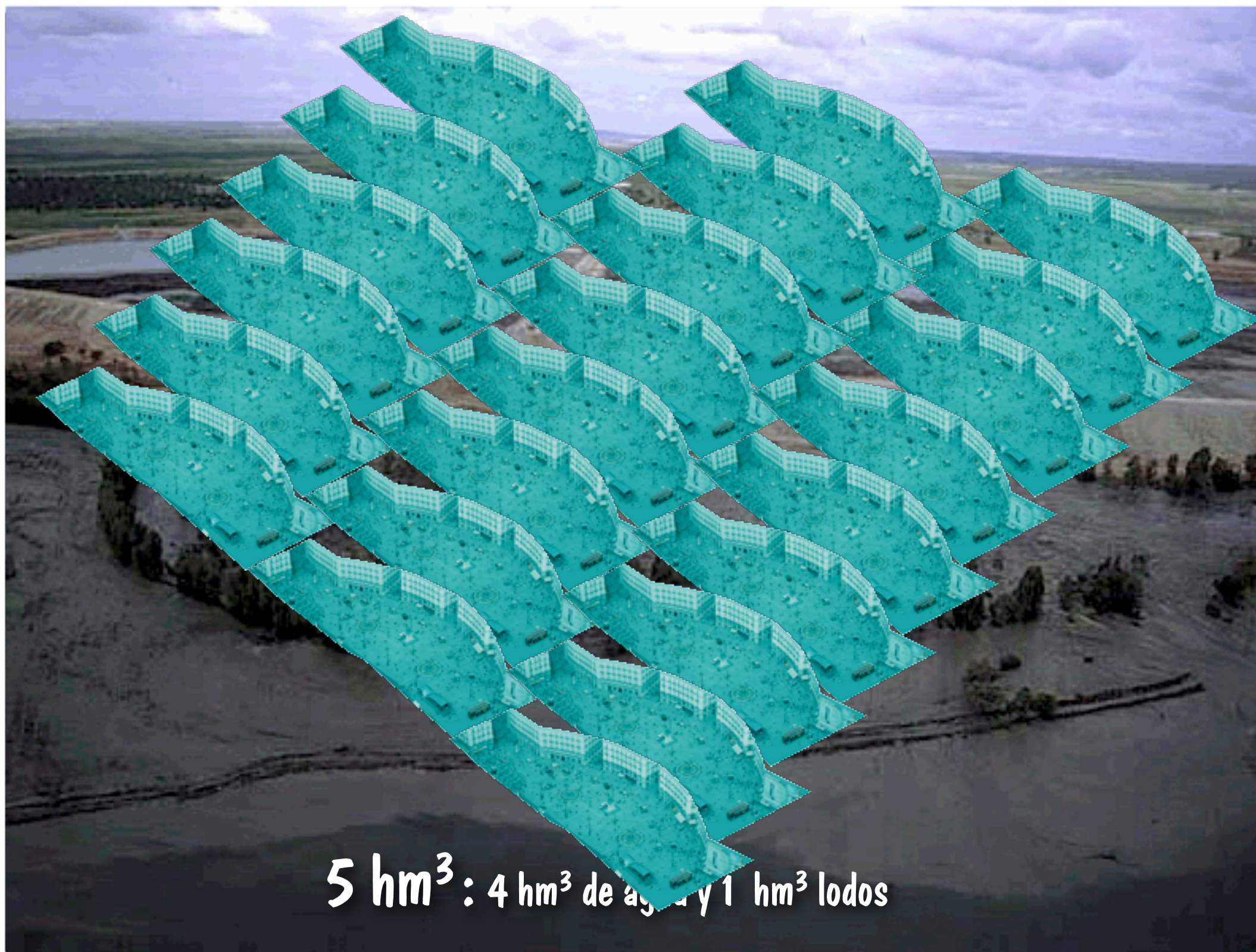
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



5 hm³ : 4 hm³ de agua y 1 hm³ lodos

Aznalcóllar, hoy.

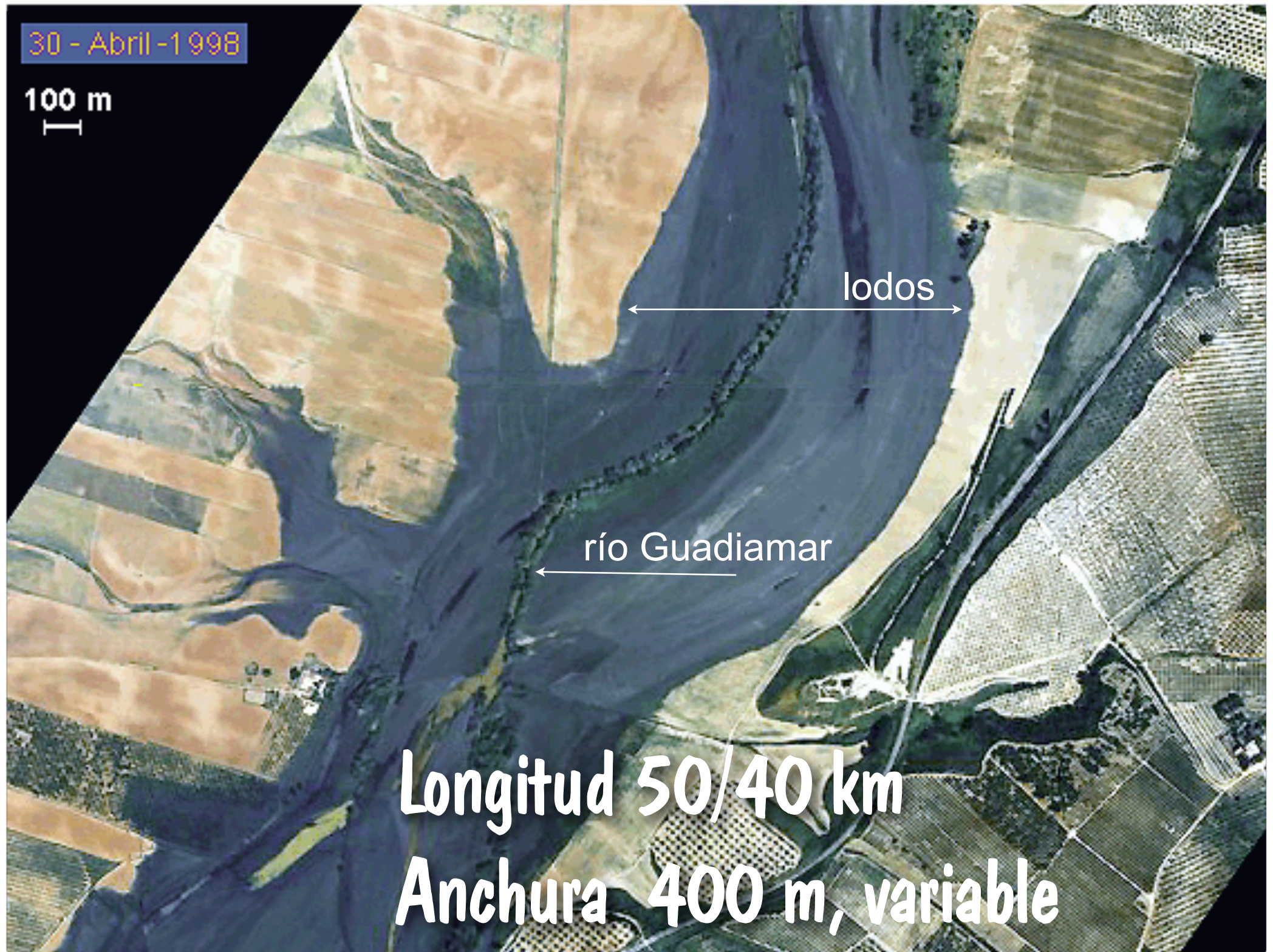
1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Superficie afectada 4.400 ha

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



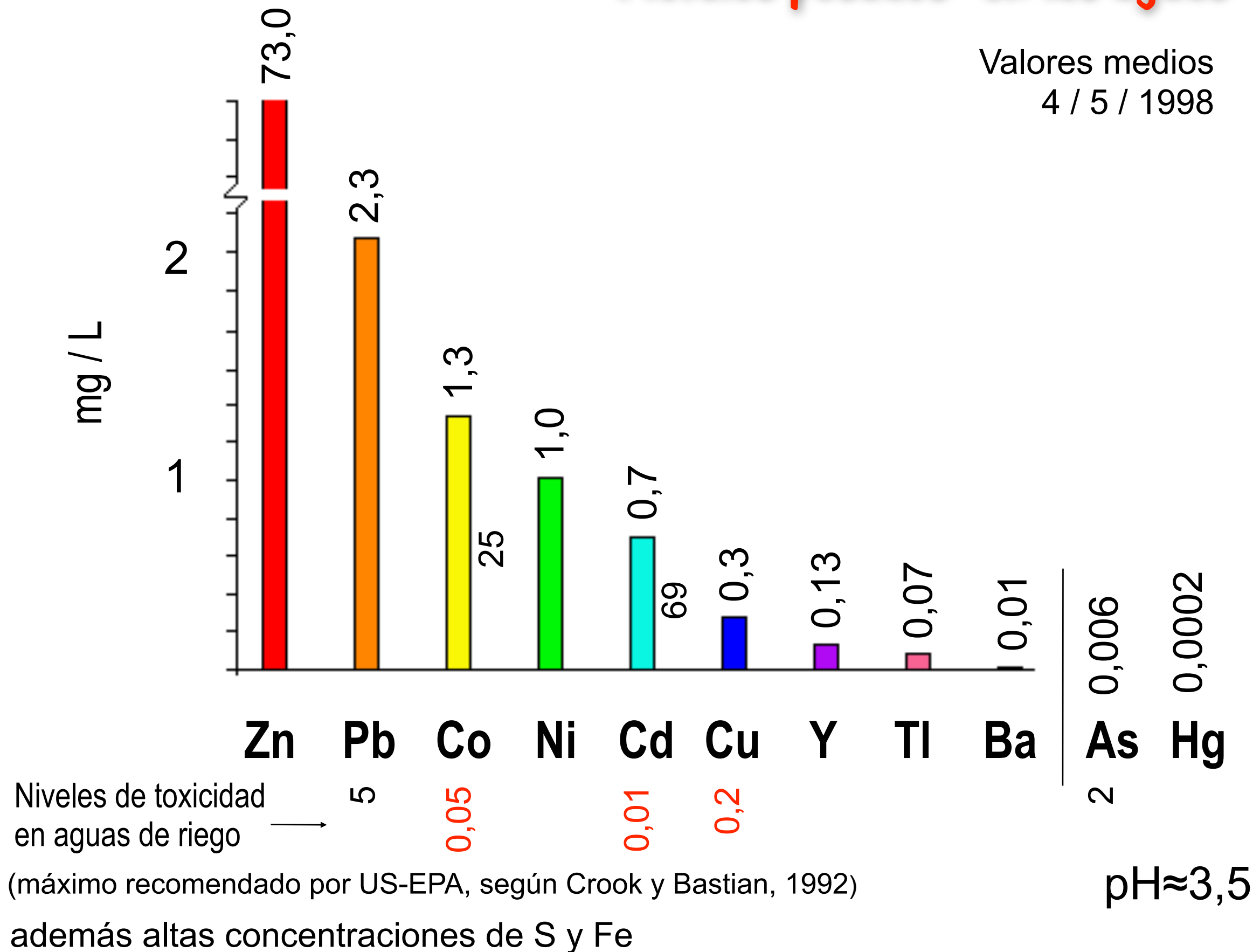
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



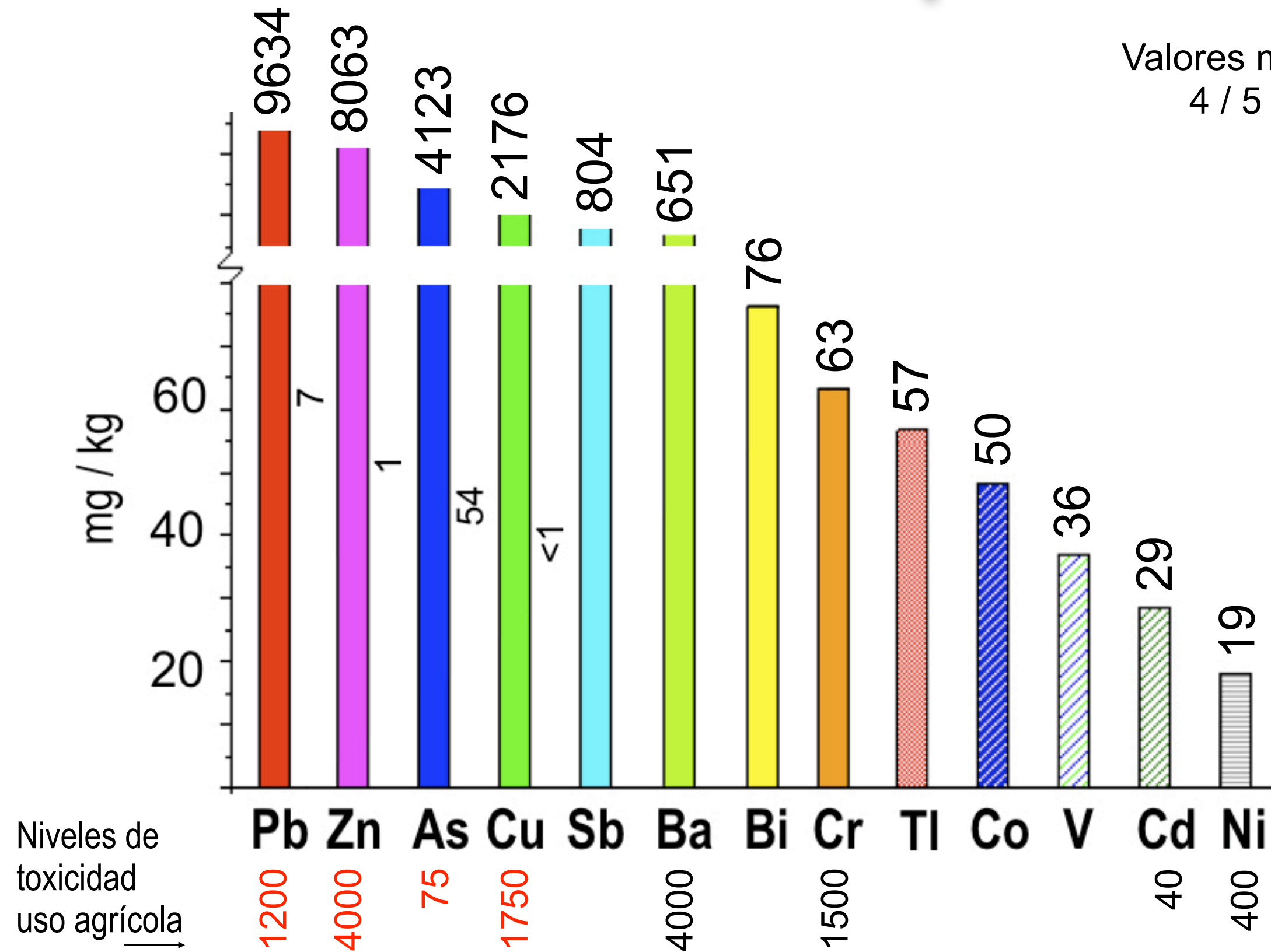
"Metales pesados" en las aguas

Valores medios
4 / 5 / 1998



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



"Metales pesados" en los lodos

Valores medios
4 / 5 / 1998

• 2 Contaminación del suelo



• 2 Contaminación del suelo

fechas de muestreo:
7 perfiles: a los 10, 25, 40 y 90 días



• 2 Contaminación del suelo

fechas de muestreo:

7 perfiles: a los 10, 25, 40 y 90 días

100 puntos: 1998, 1999, 2001, 2004, 2009 y 2010

a tres prof.: 0-10, 10-30, 30-50 cm



Características de los suelos

Estructura, muy variable: de fuerte (bloques) a masiva

Textura, variable: de francoarenosa a arcillolimososa

Materia orgánica: 0,9 - 2,9%

Gravas, muy variable: 0 - 43%

pH: 7,2 - 8,1

CaCO₃: 0 - 20 %

Capacidad cambio cationes: 8-31 cmol_c kg⁻¹

Fe: 3-6%

Fluvisoles y Regosoles, calcáricos y eútricos (FAO,2006)

Xerofluvents y Xerorthents, típicos (Soil Taxonomy, 2007)

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Suelos sin carbonatos, arenosos

Suelos con carbonatos, arenosos

Suelos con carbonatos, acillosos-limosos

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



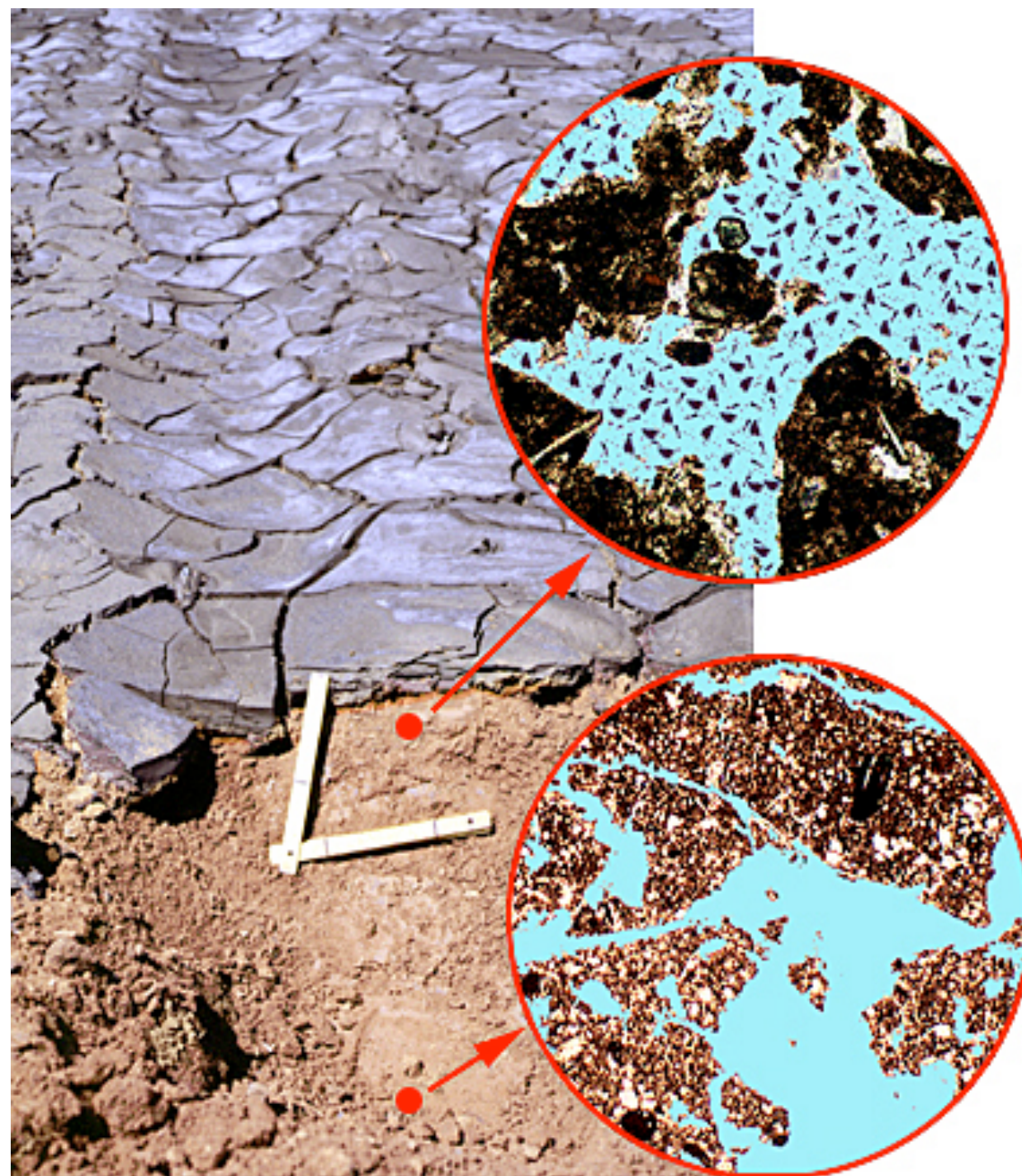
área contaminada

sin CO_3Ca , arenosos

con CO_3Ca , franco arcillosos

con CO_3Ca ,
acillosos

Efecto filtrante de los suelos



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



área contaminada

sin CO_3Ca , arenosos
con CO_3Ca , franco arcillosos
con CO_3Ca , acillosos

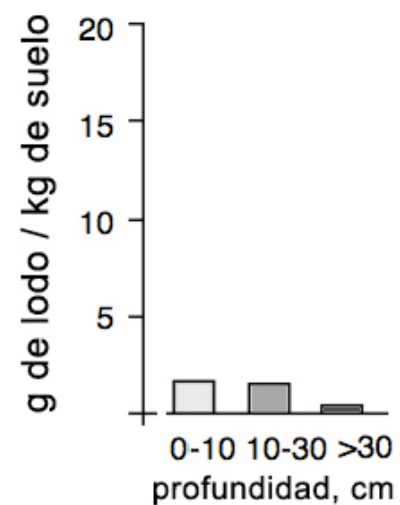
Efecto filtrante de los suelos

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Efecto filtrante de los suelos



TEXTURA

arena 68,0 %
arcilla 12,7 %

ESTRUCTURA

granos sueltos
sin tamaño
sin desarrollo



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



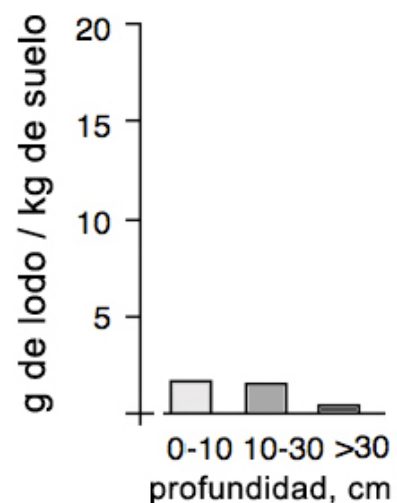
área contaminada

sin CO_3Ca , arenosos

con CO_3Ca , franco arcillosos

con CO_3Ca ,
acillosos

Efecto filtrante de los suelos

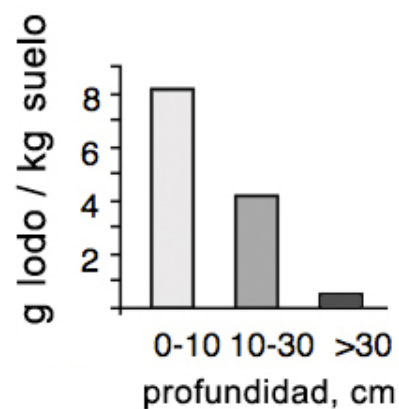


TEXTURA

arena 68,0 %
arcilla 12,7 %

ESTRUCTURA

granos sueltos
sin tamaño
sin desarrollo



TEXTURA

arena 21,9 %
arcilla 40,4 %

ESTRUCTURA

bloques
tamaño medio
grado moderado



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



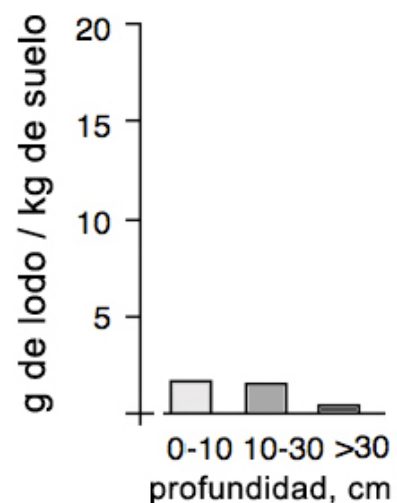
área contaminada

sin CO_3Ca , arenosos

con CO_3Ca , franco arcillosos

con CO_3Ca ,
acillosos

Efecto filtrante de los suelos

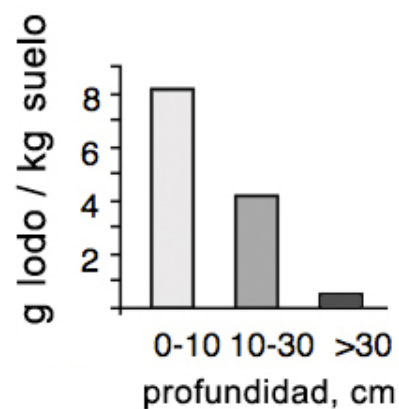


TEXTURA

arena 68,0 %
arcilla 12,7 %

ESTRUCTURA

granos sueltos
sin tamaño
sin desarrollo

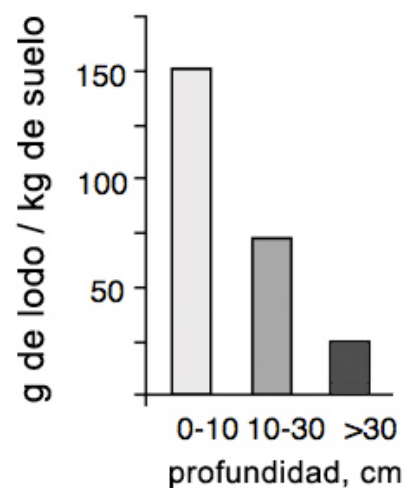
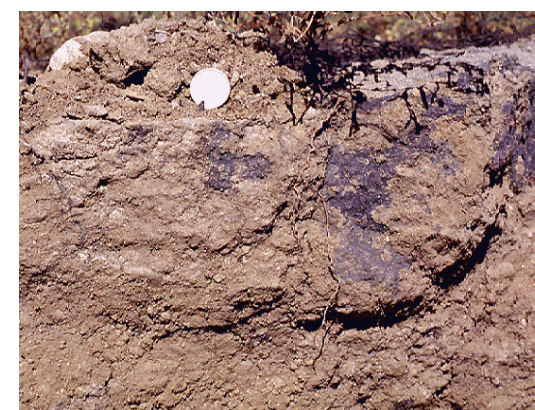


TEXTURA

arena 21,9 %
arcilla 40,4 %

ESTRUCTURA

bloques
tamaño medio
grado moderado

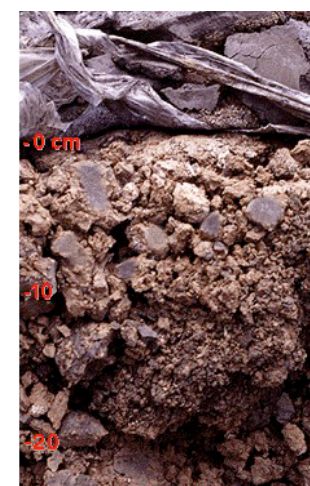


TEXTURA

arena 7,7 %
arcilla 63,1 %

ESTRUCTURA

bloques
tamaño fino
grado fuerte



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



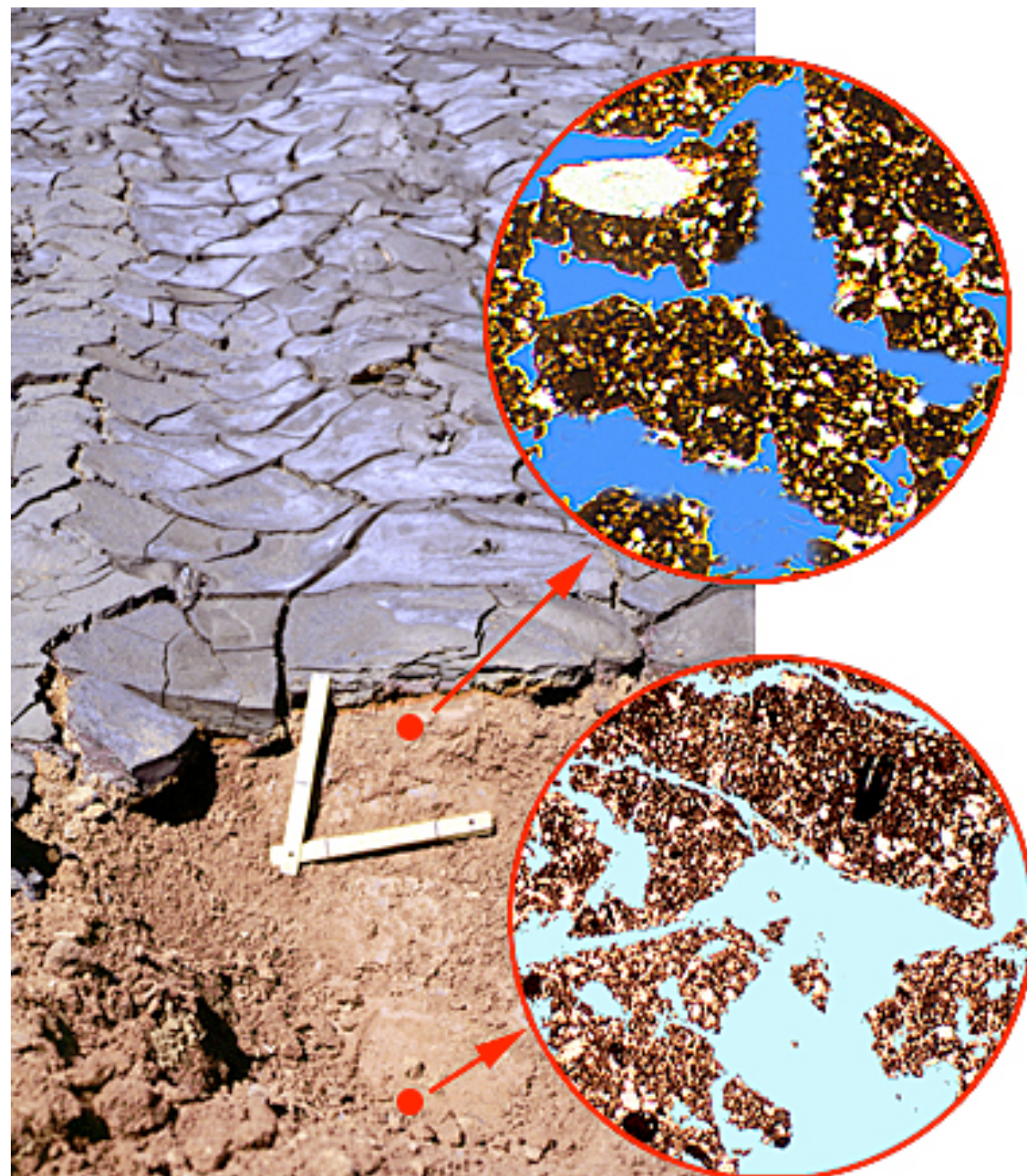
área contaminada

sin CO_3Ca , arenosos

con CO_3Ca , franco arcillosos

con CO_3Ca ,
acillosos

Efecto depurador de los suelos



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



área contaminada

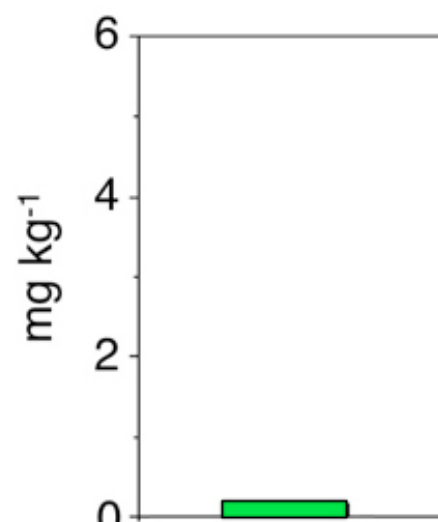
sin CO₃Ca, arenosos

con CO₃Ca, franco arcillosos

con CO₃Ca, acillosos

Efecto depurador de los suelos

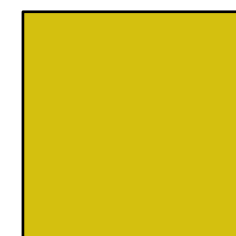
contaminación por agua



TEXTURA
arena 68,0 %
arcilla 12,7 %

ESTRUCTURA
granos sueltos
sin tamaño
sin desarrollo

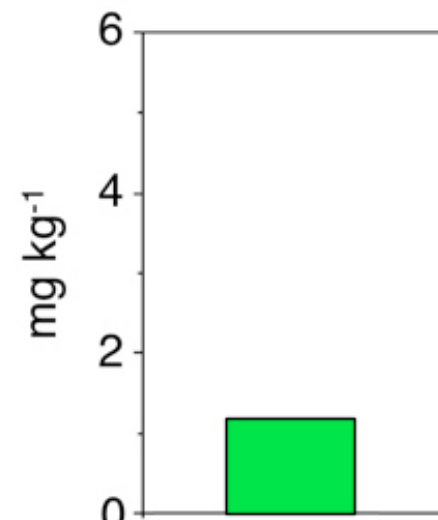
MAT. ORG. % 0,8 %
CARBONATOS % 0,3 %
CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONES 6,6 cmol_c kg⁻¹



arenas



arcillas



TEXTURA
arena 21,9 %
arcilla 40,4 %

ESTRUCTURA
bloques
tamaño medio
grado moderado

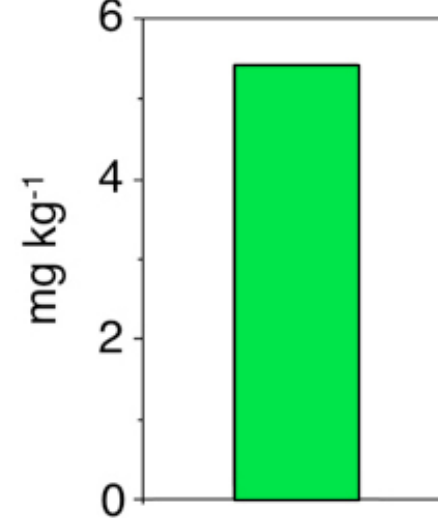
MAT. ORG. % 1,4 %
CARBONATOS % 9,4 %
CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONES 16,4 cmol_c kg⁻¹



arenas



arcillas



TEXTURA
arena 7,7 %
arcilla 63,1 %

ESTRUCTURA
bloques
tamaño fino
grado fuerte

MAT. ORG. % 1,0 %
CARBONATOS % 14,3 %
CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONES 26,4 cmol_c kg⁻¹



arenas



arcillas

Cd

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



área contaminada

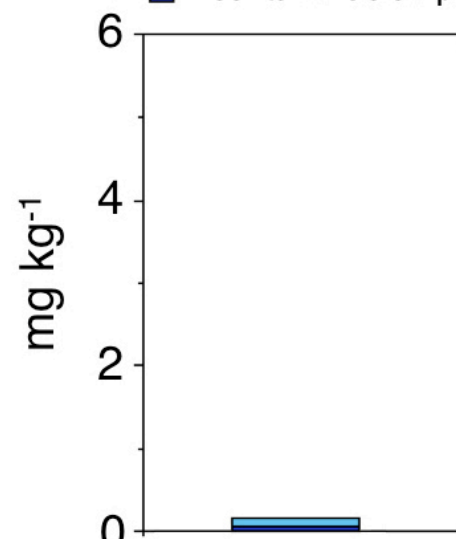
sin CO₃Ca, arenosos

con CO₃Ca, franco arcillosos

con CO₃Ca, acillosos

Efecto depurador de los suelos

contaminación por agua de gravedad
contaminación por agua de retención



TEXTURA

arena 21,9 %
arcilla 40,4 %

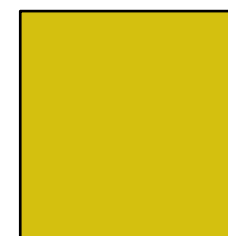
ESTRUCTURA

bloques
tamaño medio
grado moderado

MAT. ORG. % 0,8 %

CARBONATOS % 0,3 %

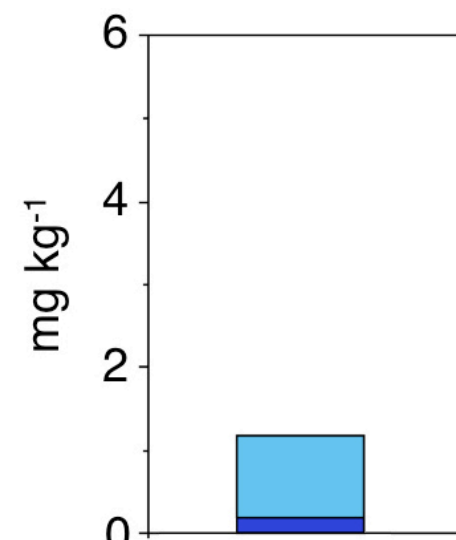
CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONES 6,6 cmol_c kg⁻¹



arenas



arcillas



TEXTURA

arena 68,0 %
arcilla 12,7 %

ESTRUCTURA

granos sueltos
sin tamaño
sin desarrollo

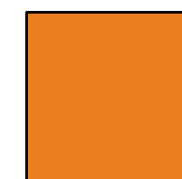
MAT. ORG. % 1,4 %

CARBONATOS % 9,4 %

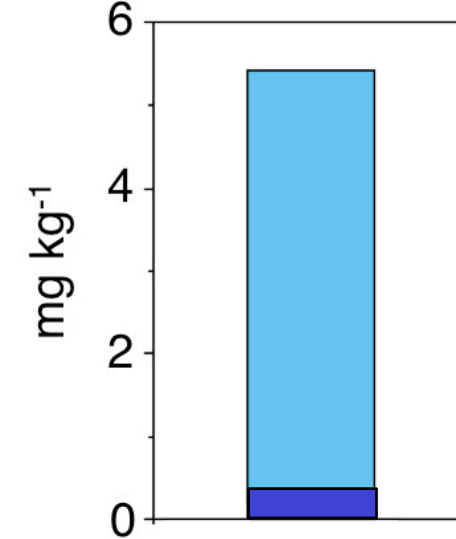
CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONES 16,4 cmol_c kg⁻¹



arenas



arcillas



TEXTURA

arena 7,7 %
arcilla 63,1 %

ESTRUCTURA

bloques
tamaño fino
grado fuerte

MAT. ORG. % 1,0 %

CARBONATOS % 14,3 %

CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONES 26,4 cmol_c kg⁻¹



arenas



arcillas

Cd

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



área contaminada

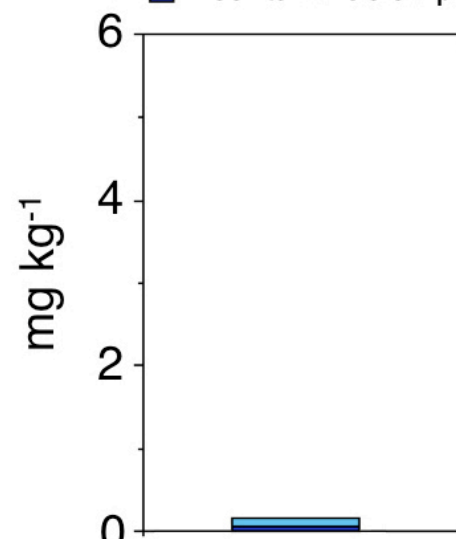
sin CO_3Ca , arenosos

con CO_3Ca , franco arcillosos

con CO_3Ca , acillosos

Efecto depurador de los suelos

contaminación por agua de gravedad
contaminación por agua de retención



TEXTURA

arena 21,9 %
arcilla 40,4 %

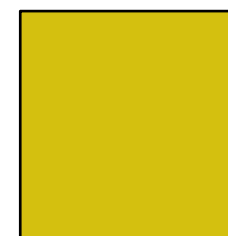
ESTRUCTURA

bloques
tamaño medio
grado moderado

MAT. ORG. % 0,8 %

CARBONATOS % 0,3 %

CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONES 6,6 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$



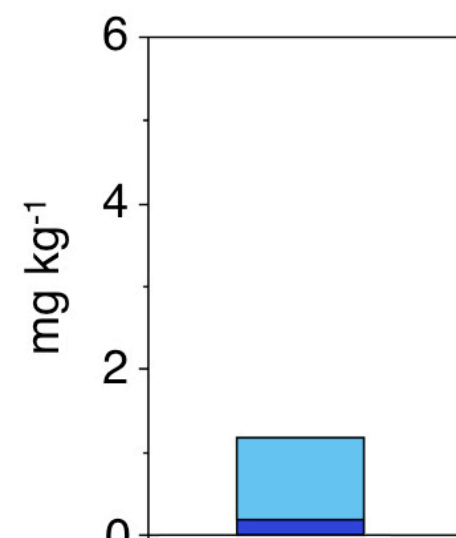
arenas



arcillas



CCC



TEXTURA

arena 68,0 %
arcilla 12,7 %

ESTRUCTURA

granos sueltos
sin tamaño
sin desarrollo

MAT. ORG. % 1,4 %

CARBONATOS % 9,4 %

CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONES 16,4 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$



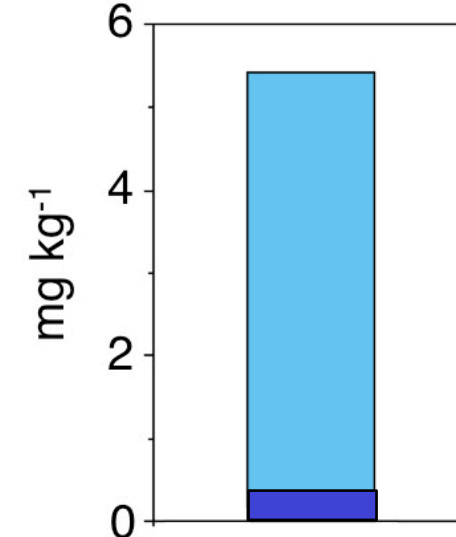
arenas



arcillas



CCC



TEXTURA

arena 7,7 %
arcilla 63,1 %

ESTRUCTURA

bloques
tamaño fino
grado fuerte

MAT. ORG. % 1,0 %

CARBONATOS % 14,3 %

CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONES 26,4 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$



arenas



arcillas



CCC

Cd

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



área contaminada

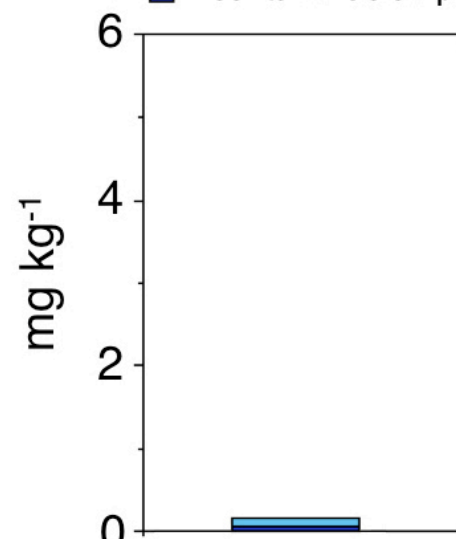
sin CO₃Ca, arenosos

con CO₃Ca, franco arcillosos

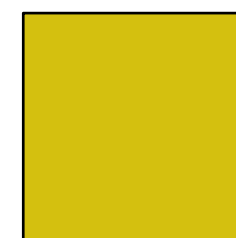
con CO₃Ca, acillosos

Efecto depurador de los suelos

contaminación por agua de gravedad
contaminación por agua de retención



TEXTURA
arena 21,9 %
arcilla 40,4 %
ESTRUCTURA
bloques
tamaño medio
grado moderado



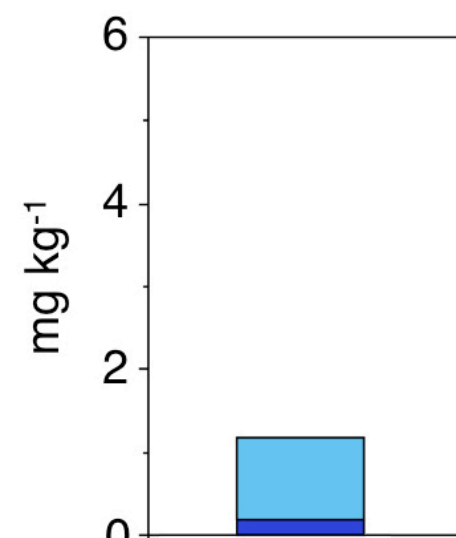
arenas



arcillas

MAT. ORG. % 0,8 %
CARBONATOS % 0,3 %
CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONES 6,6 cmol_c kg⁻¹

CO₃⁼
CCC



TEXTURA
arena 68,0 %
arcilla 12,7 %
ESTRUCTURA
granos sueltos
sin tamaño
sin desarrollo



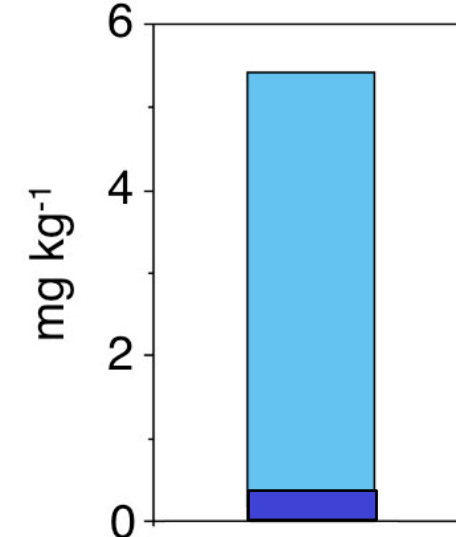
arenas



arcillas

MAT. ORG. % 1,4 %
CARBONATOS % 9,4 %
CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONES 16,4 cmol_c kg⁻¹

CO₃⁼
CCC



TEXTURA
arena 7,7 %
arcilla 63,1 %
ESTRUCTURA
bloques
tamaño fino
grado fuerte



arenas



arcillas

MAT. ORG. % 1,0 %
CARBONATOS % 14,3 %
CAPACIDAD DE CAMBIO CATIONES 26,4 cmol_c kg⁻¹

CO₃⁼
CCC

Cd

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



suelos contaminados



suelos no contaminados

mg kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
	Máximo	Mínimo	Media	DE		Máximo	Mínimo	Media	DE
Mn	1030,0	470,6	681,9	172,8	Cd	5,7	0,4	2,2	1,8
Zn	2235,2	144,6	747,9	705,7	Ni	40,4	17,4	29,1	7,5
Pb	1785,5	60,0	370,4	627,6	Sn	4,8	0,0	1,0	1,8
Cu	400,8	33,8	132,8	124,2	Y	22,2	12,5	18,3	3,6
As	603,7	29,0	127,0	211,1	Be	2,7	1,0	1,8	0,6
Sb	145,6	4,0	27,7	52,1	U	2,2	1,1	1,7	0,4
Ba	378,3	216,6	292,1	55,4	Th	19,5	9,1	13,9	4,1
V	127,7	75,6	94,7	17,4	Sc	16,5	6,2	10,9	3,3
Tl	8,9	0,5	2,1	3,1	Hg	0,6	0,2	0,4	0,1
Cr	103,2	45,1	68,5	18,8	Mo	2,1	0,0	0,7	0,7
Co	22,7	10,2	15,9	3,8	In	0,6	0,1	0,2	0,2
Bi	12,6	0,5	2,6	4,4	Se	3,4	0,0	0,5	1,3

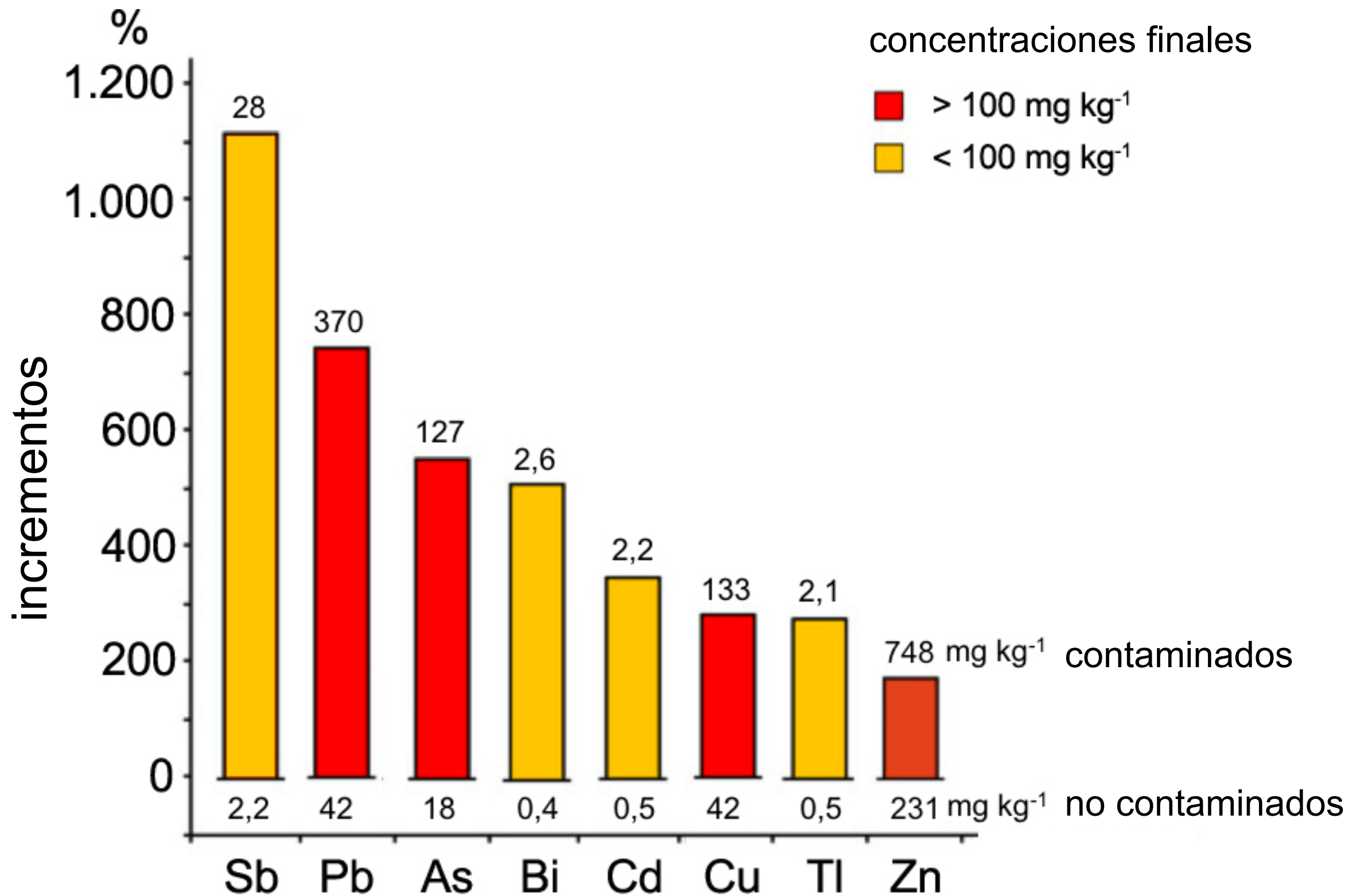
Tabla 6. Composición elemental de suelos afectados, entre 0-10 cm.
DE es la desviación estandar.

mg kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
	Máximo	Mínimo	Media	DE		Máximo	Mínimo	Media	DE
Mn	1250,0	365,9	845,5	275,6	Cd	0,9	0,0	0,5	0,4
Zn	376,1	45,8	230,8	123,1	Ni	47,7	14,0	32,1	12,3
Pb	74,6	22,0	41,8	16,4	Sn	3,4	0,0	0,8	1,3
Cu	66,9	17,0	42,2	18,8	Y	30,1	8,3	16,1	7,7
As	31,5	11,5	18,1	6,5	Be	2,8	0,9	1,9	0,7
Sb	3,0	1,5	2,2	0,7	U	3,1	1,1	1,8	0,7
Ba	363,7	196,9	292,9	58,2	Th	16,8	4,1	11,7	4,4
V	132,5	45,1	100,6	31,3	Sc	17,6	4,1	11,9	5,4
Tl	0,6	0,2	0,5	0,1	Hg	0,5	0,2	0,4	0,1
Cr	99,9	33,1	68,5	25,4	Mo	0,8	0,0	0,2	0,3
Co	20,0	6,9	14,4	4,2	In	0,1	0,1	0,1	0,0
Bi	0,8	0,2	0,4	0,2	Se	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla 5. Composición elemental de suelos no afectados, entre 0-10 cm.
DE es la desviación estandar.

Aznalcóllar, hoy.

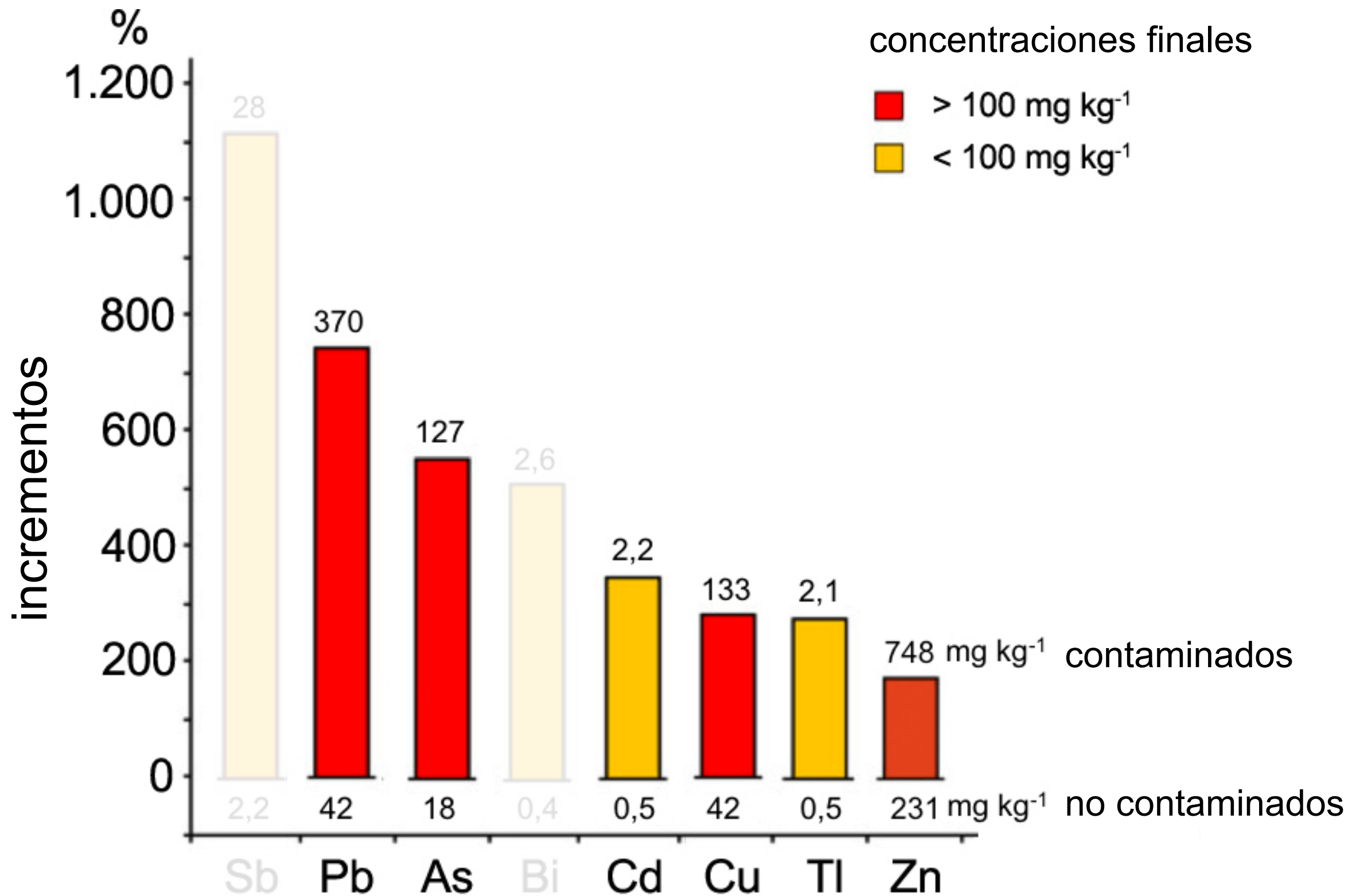
1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



concentración media de suelos contaminados frente a los inalterados, 4 mayo 1998

Aznalcóllar, hoy.

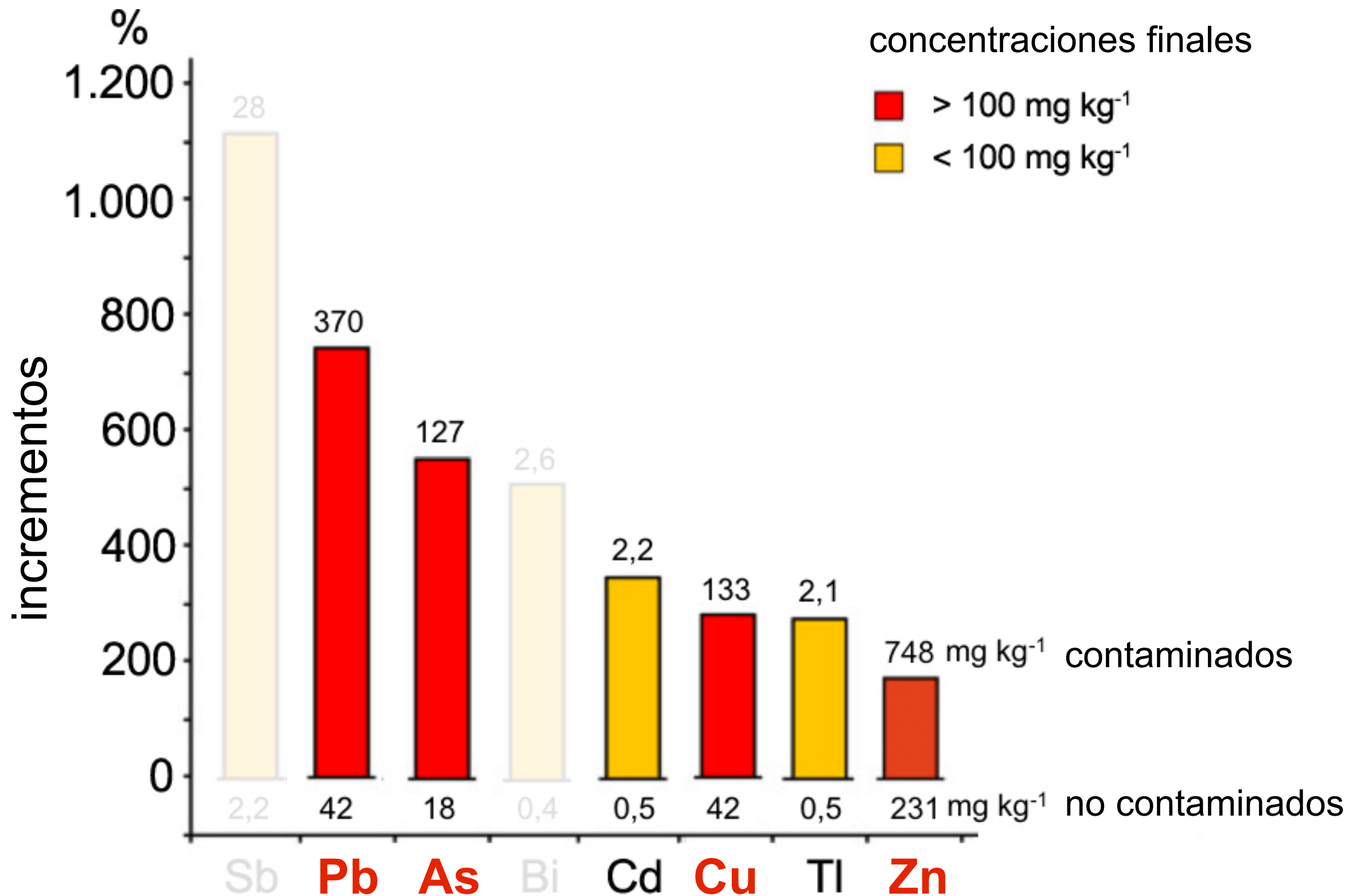
1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



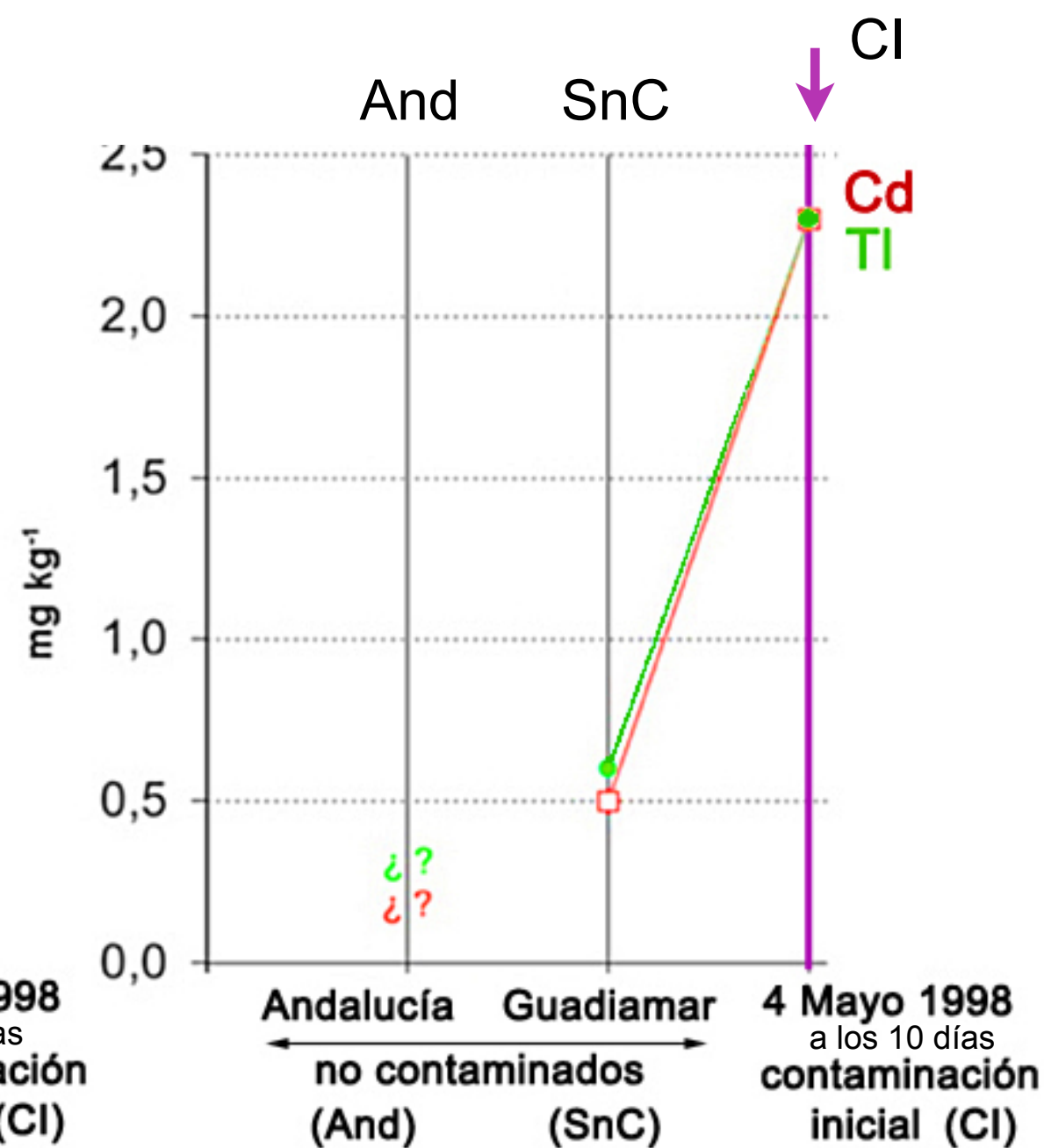
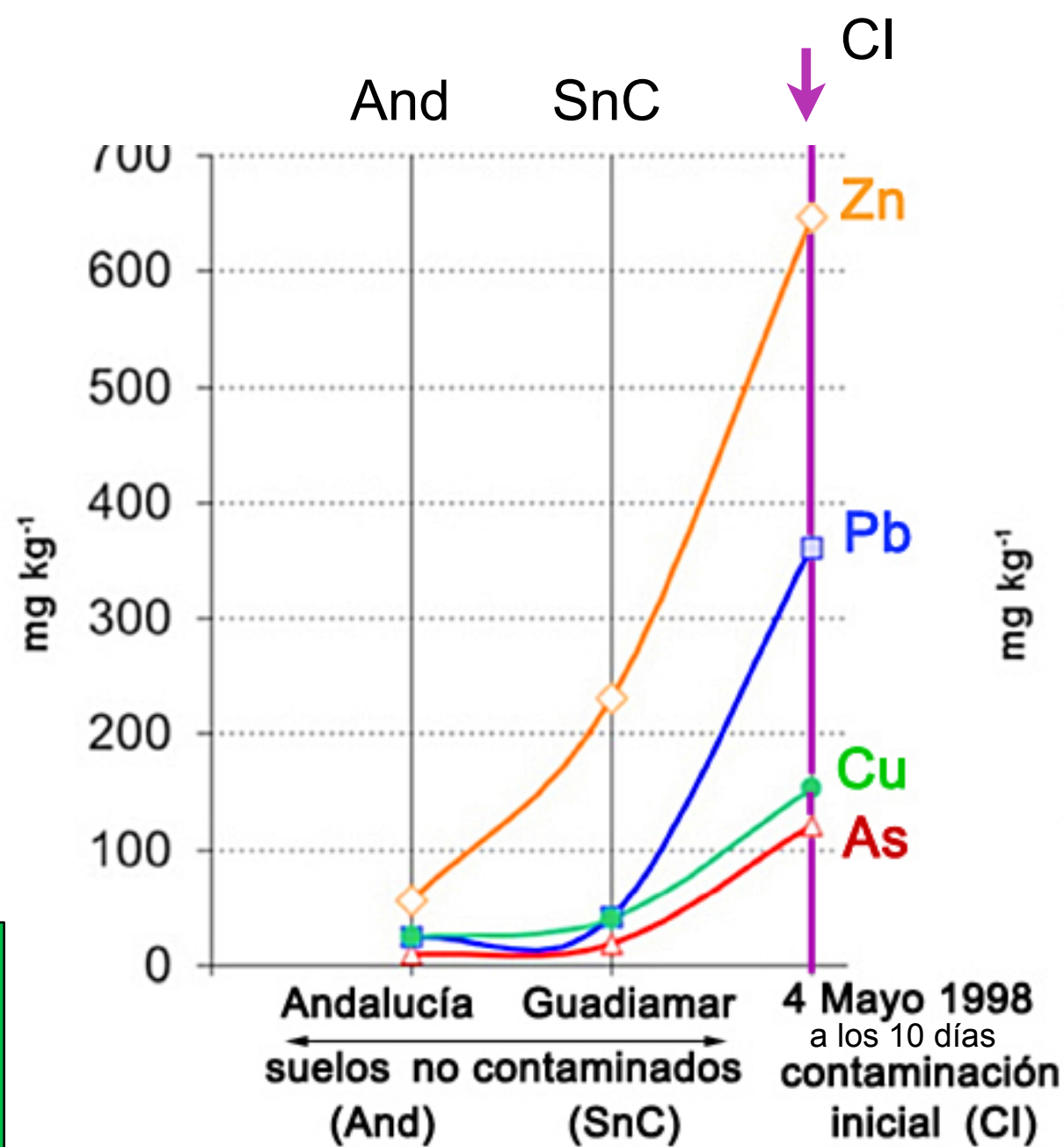
concentración media de suelos contaminados frente a los inalterados, 4 mayo 1998

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



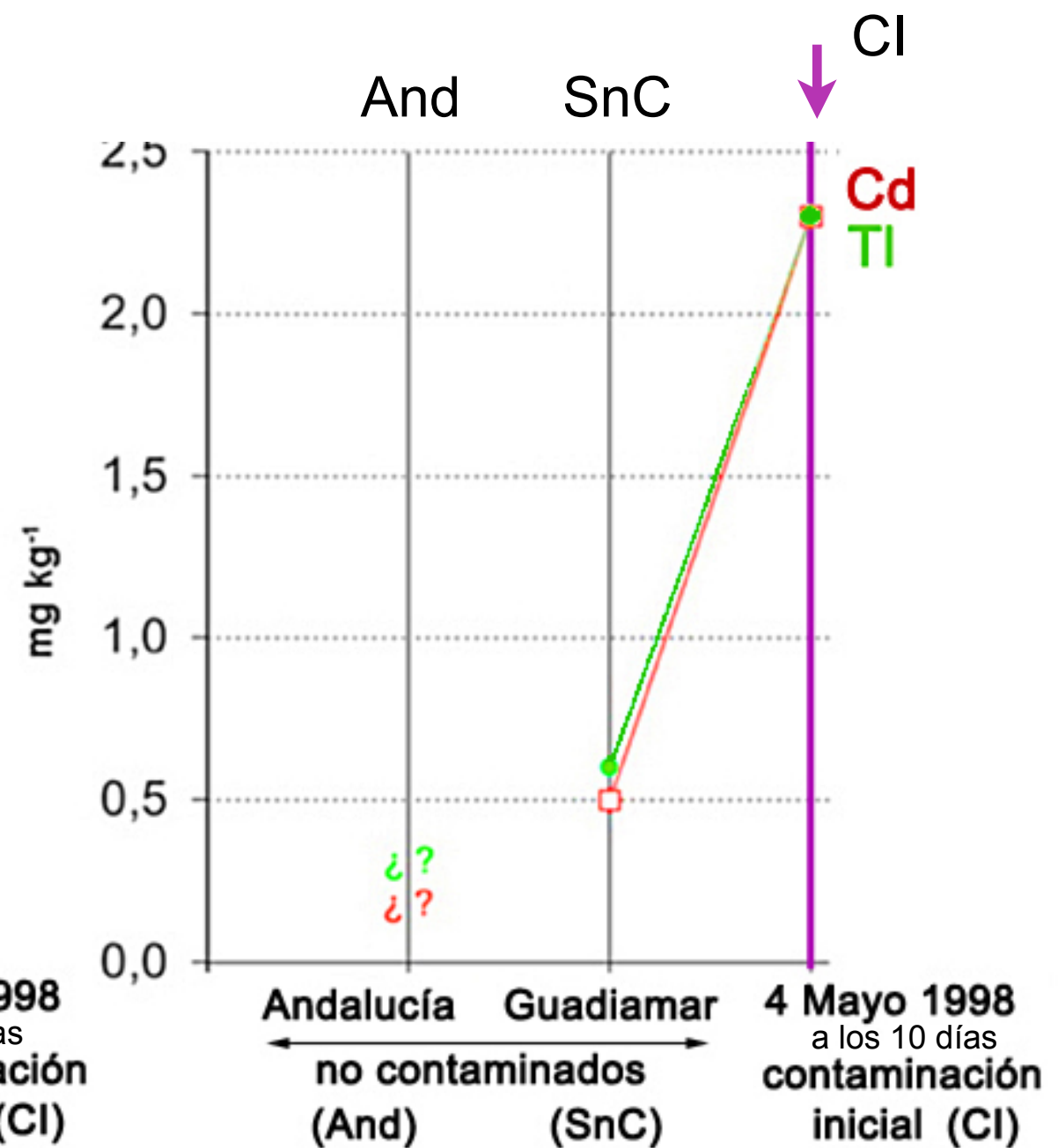
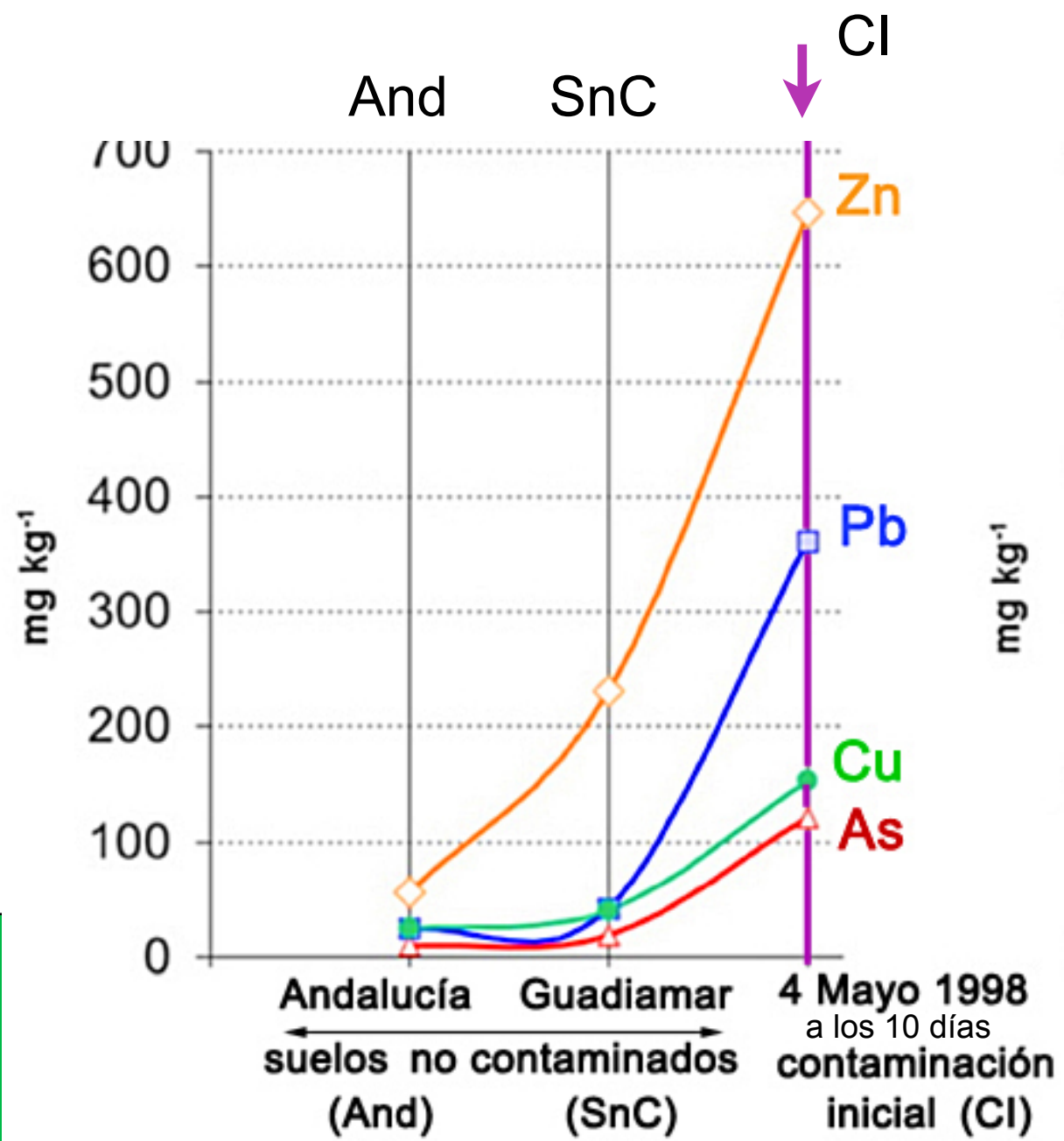
concentración media de suelos contaminados frente a los inalterados, 4 mayo 1998



	And	SnC	CI	
Zn	56	231	647	mg/kg
Pb	24	42	361	mg/kg
Cu	24	40	153	mg/kg
As	10	18	122	mg/kg

	And	SnC	CI	
Cd	¿ ?	0,5	2,3	mg/kg
Tl	¿ ?	0,6	2,3	mg/kg

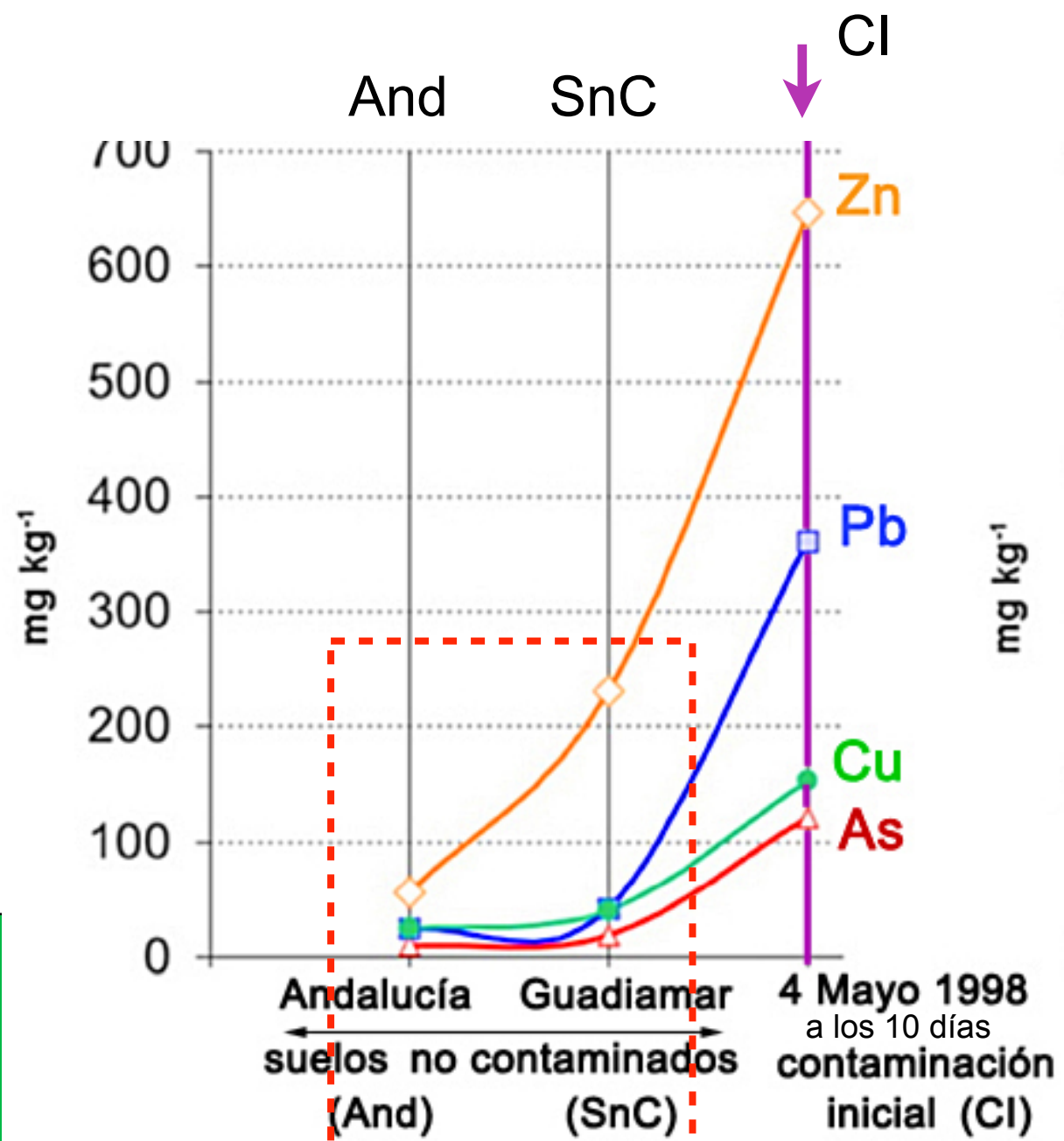
mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm



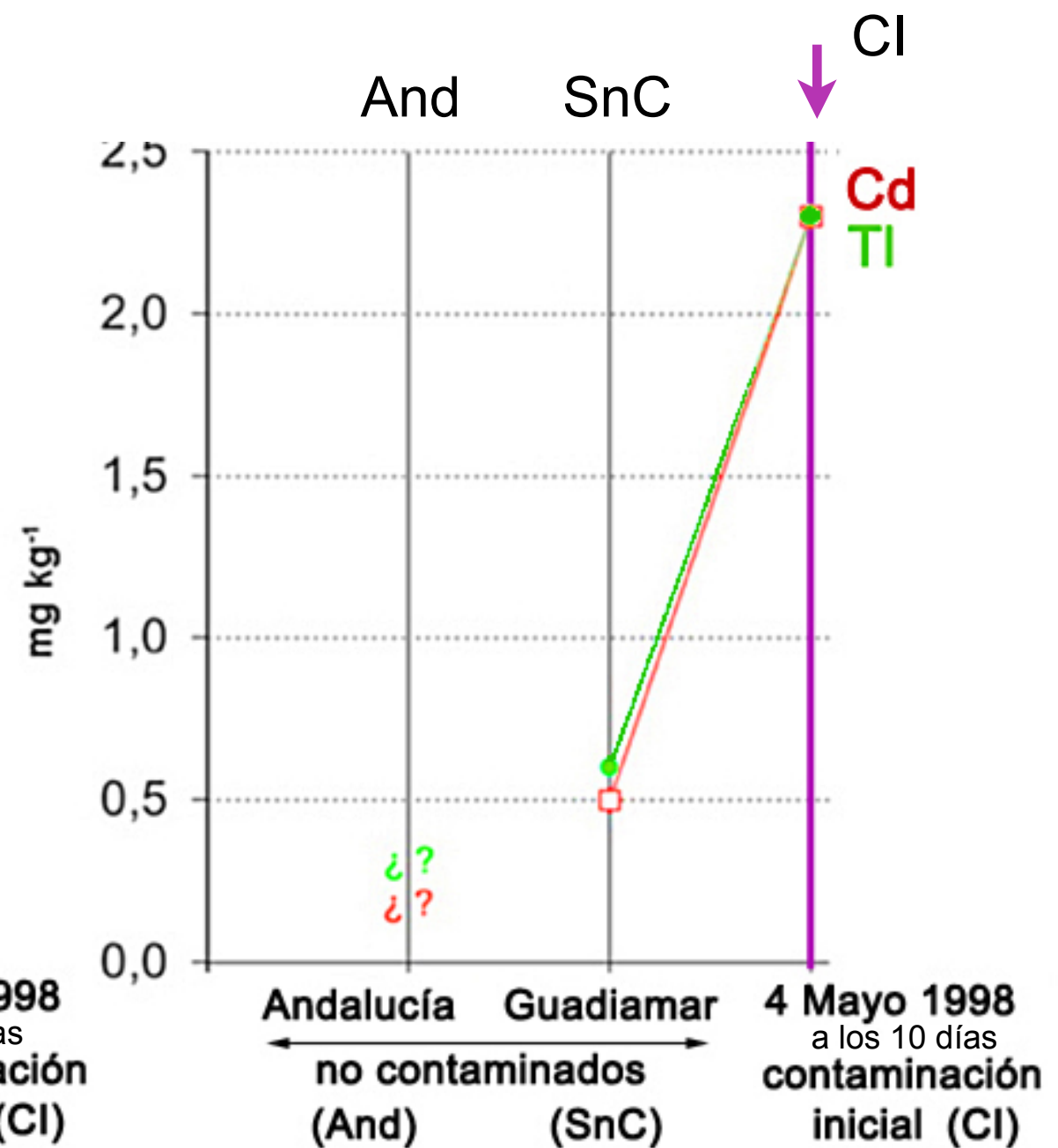
	And	SnC	CI	Incrementos
—◇— Zn	56	231	647	180%
—□— Pb	24	42	361	764%
—●— Cu	24	40	153	282%
—△— As	10	18	122	572%

	And	SnC	CI	Incrementos
—□— Cd	¿ ?	0,5	2,3	360%
—●— Tl	¿ ?	0,6	2,3	283%

mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm



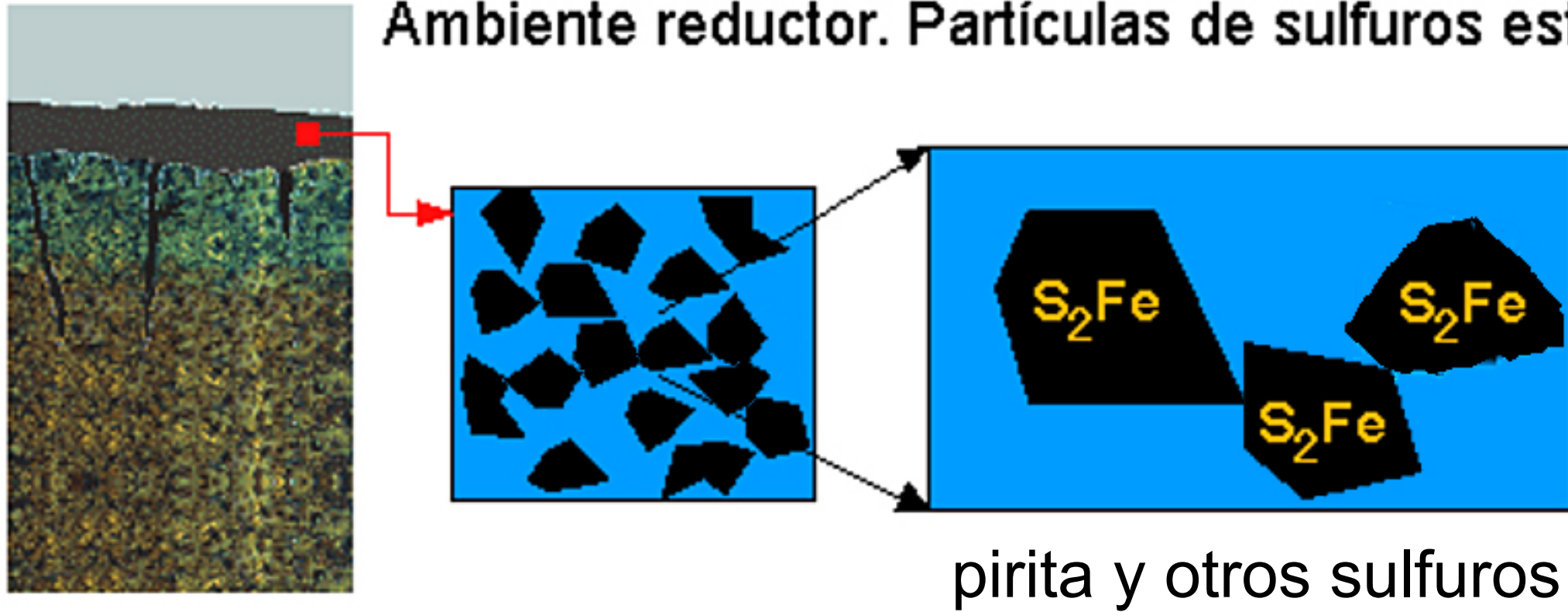
	And	SnC	CI	Incrementos
Zn	56	231	647	180%
Pb	24	42	361	764%
Cu	24	40	153	282%
As	10	18	122	572%



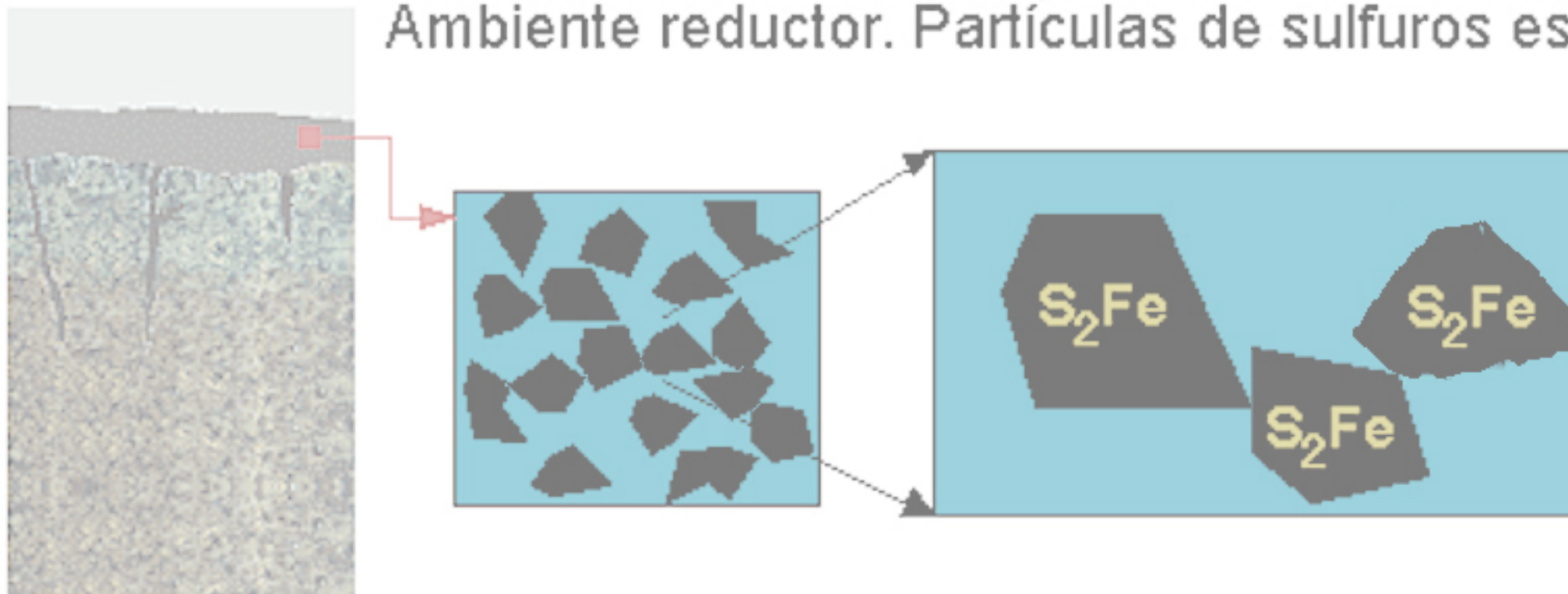
	And	SnC	CI	Incrementos
Cd	¿ ?	0,5	2,3	360%
Tl	¿ ?	0,6	2,3	283%

mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm

Situación inicial. Lodos completamente saturados en agua.
Ambiente reductor. Partículas de sulfuros estables.

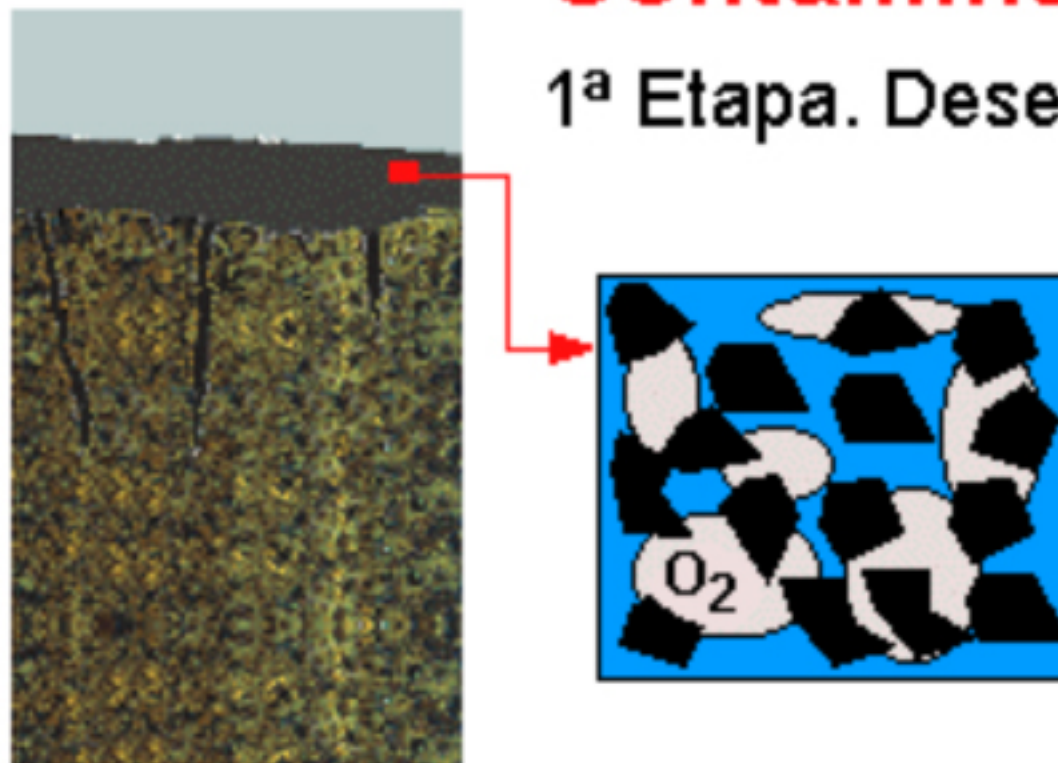


Situación inicial. Lodos completamente saturados en agua.
Ambiente reductor. Partículas de sulfuros estables.

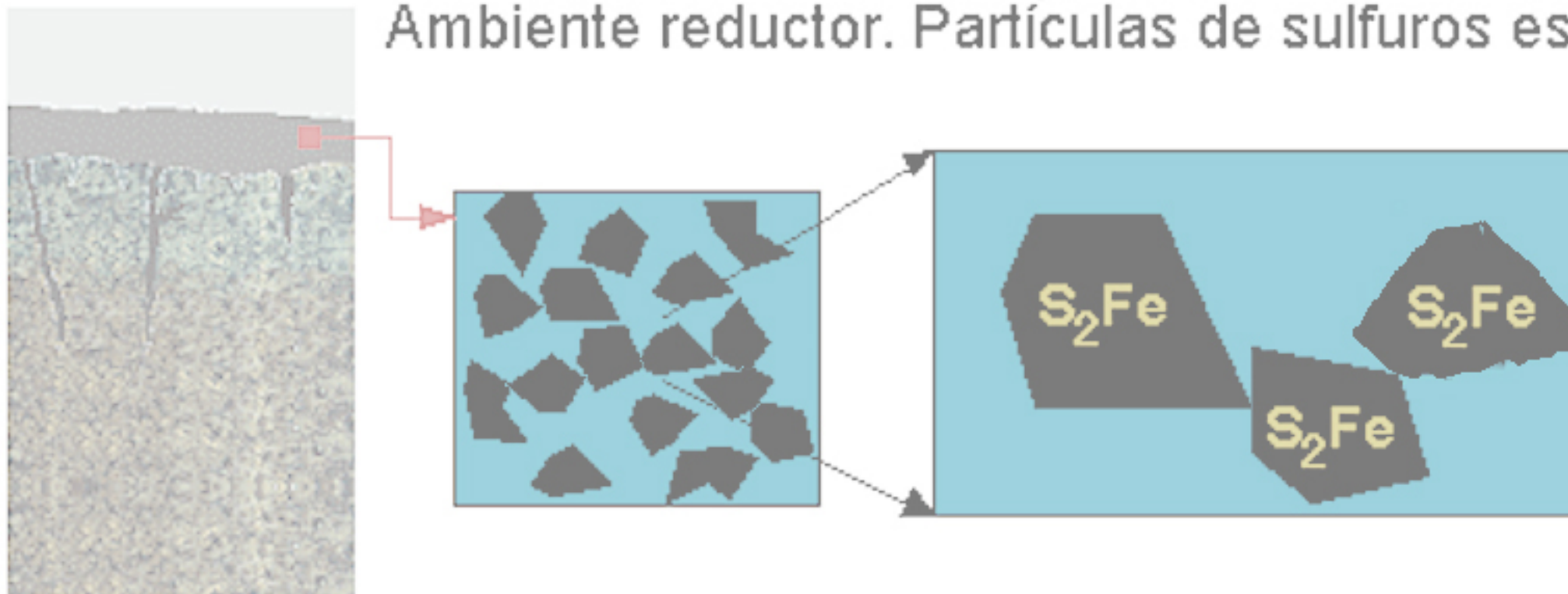


Contaminación secundaria

1ª Etapa. Deseccación parcial

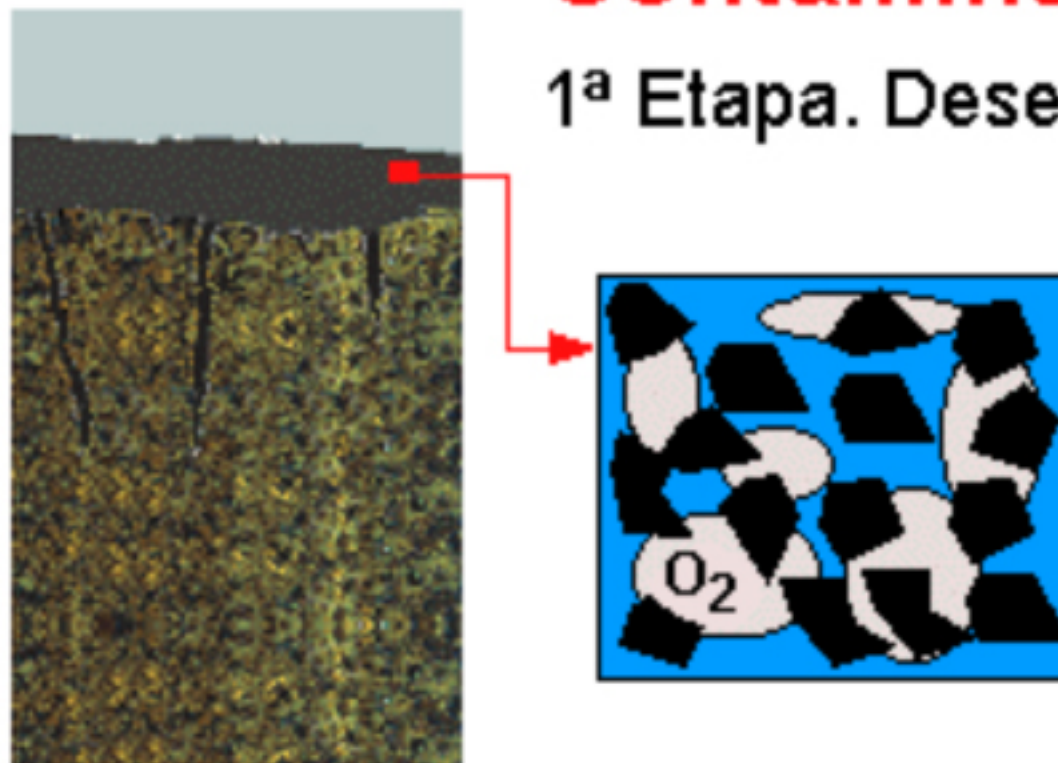


Situación inicial. Lodos completamente saturados en agua.
Ambiente reductor. Partículas de sulfuros estables.

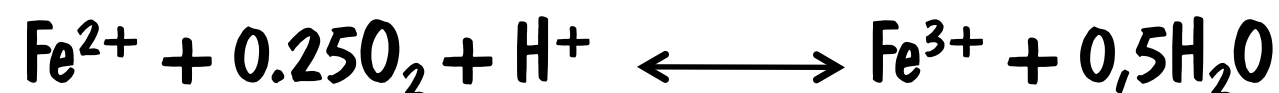
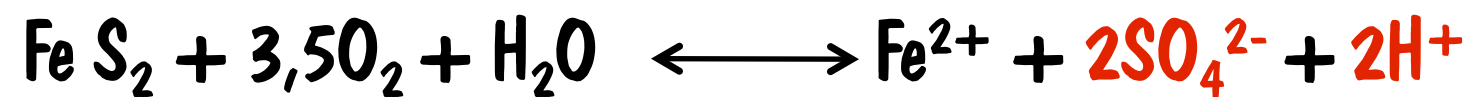


Contaminación secundaria

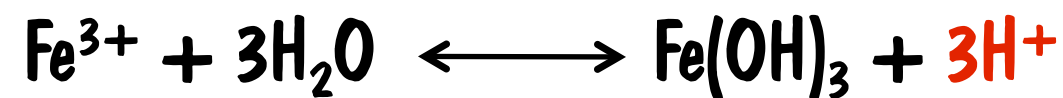
1ª Etapa. Deseccación parcial



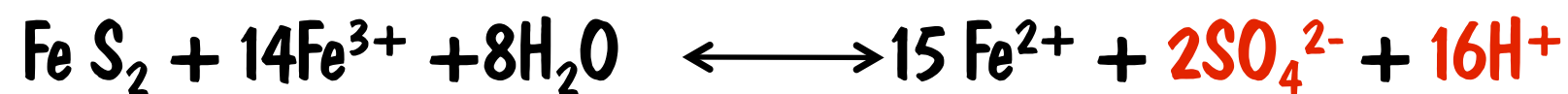
→ oxidación de sulfuros



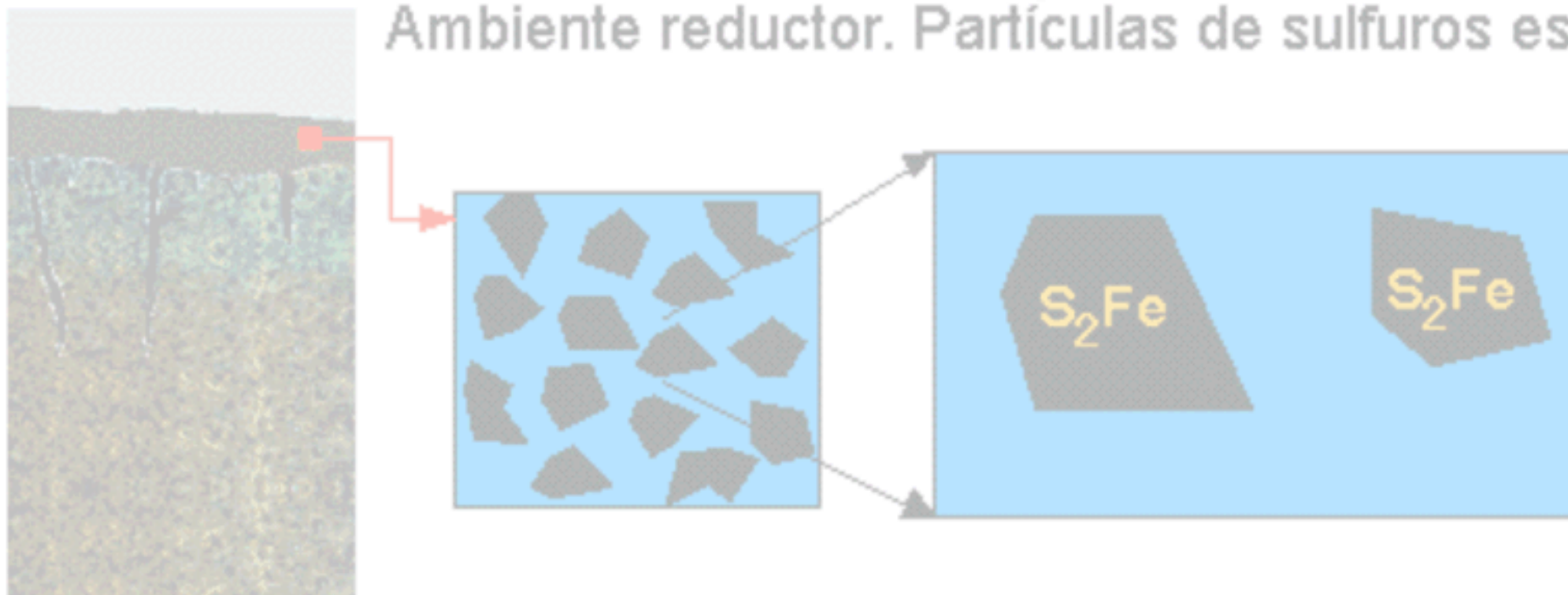
para $\text{pH} > 4,5$



para $\text{pH} < 4,5$



Situación inicial. Lodos completamente saturados en agua.
Ambiente reductor. Partículas de sulfuros estables.



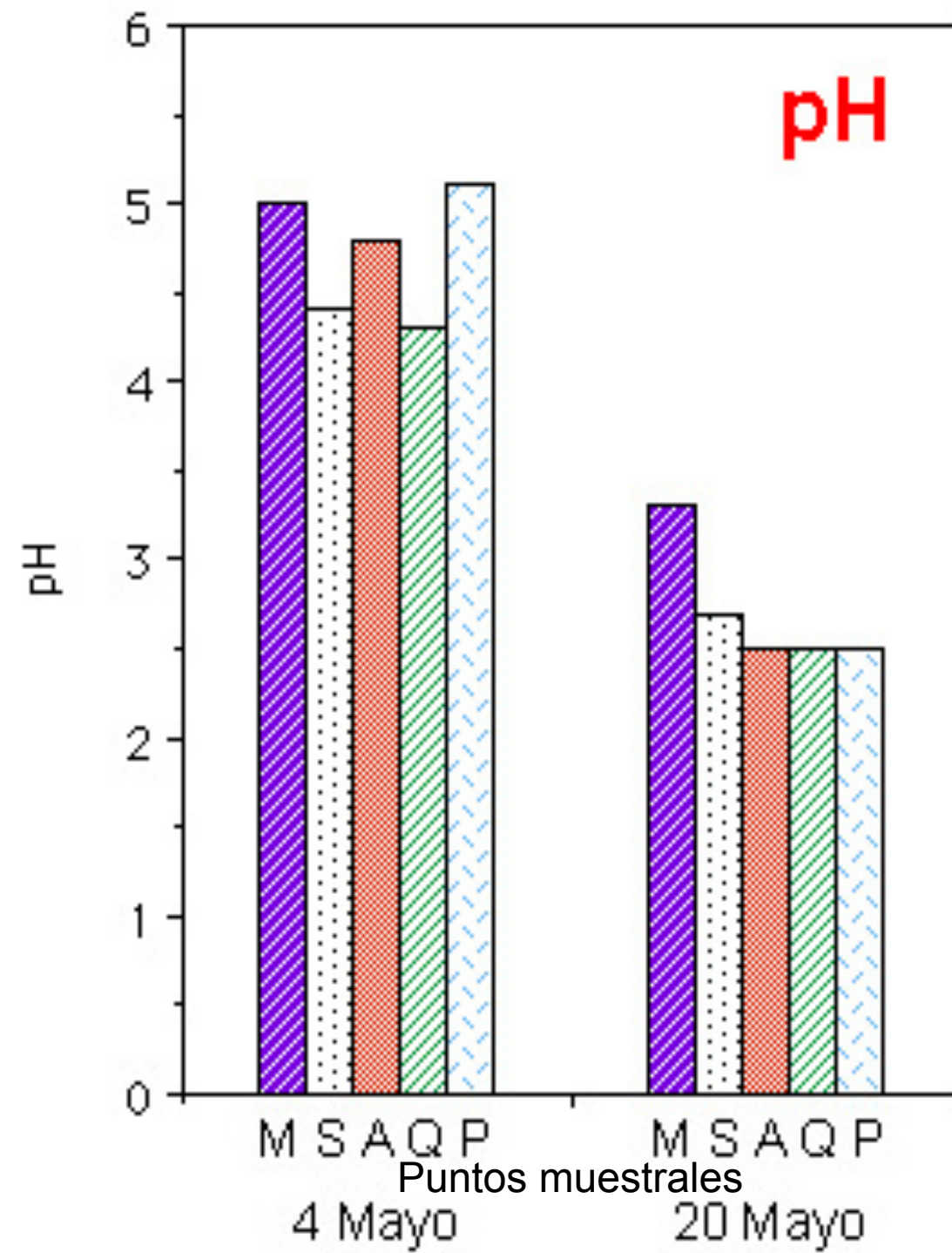
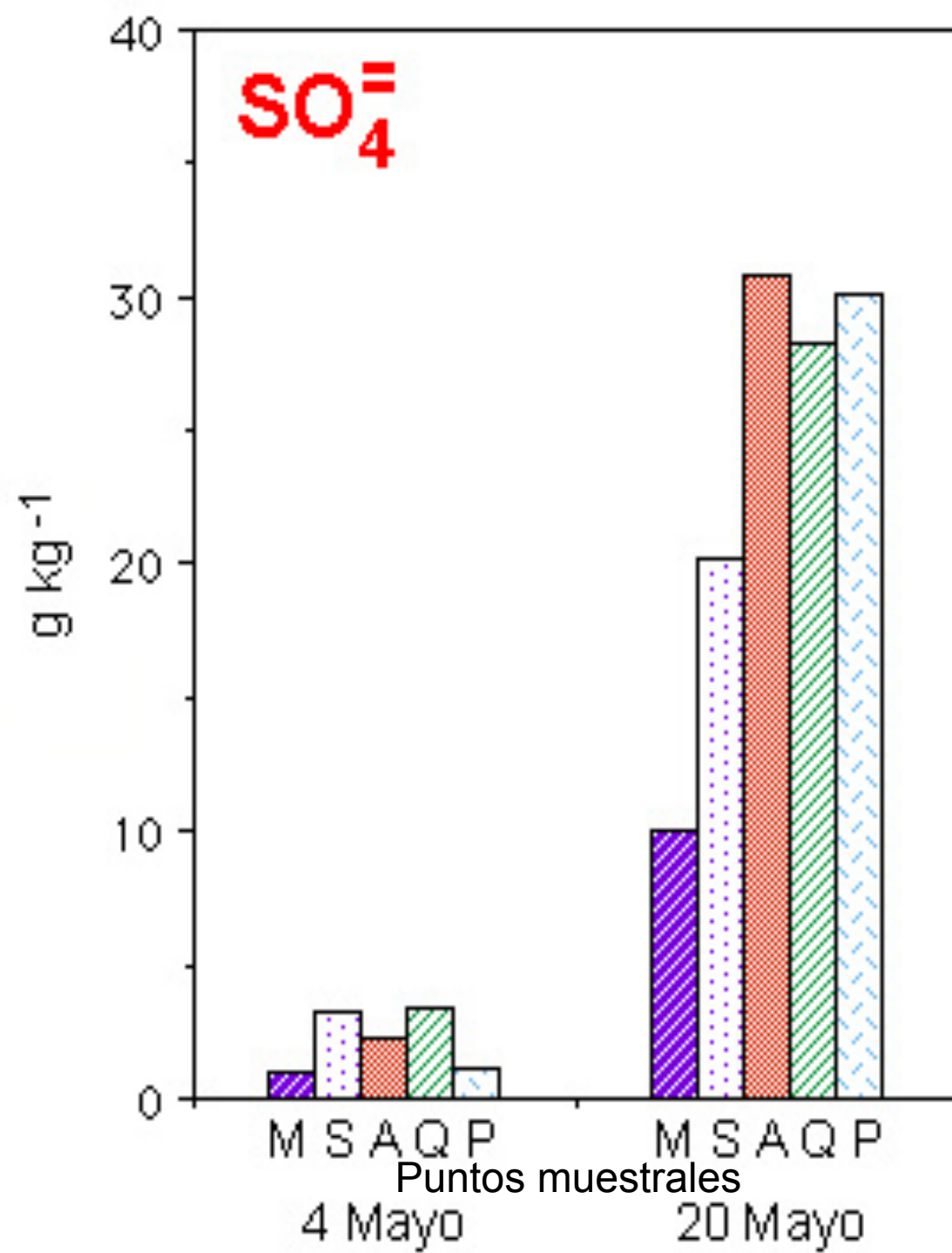
Contaminación secundaria

1ª Etapa. Deseccación parcial, oxidación y disolución.



Aznalcóllar, hoy.

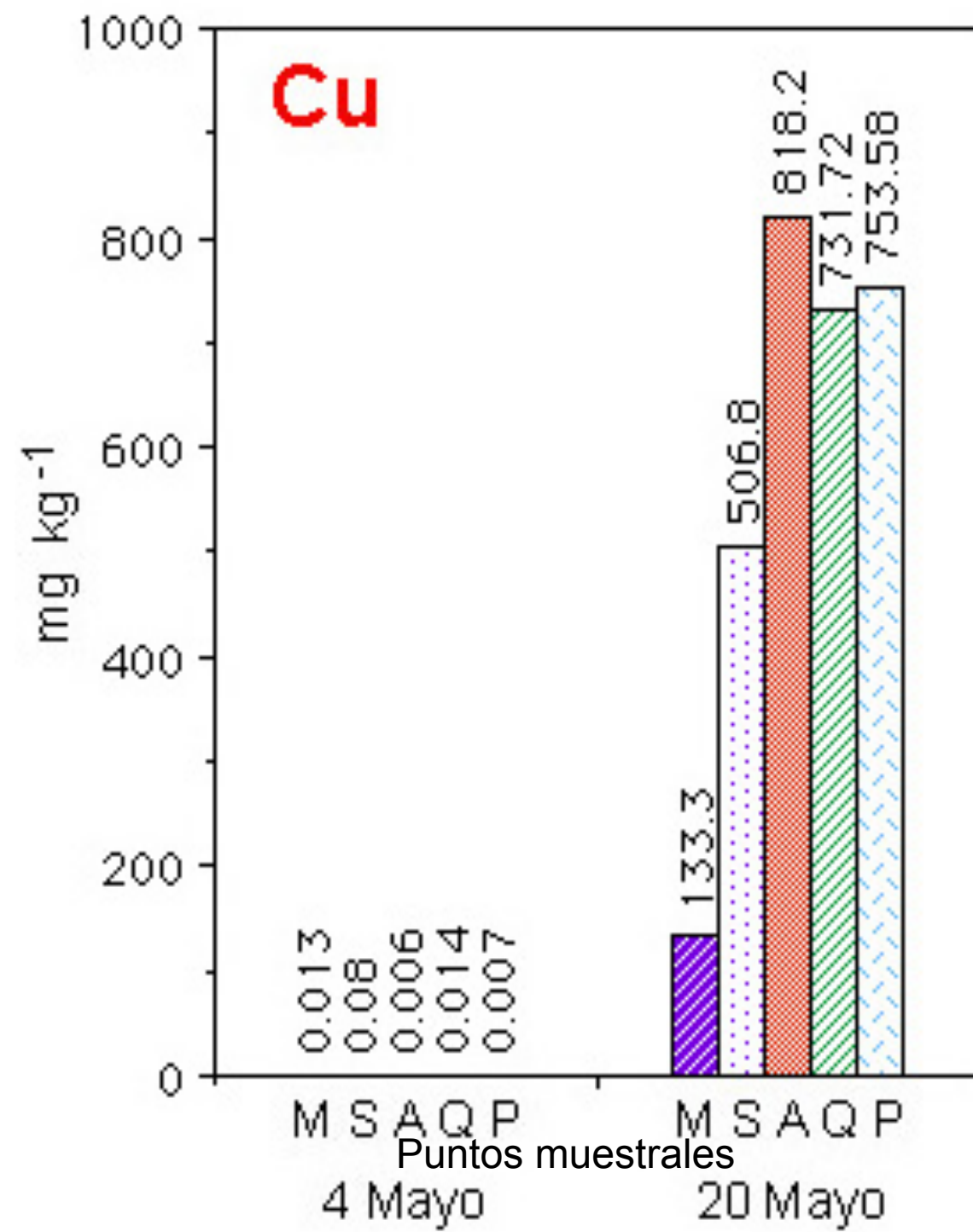
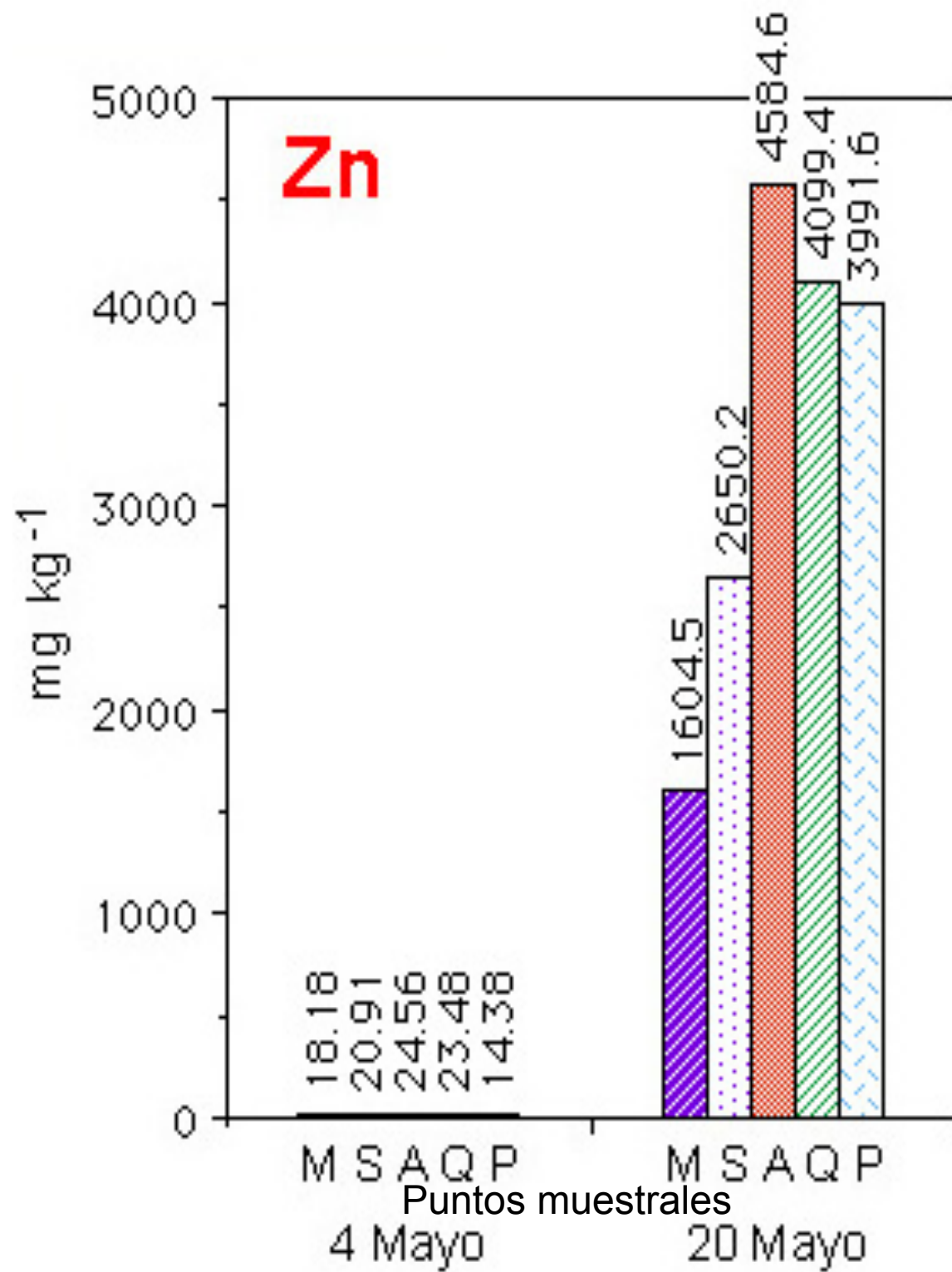
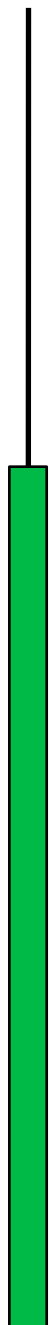
1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Extractos solubles de los lodos

Aznalcóllar, hoy.

- 1. El accidente
- 2. La contaminación
- 3. La remediación
- 4. La no intervención
- 5. El futuro



Extractos solubles de los lodos

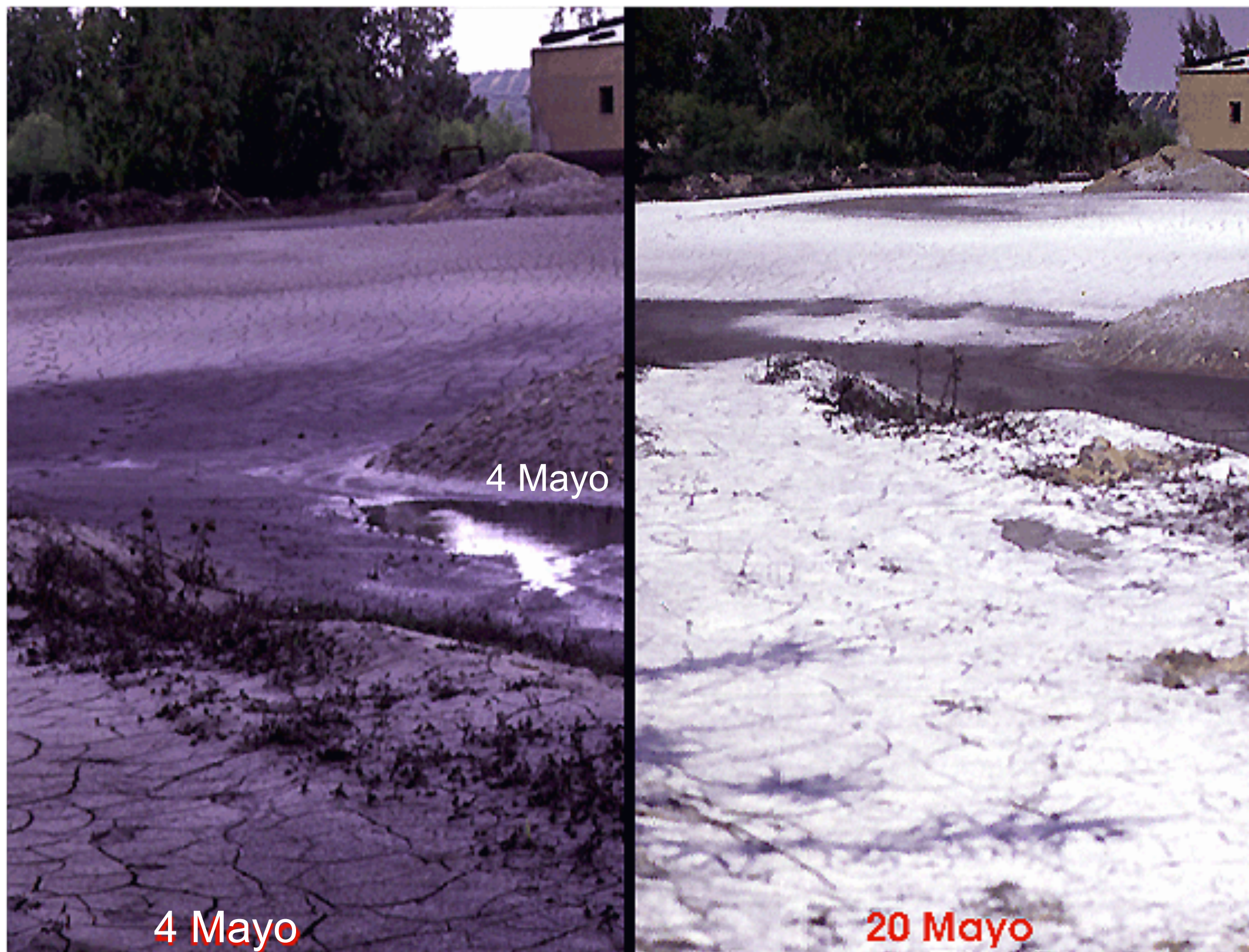
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

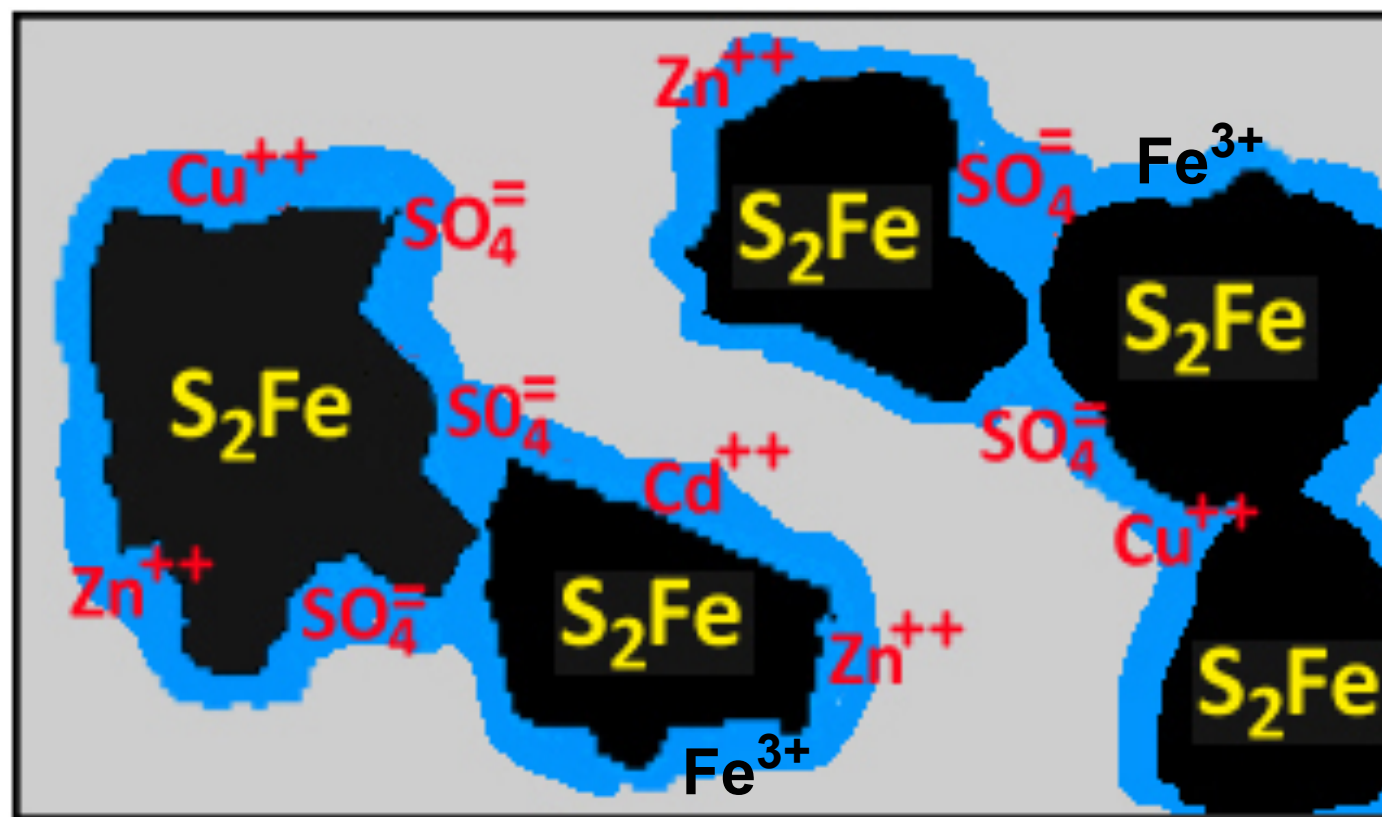


Contaminación secundaria

Periodo seco

1ª Etapa, desecación, oxidación, disolución

Las sales disueltas quedan retenidas en los microporos de los lodos

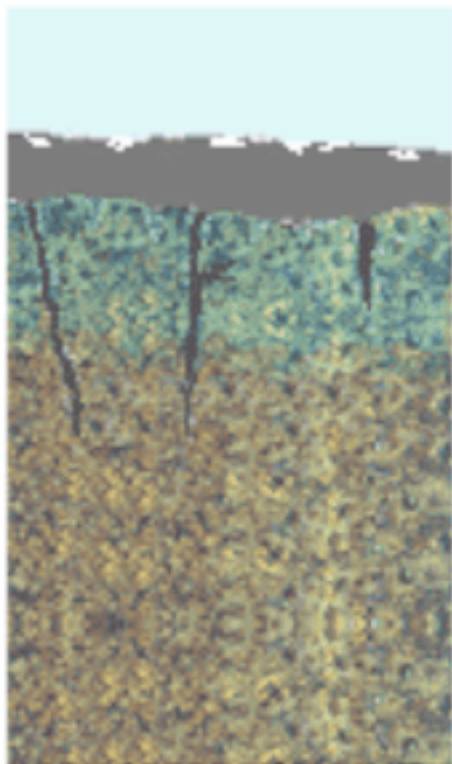


Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente
2. La contaminación
3. La remediación
4. La no intervención
5. El futuro



Periodo
húmedo

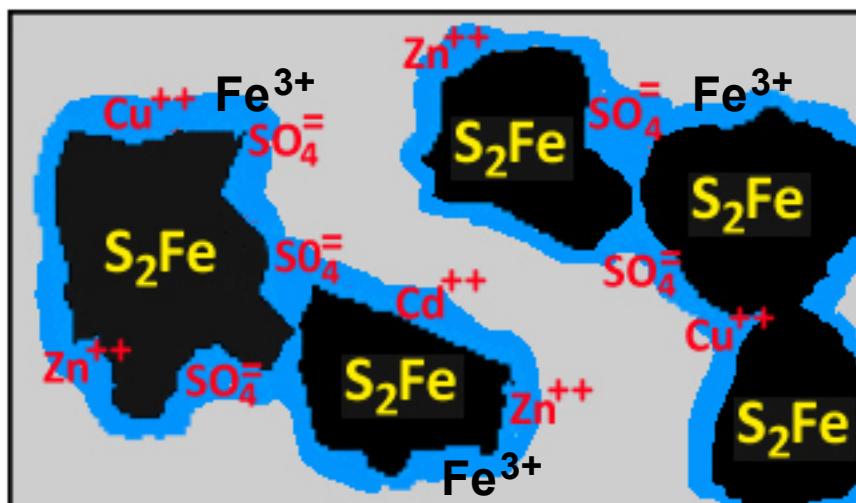


Contaminación secundaria

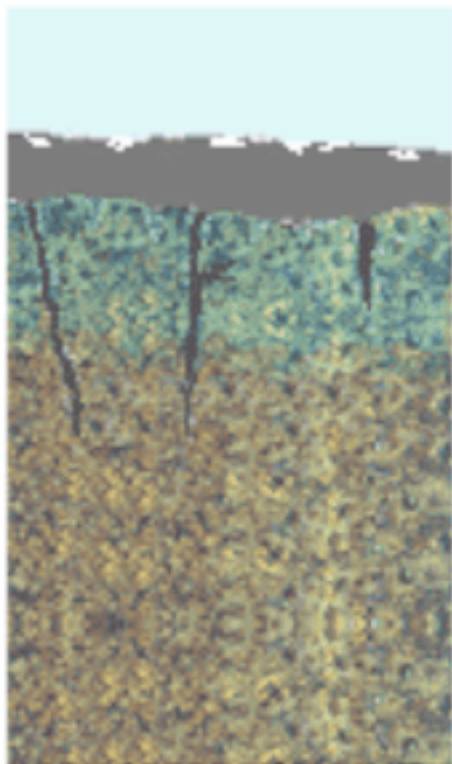
2ª Etapa. Contaminación.

Al llegar las lluvias se produce la infiltración de los metales pesados procedentes de la oxidación de los lodos.

Las sales disueltas quedan retenidas en los microporos de los lodos



Periodo
húmedo

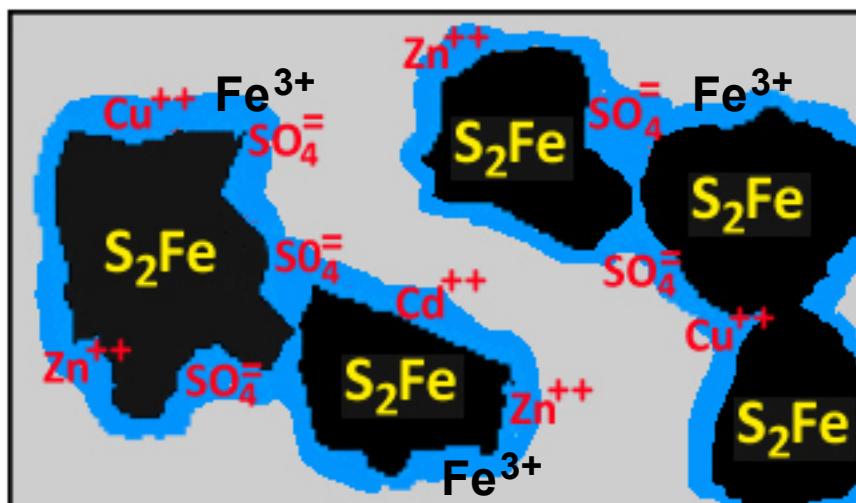


Contaminación secundaria

2ª Etapa. Contaminación.

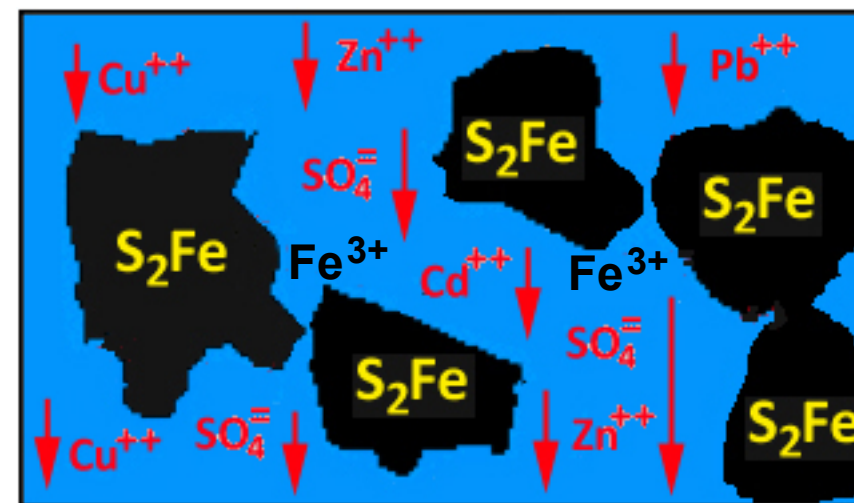
Al llegar las lluvias se produce la infiltración de los metales pesados procedentes de la oxidación de los lodos.

Las sales disueltas quedan retenidas en los microporos de los lodos

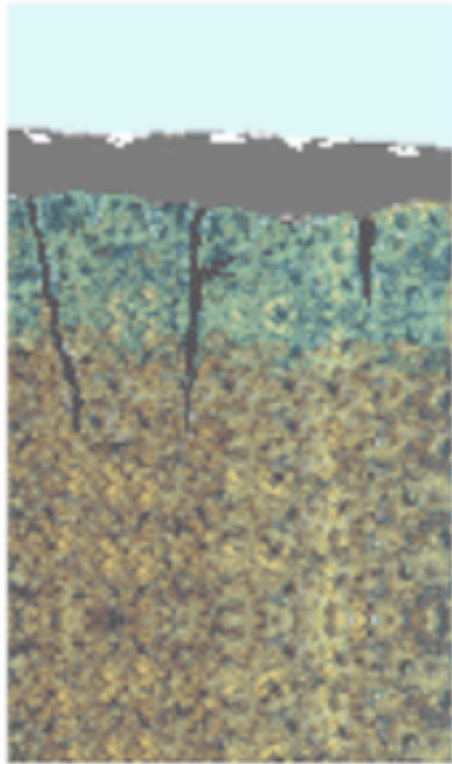


lluvias

son arrastradas al interior del suelo



Periodo
húmedo

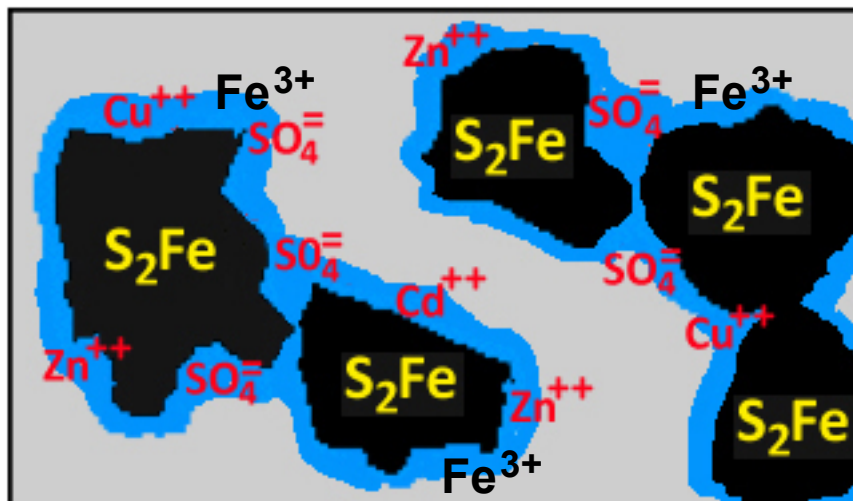


Contaminación secundaria

2ª Etapa. Contaminación.

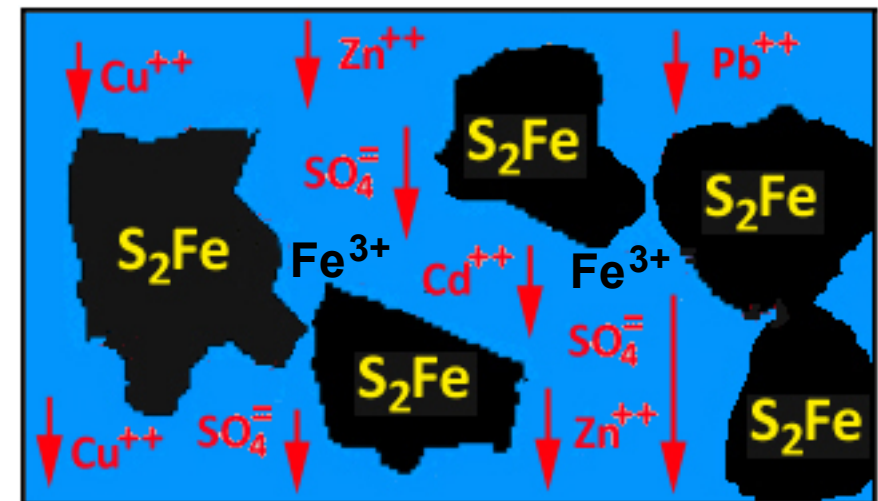
Al llegar las lluvias se produce la infiltración de los metales pesados procedentes de la oxidación de los lodos.

Las sales disueltas quedan retenidas en los microporos de los lodos



son arrastradas al interior del suelo

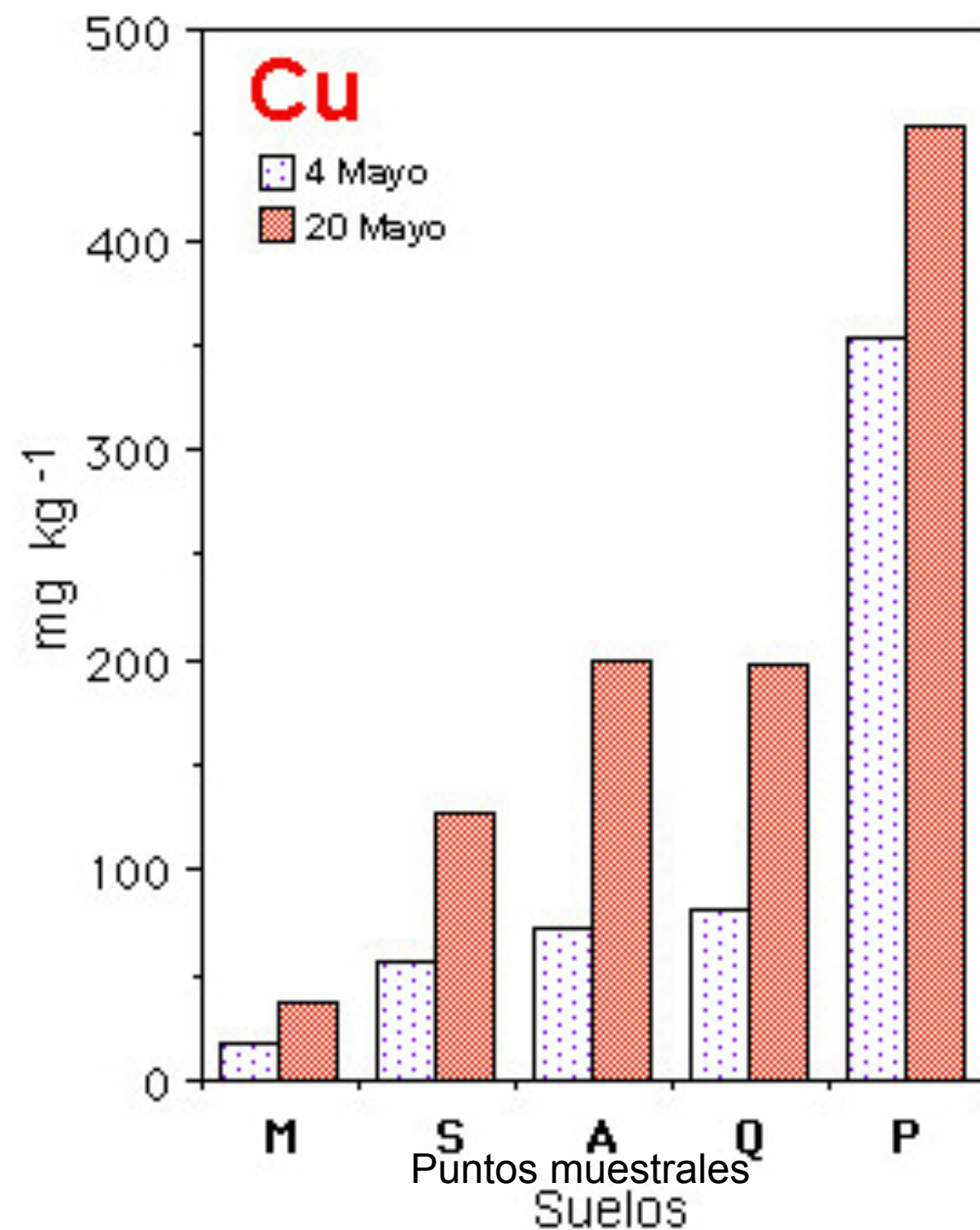
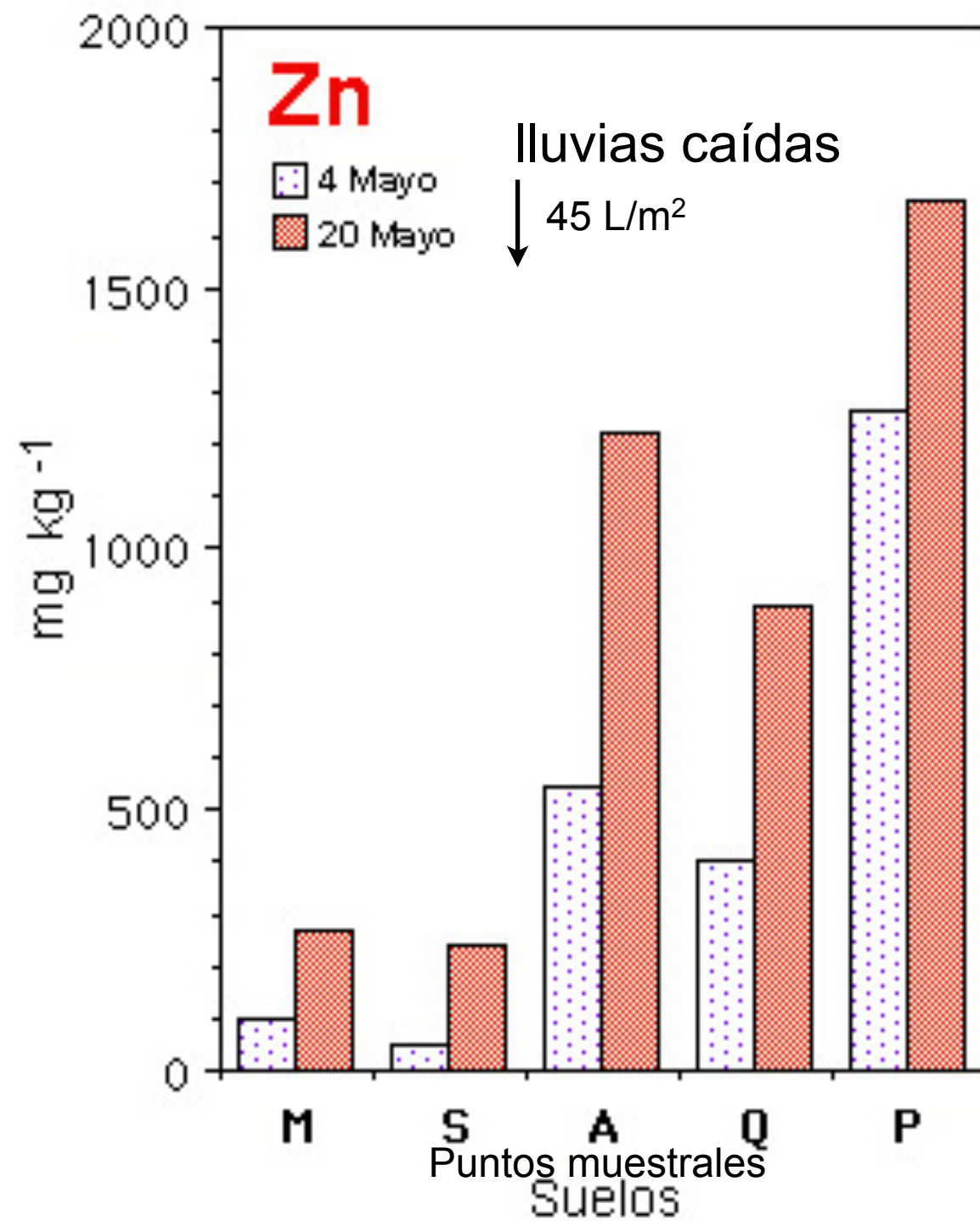
lluvias



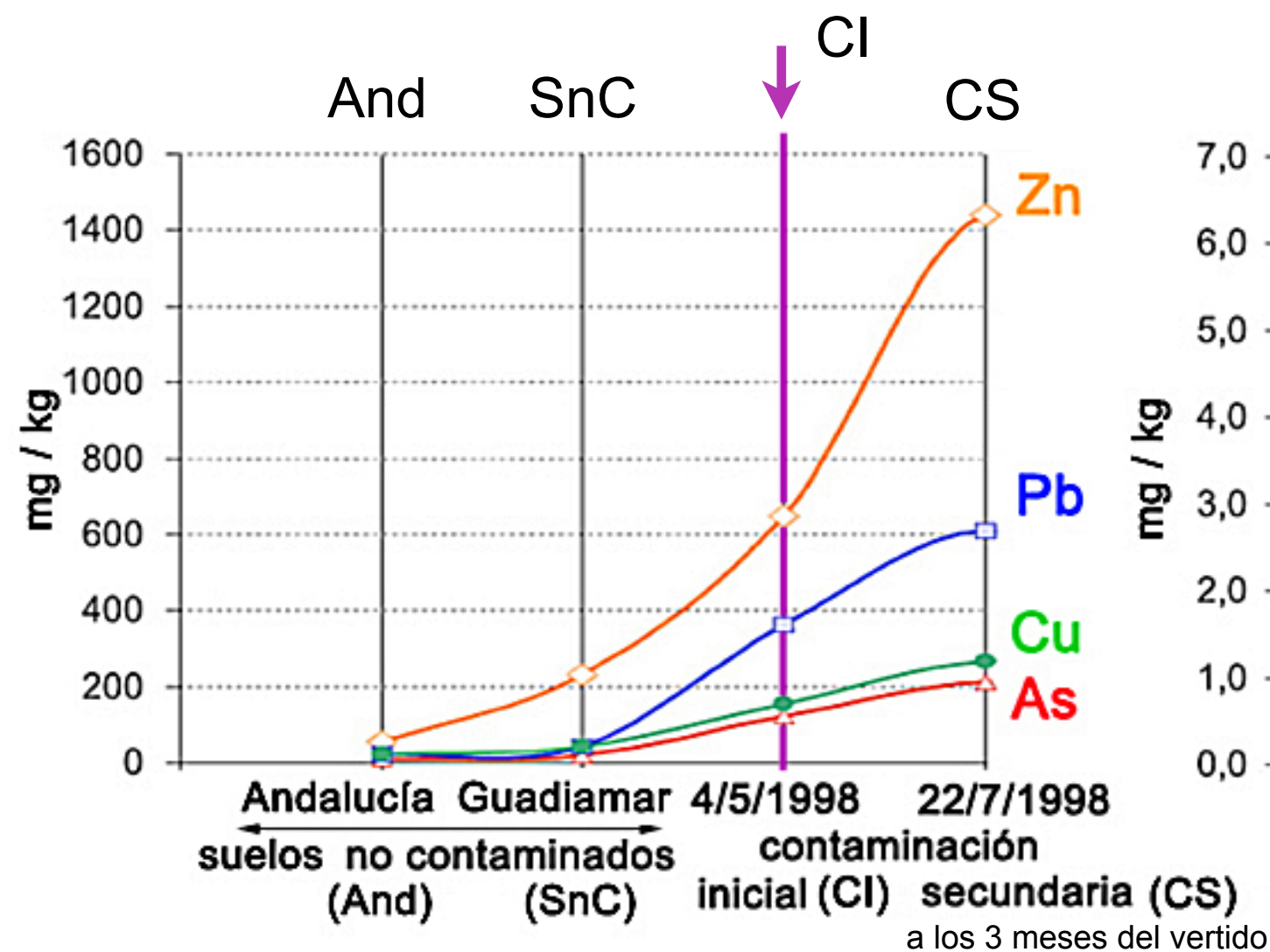
Necesidad de retirar los lodos de la superficie del suelo

Aznalcóllar, hoy.

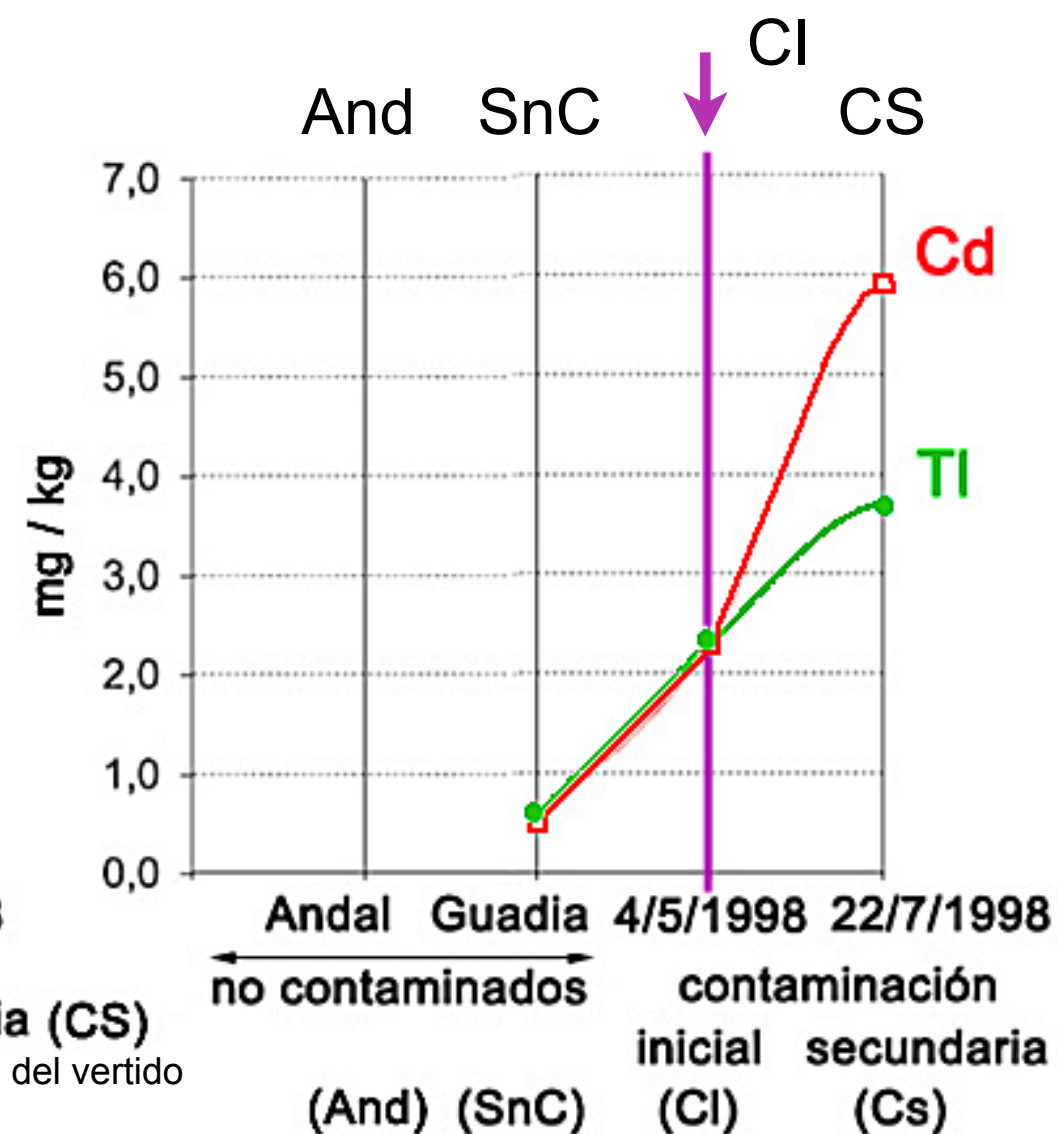
1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Suelos horiz. 0-10cm

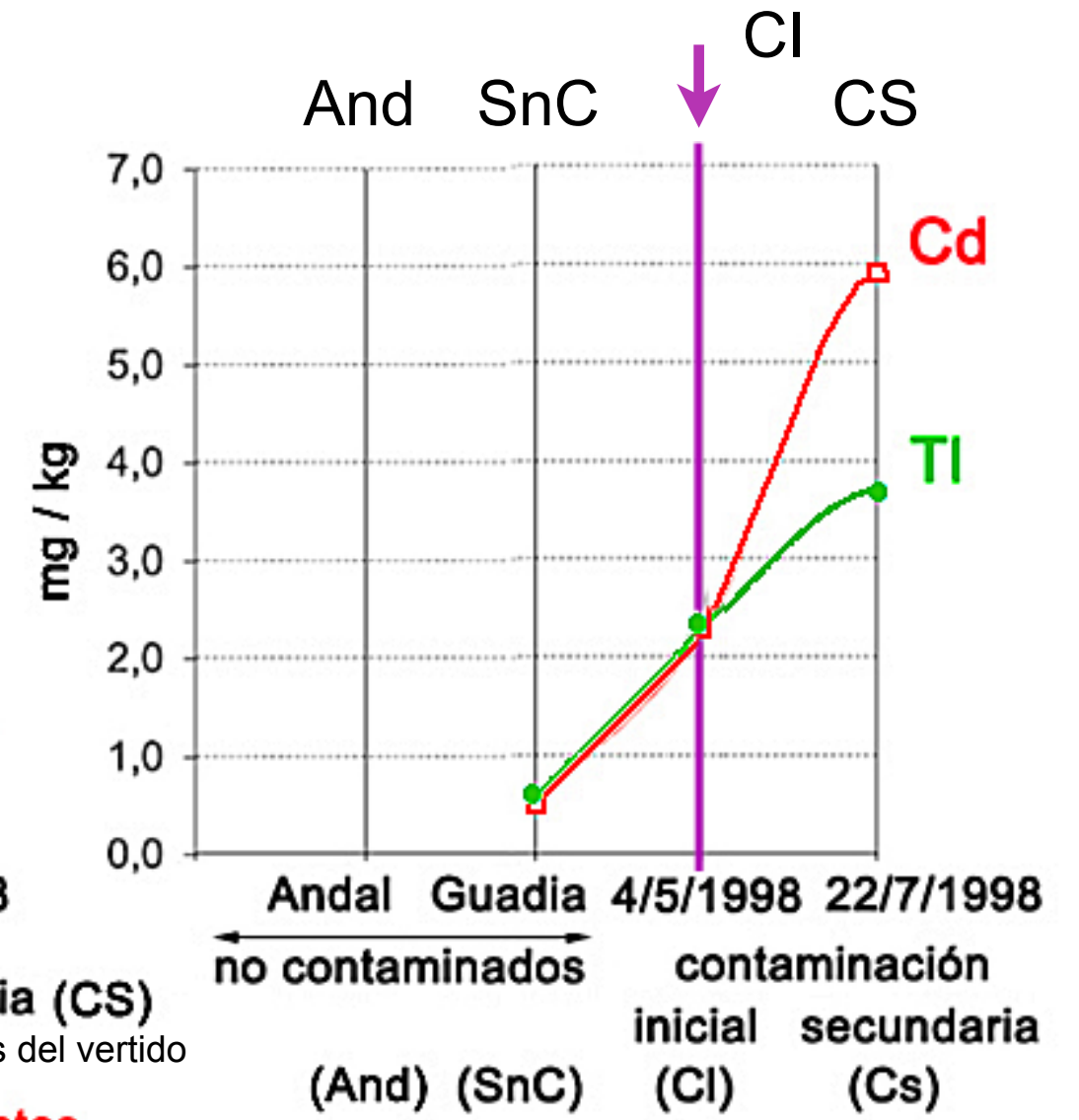
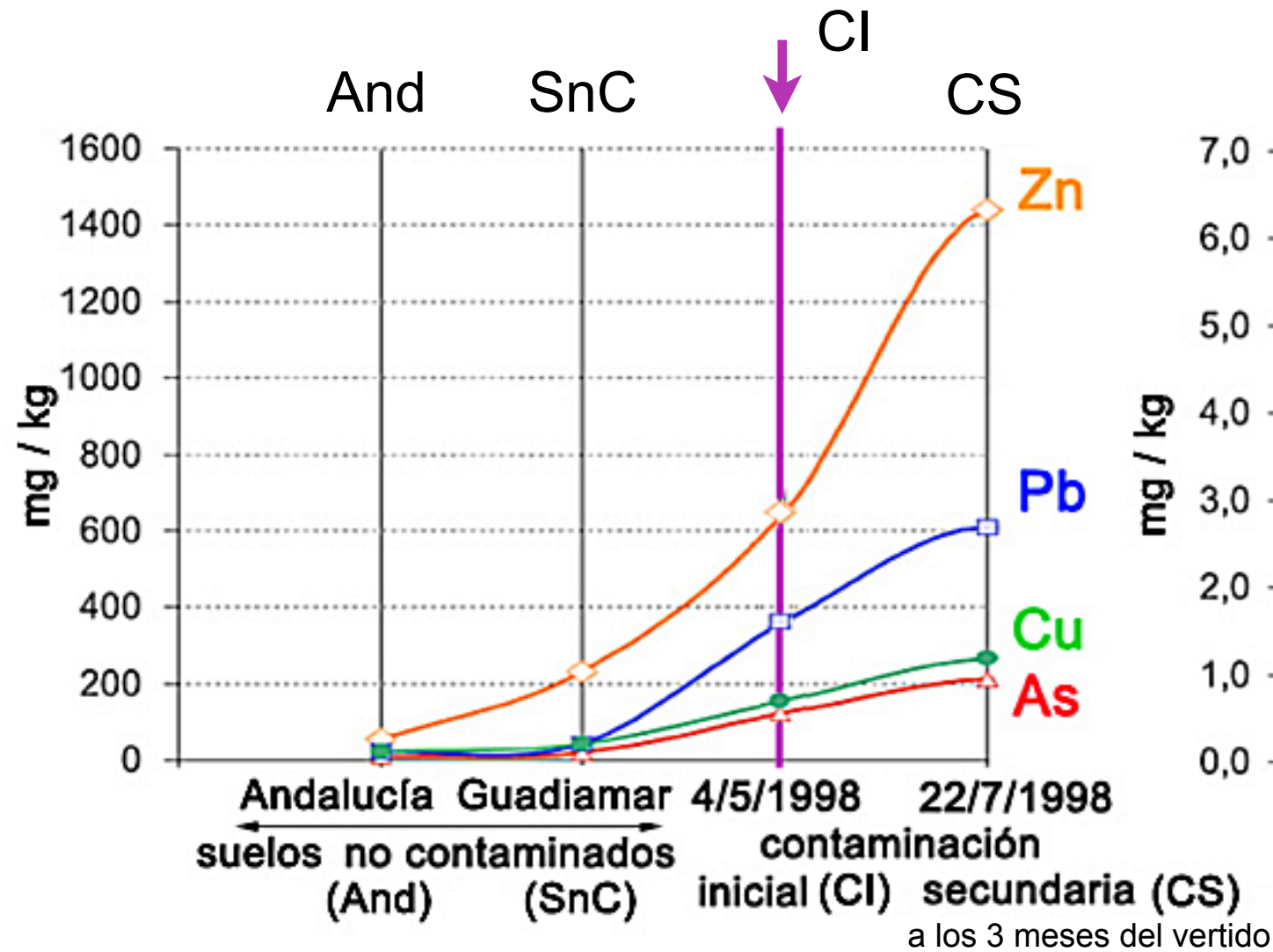


	And	SnC	CI	CS
Zn	56	231	647	1.439
Pb	24	42	361	608
Cu	24	42	153	267
As	10	18	122	213



	SnC	CI	CS
Cd	0,5	2,3	5,9
Tl	0,6	2,3	3,7

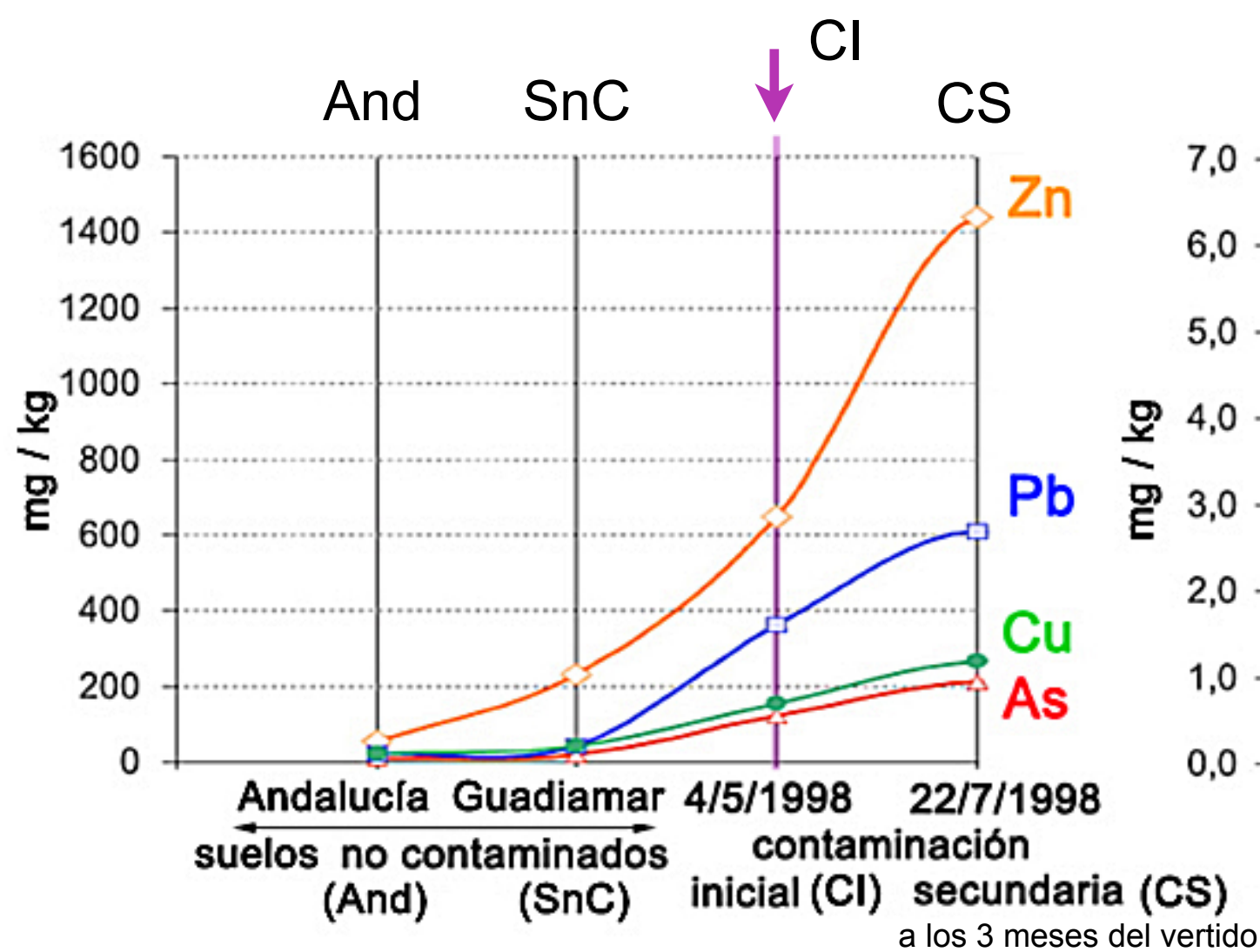
mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm



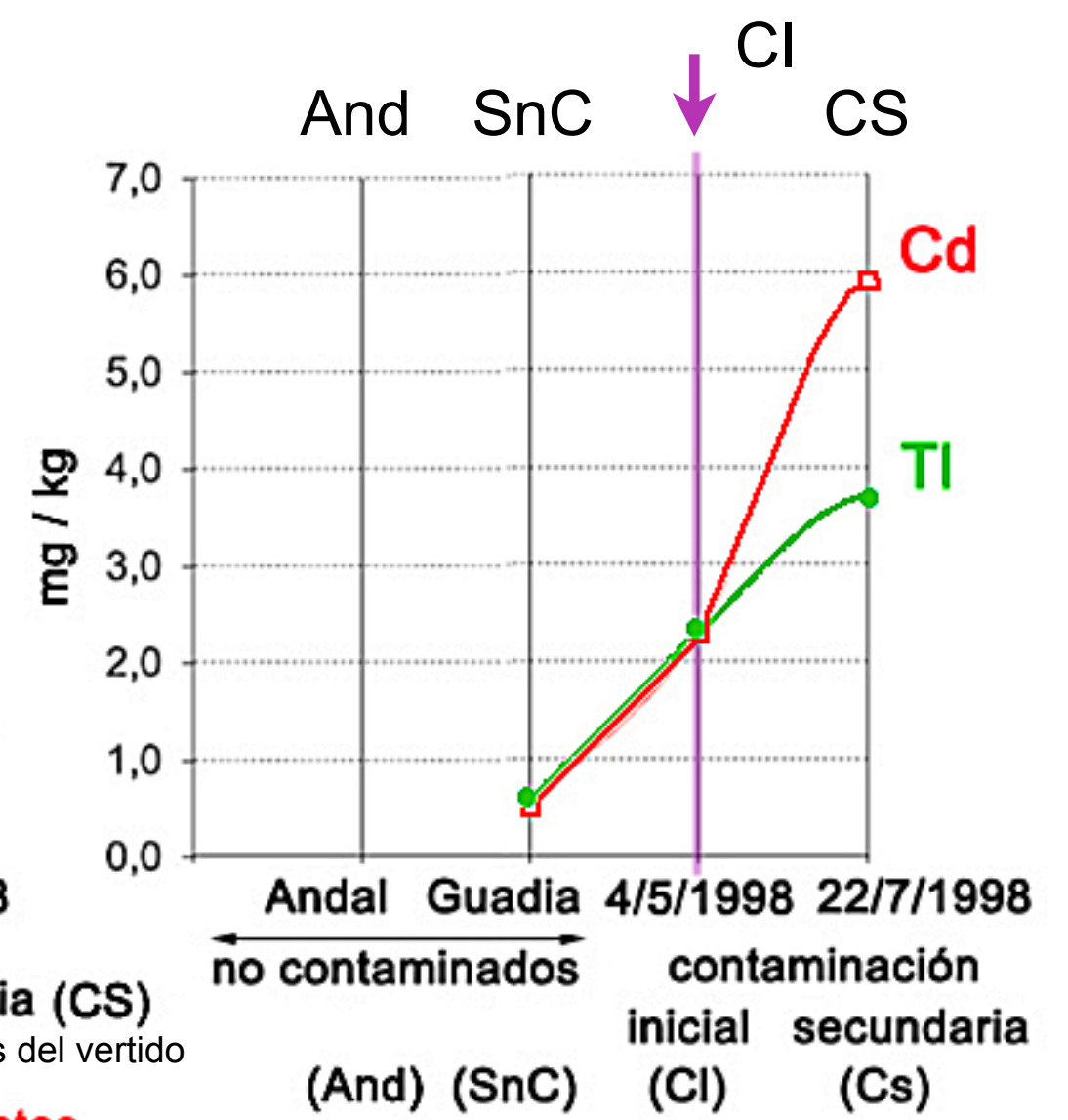
	And	SnC	CI	CS	Incrementos
Zn	56	231	647	1.439	122%
Pb	24	42	361	608	68%
Cu	24	42	153	267	75%
As	10	18	122	213	75%

	SnC	CI	CS	Incrementos
Cd	0,5	2,3	5,9	159%
Tl	0,6	2,3	3,7	61%

mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm



	And	SnC	CI	CS	Incrementos
Zn	56	231	647	1.439	122% 524%
Pb	24	42	361	608	68% 1.355%
Cu	24	42	153	267	75% 566%
As	10	18	122	213	75% 1.083%



	SnC	CI	CS	Incrementos
Cd	0,5	2,3	5,9	159% 1.080%
Tl	0,6	2,3	3,7	61% 517%

mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm

● 3 La remediación

• 3 La remediación

Primera medida: retirada de la capa de lodos, 1998

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Texto

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente
2. La contaminación
3. La remediación
4. La no intervención
5. El futuro



Texto



5 hm³:
4 hm³ de agua y 1 hm³ lodos



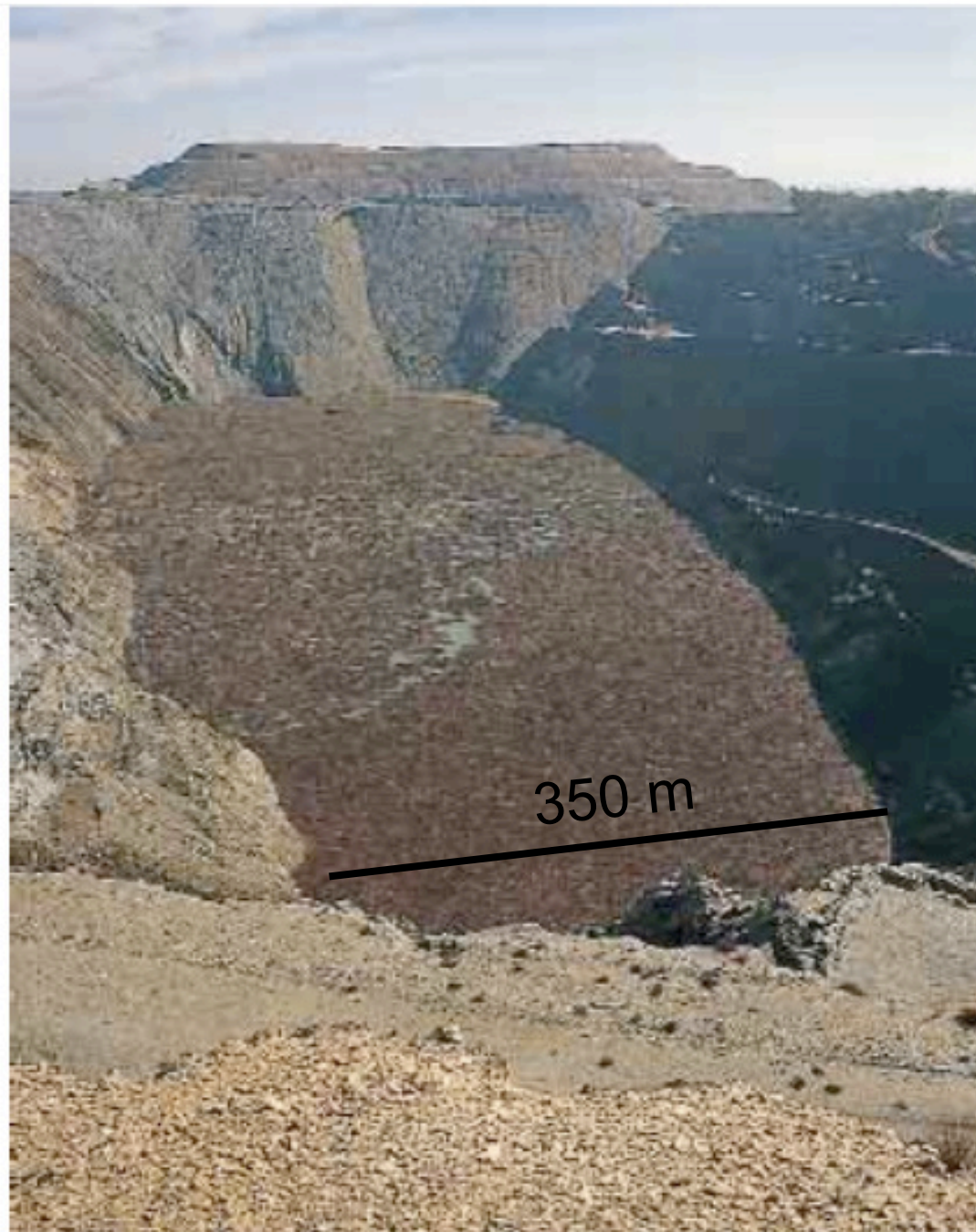
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

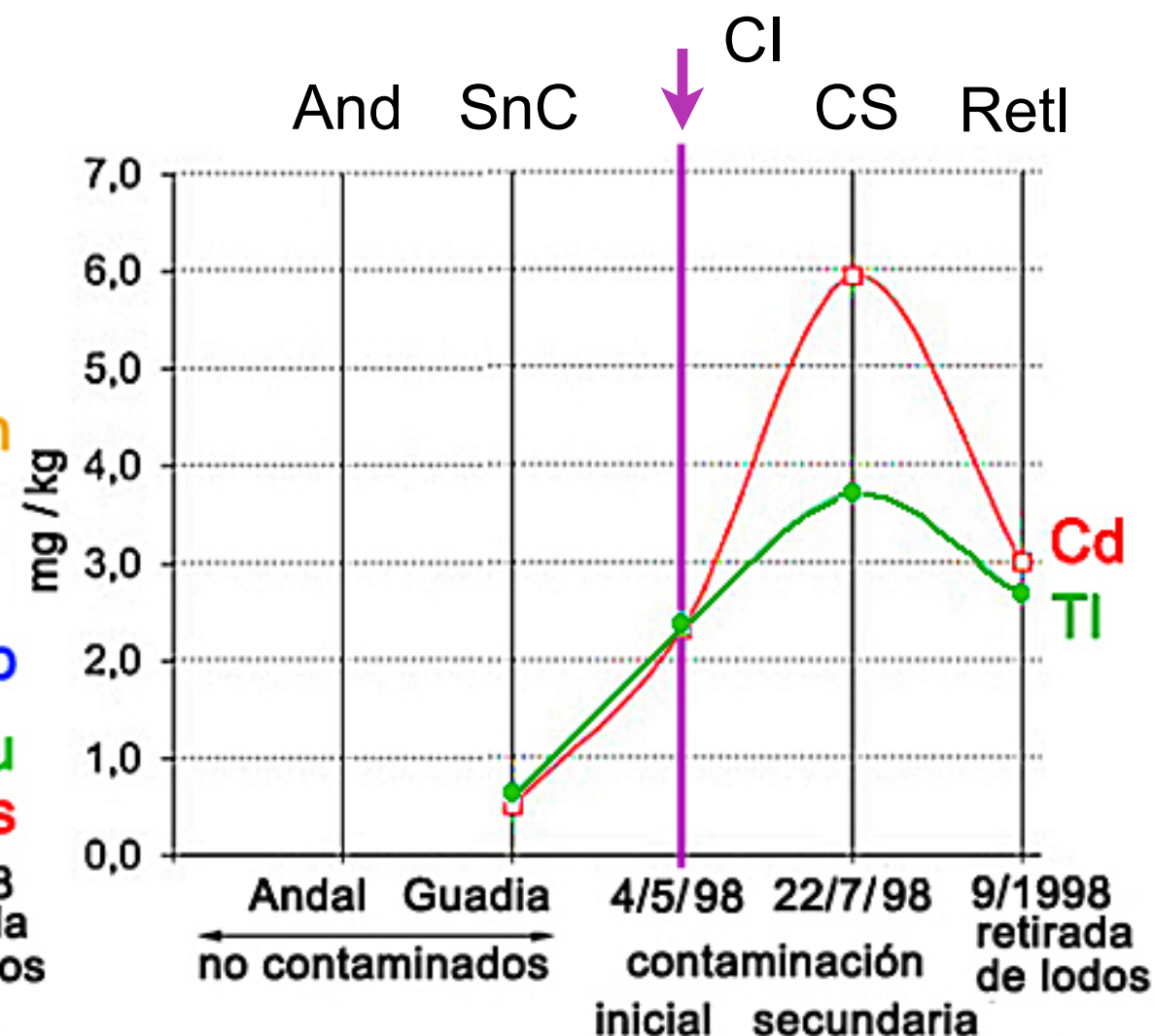
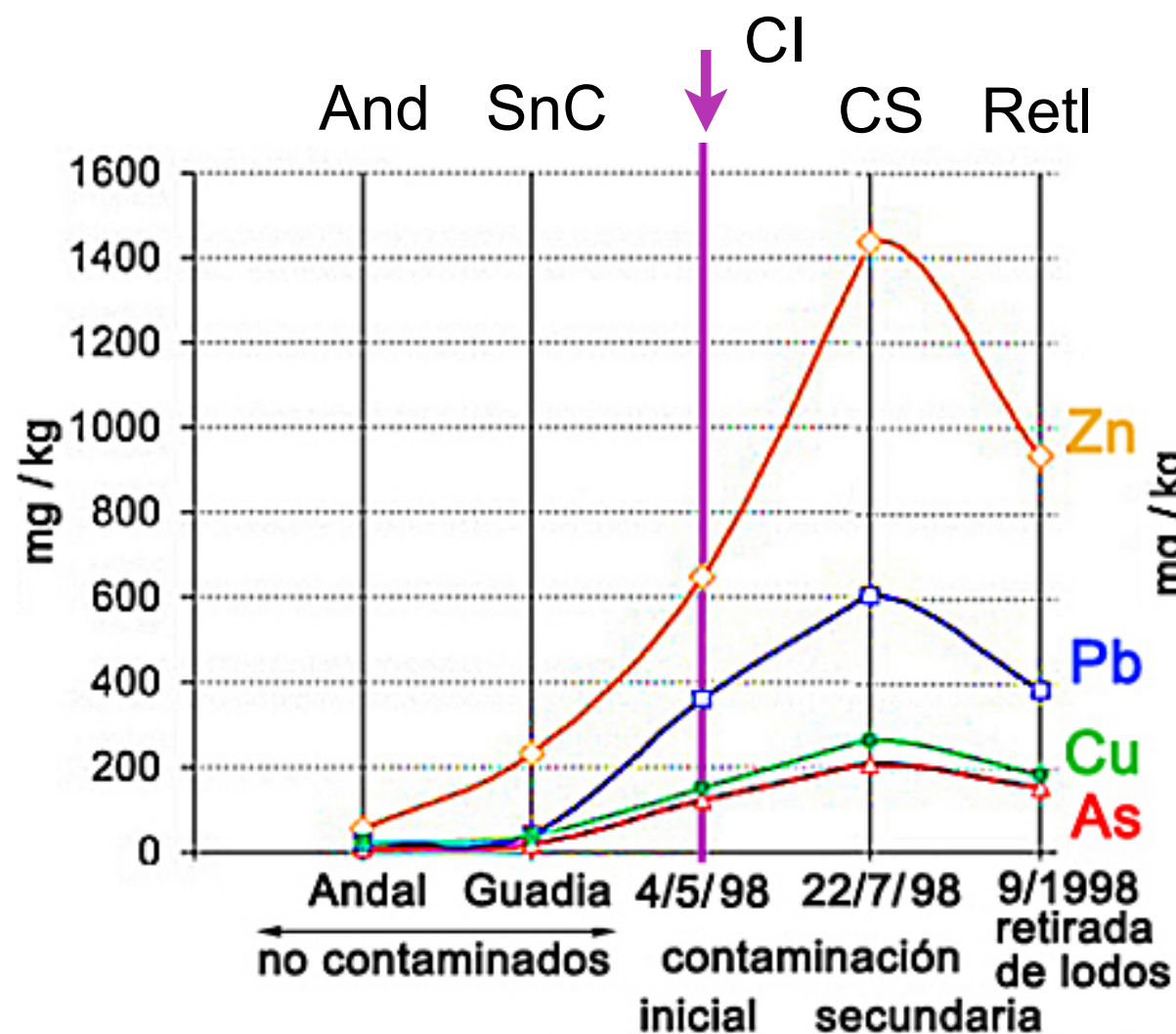


Aznalcóllar, hoy.

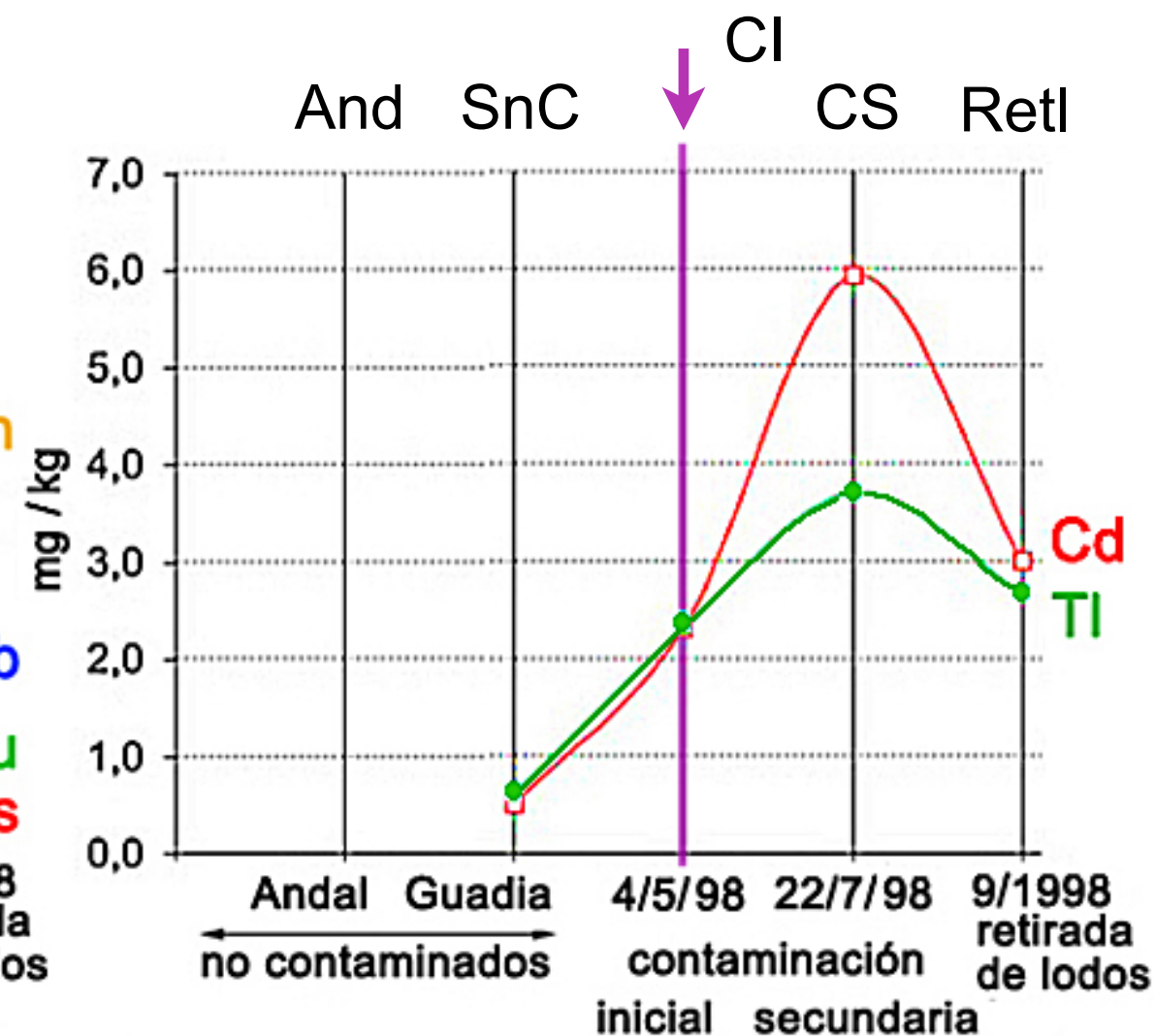
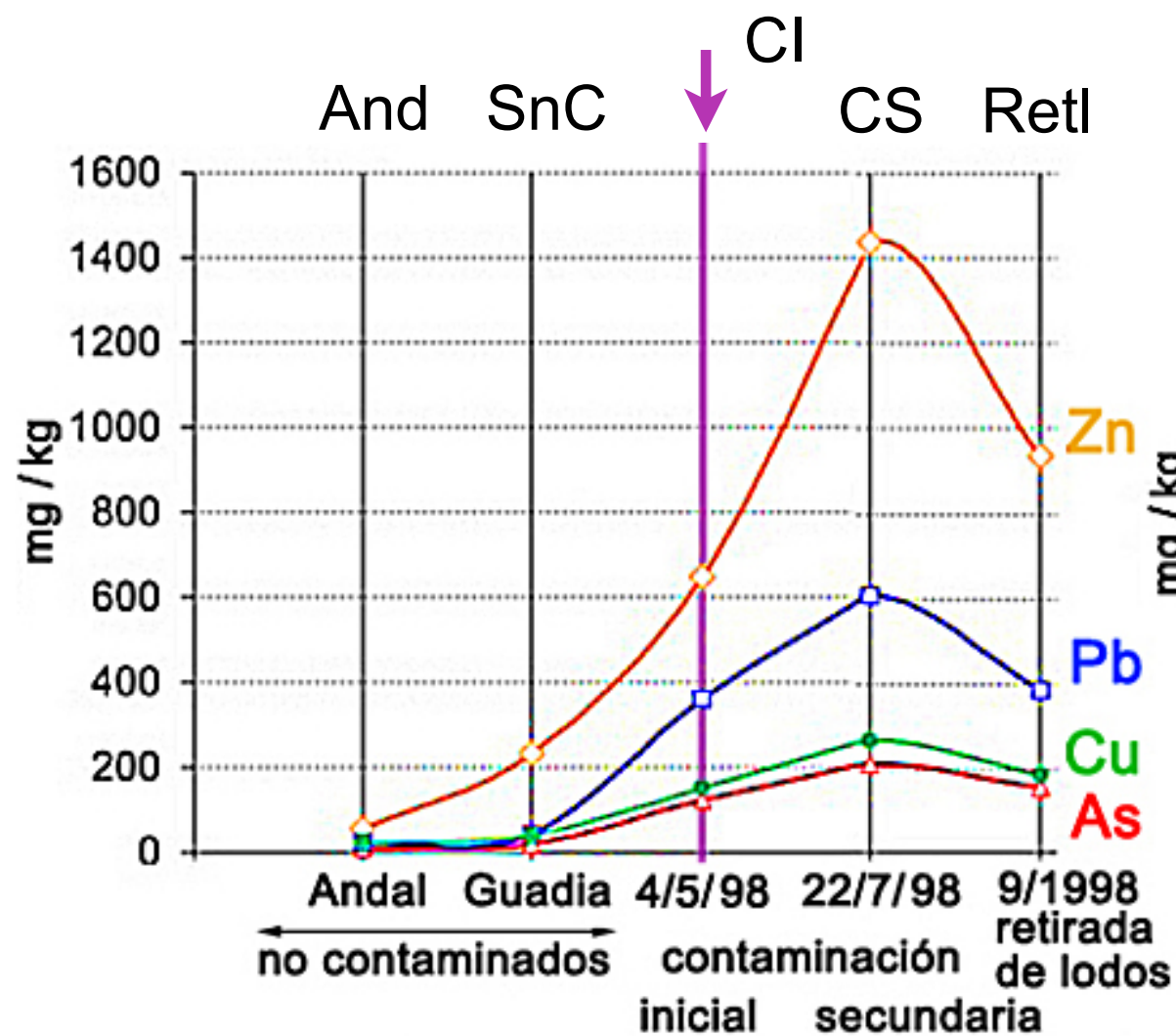
1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

Contaminación eólica





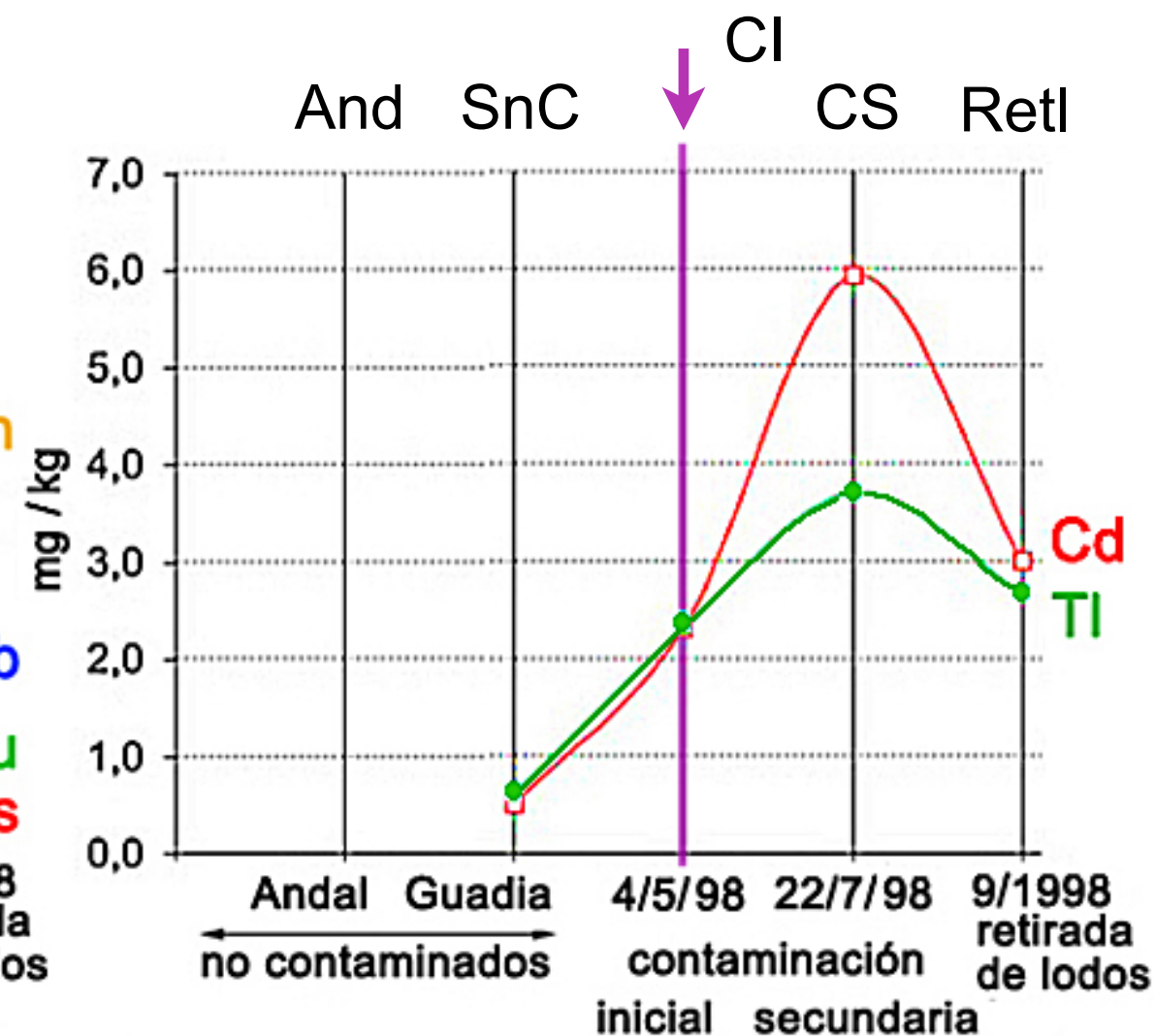
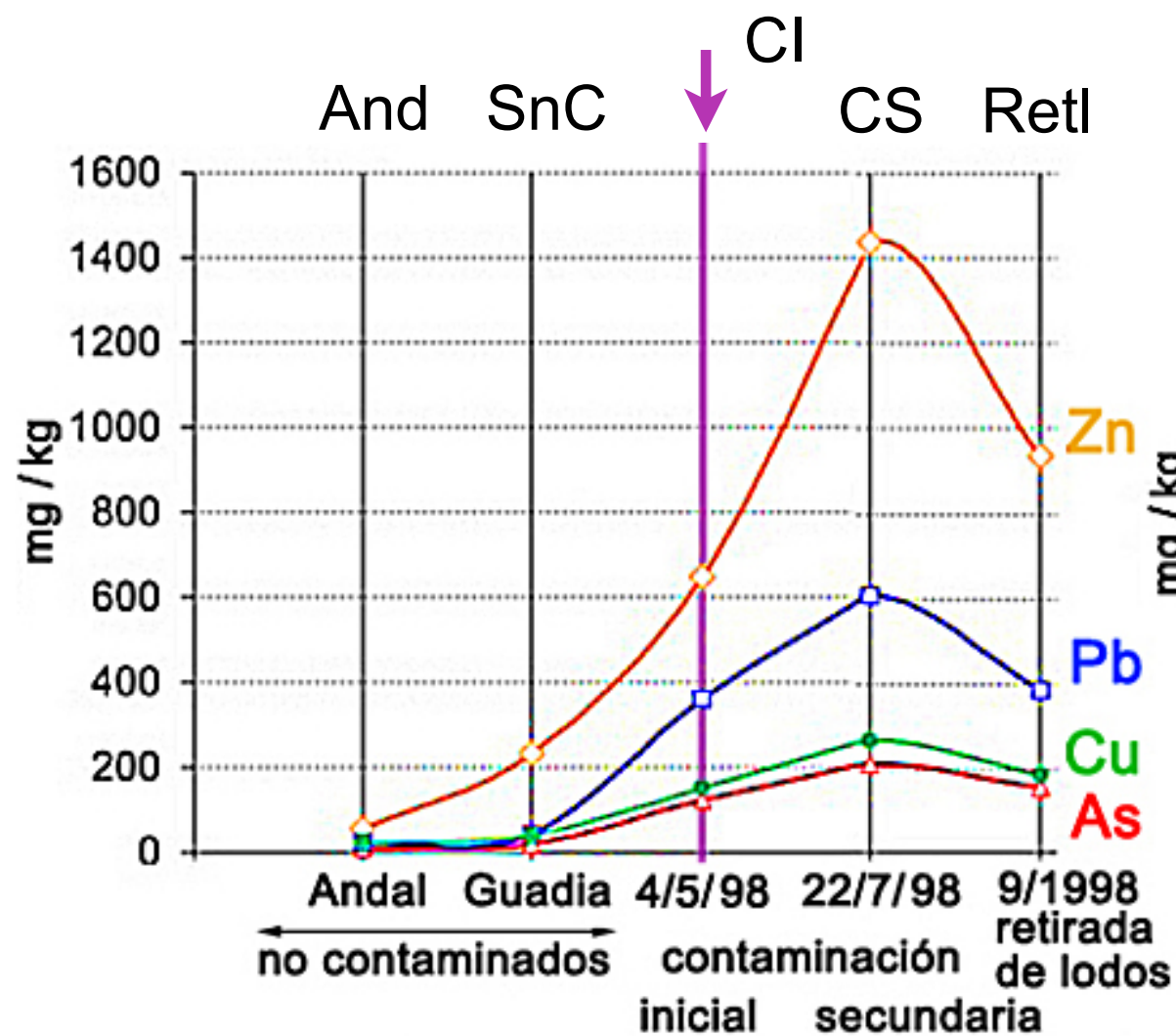
mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm



	And	SnC	CI	CS	RetL	Disminución
Zn	56	231	647	1.439	938	35%
Pb	24	42	361	608	386	37%
Cu	24	42	153	267	188	30%
As	10	18	122	213	157	26%

	SnC	CI	CS	RetL	Disminución
Cd	0,5	2,3	5,9	3,0	49%
Tl	0,6	2,3	3,7	2,7	27%

mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm



	And	SnC	CI	CS	RetL	Disminución	Incremento
Zn	56	231	647	1.439	938	35%	45%
Pb	24	42	361	608	386	37%	7%
Cu	24	42	153	267	188	30%	23%
As	10	18	122	213	157	26%	30%

	SnC	CI	CS	RetL	Disminución	Incremento
Cd	0,5	2,3	5,9	3,0	49%	30%
Tl	0,6	2,3	3,7	2,7	27%	17%

mg/kg, metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm

3. La remediación de la zona

Primera medida: retirada de la capa de lodos, 1998

3. La remediación de la zona

Primera medida: retirada de la capa de lodos, 1998

Medidas complementarias, 1999-2000

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



17/7/98

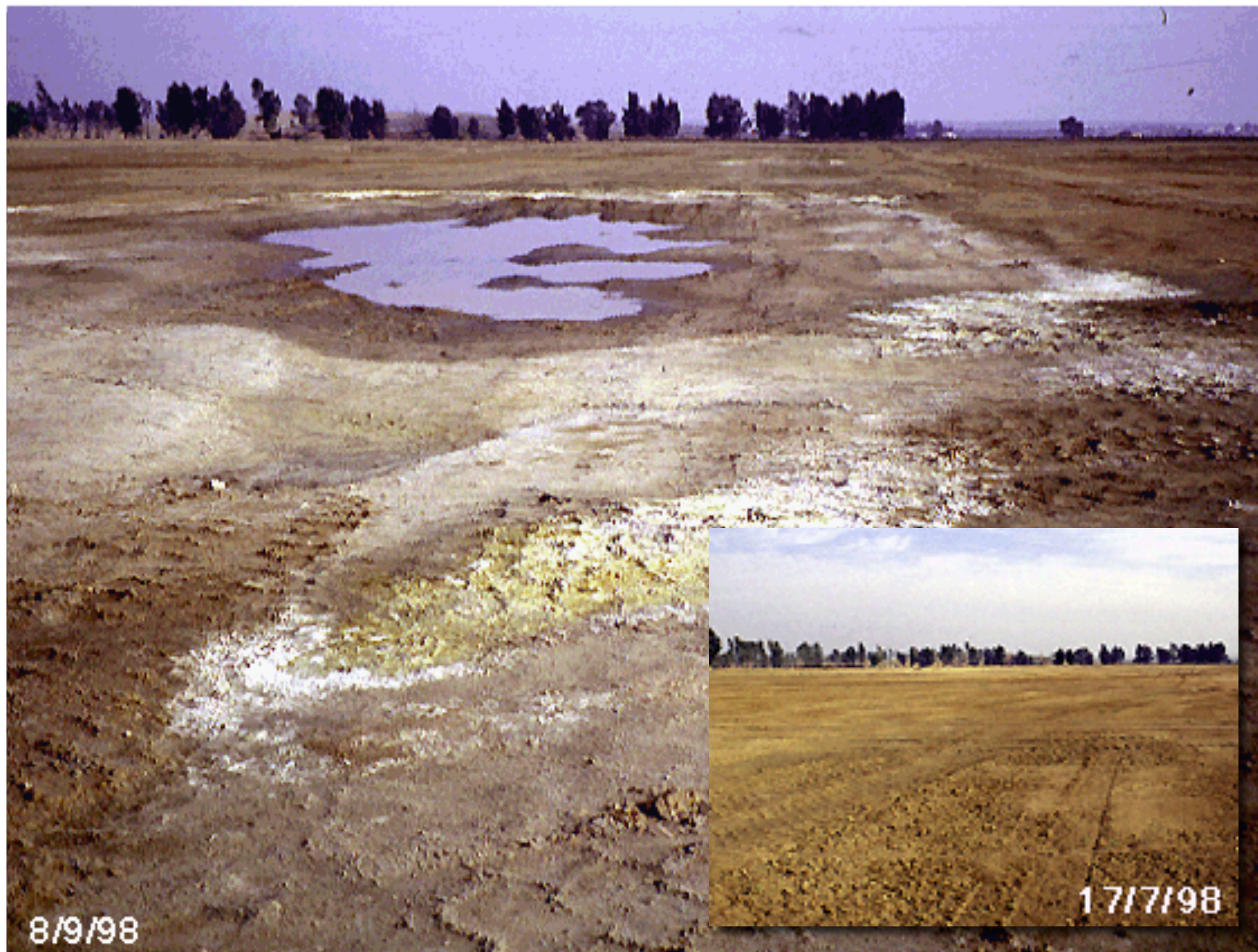
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

Medidas complementarias

Actuaciones, 1999/2000

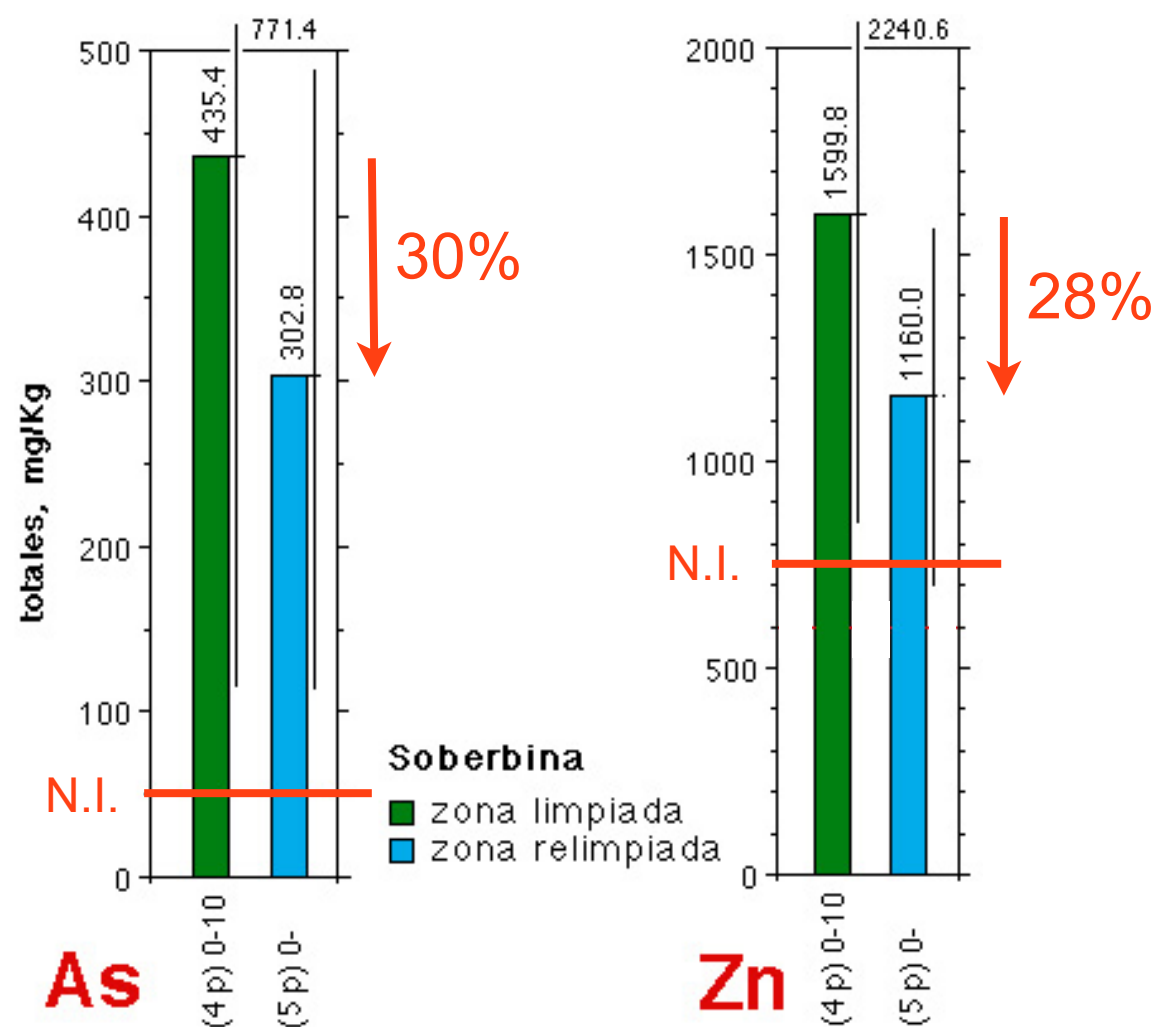
1 Revisar la limpieza



Medidas complementarias

Actuaciones, 1999/2000

1 Revisar la limpieza



N. I. = Nivel de intervención

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

Medidas complementarias

Actuaciones, 1999/2000

1 Revisar la limpieza



Medidas complementarias

Actuaciones, 1999/2000

1 Revisar la limpieza

2 Fitorremediación



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Medidas complementarias

Objetivos

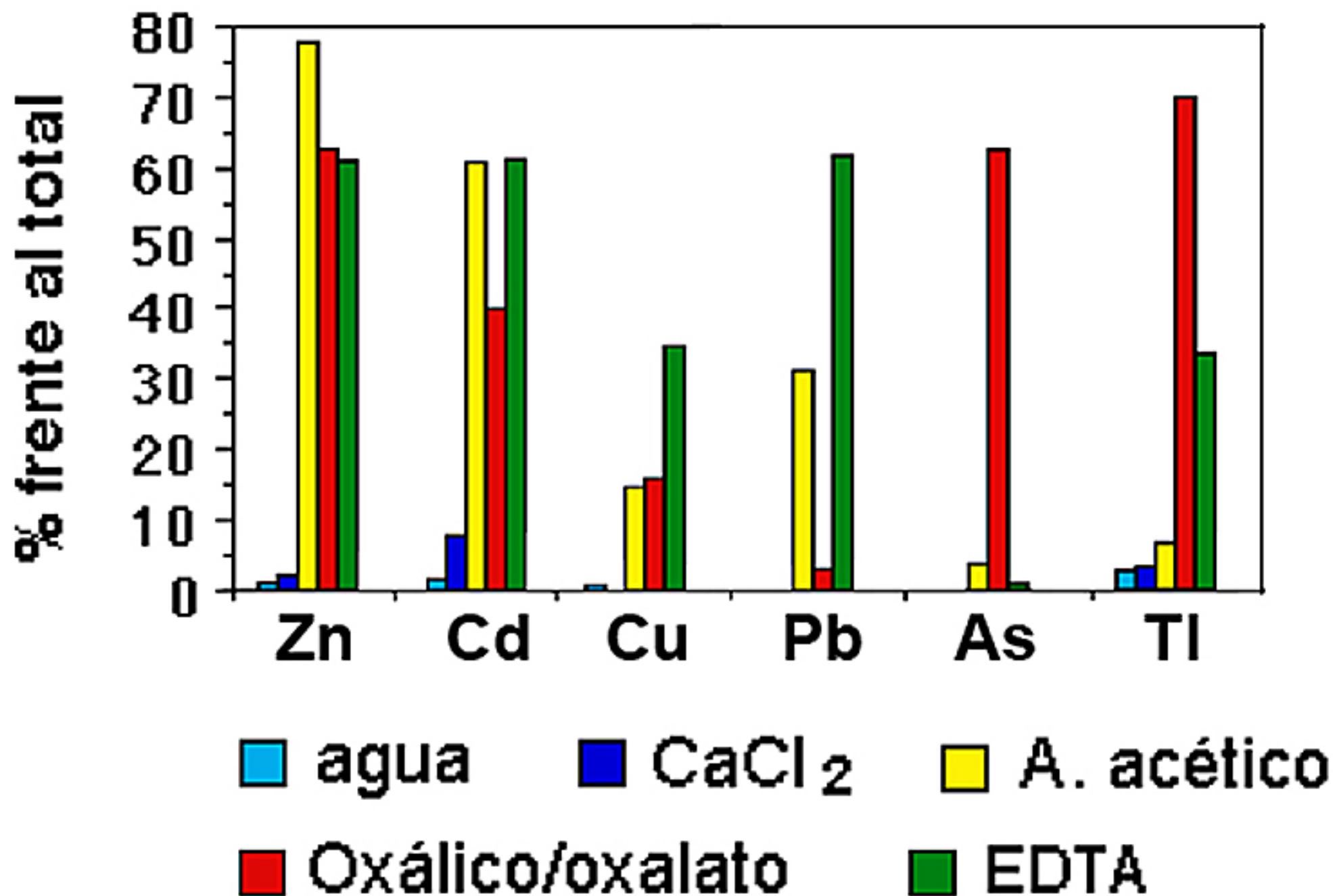
A) Disminución de las concentraciones

Medidas complementarias

Objetivos

- A) Disminución de las concentraciones
- B) Inmovilización de los contaminantes

Fraccionamiento de los metales pesados



Medidas complementarias

Actuaciones, 1999/2000

1 Revisar la limpieza

2 Fitorremediación ¿?

Medidas complementarias

Actuaciones, 1999/2000

1 Revisar la limpieza

2 Fitorremediación ¿?

3 Adición de bloqueantes:

Medidas complementarias

Actuaciones, 1999/2000

1 Revisar la limpieza

2 Fitorremediación ¿?

3 Adición de bloqueantes:
carbonatos



carbonatos: espumas de azucarera

Medidas complementarias

Actuaciones, 1999/2000

1 Revisar la limpieza

2 Fitorremediación ¿?

3 Adición de bloqueantes:

carbonatos

óxidos de Fe

arcillas



Medidas complementarias

Actuaciones, 1999/2000

1 Revisar la limpieza

2 Fitorremediación ¿?

3 Adición de bloqueantes:

carbonatos

óxidos de Fe

arcillas

materia orgánica



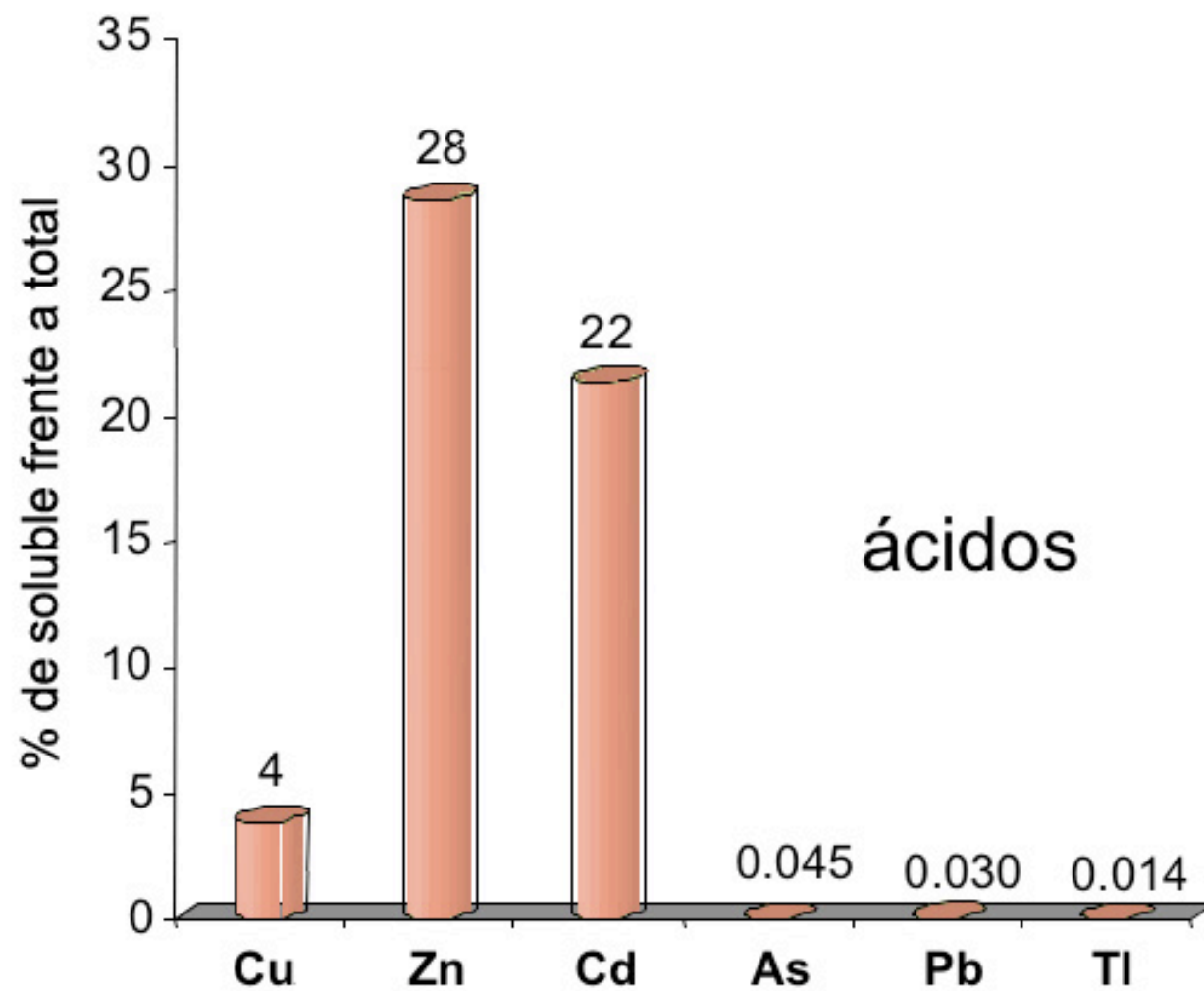
carbonatos: espumas de azucarera



óxidos Fe + arcillas: suelo rojo



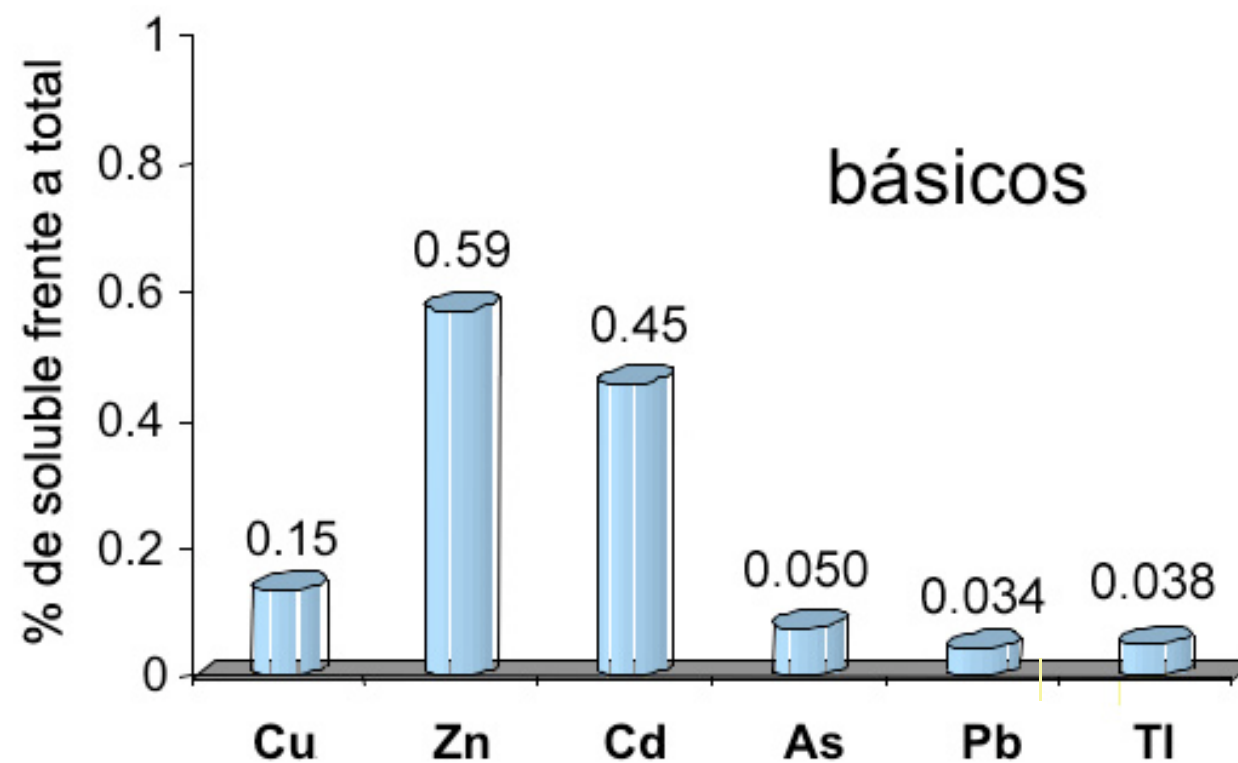
materia orgánica: estiércol



X27

x47

x49



Solubles
frente a
totales

Medidas complementarias

Objetivos

A) Disminución de las concentraciones

B) Inmovilización de los contaminantes

Medidas complementarias

Objetivos

A) Disminución de las concentraciones

B) Inmovilización de los contaminantes

C) Dilución de la concentraciones

Medias, totales, mg/kg

<i>prof. cm</i>	<i>As</i>	<i>Zn</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Cd</i>	<i>Tl</i>
0 a 10	129,1	704,3	329,9	164,0	2,3	2,3
10 a 30	59,4	424,5	147,4	125,0	1,4	0,9
30 a 50	43,7	370,7	107,5	126,4	1,3	0,7
0 a 25	87,3	536,4	220,4	140,6	1,8	1,5
nivel de intervención en suelos agrícolas	50	600	350	300	7	5

Medidas complementarias

Actuaciones, 1999/2000

1 Revisar la limpieza

2 Fitorremediación ¿?

3 Adición de bloqueantes:

carbonatos, óxidos de Fe, arcillas, estiércol.

Medidas complementarias

Actuaciones, 1999/2000

1 Revisar la limpieza

2 Fitorremediación ¿?

3 Adición de bloqueantes:

carbonatos, óxidos de Fe, arcillas, estiércol.

4 Arado profundo



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Medidas complementarias

Objetivos

- A) Disminución de las concentraciones
- B) Inmovilización de los contaminantes
- C) Dilución de la concentraciones

Medidas complementarias

Objetivos

- A) Disminución de las concentraciones
- B) Inmovilización de los contaminantes
- C) Dilución de la concentraciones
- D) Freno a la escorrentía y a la erosión

Medidas complementarias

Actuaciones, 1999/2000

1 Revisar la limpieza

2 Fitorremediación ¿?

3 Adición de bloqueantes:

carbonatos, óxidos de Fe, arcillas, estiércol.

4 Arado profundo

Medidas complementarias

Actuaciones, 1999/2000

1 Revisar la limpieza

2 Fitorremediación ¿?

3 Adición de bloqueantes
carbonatos, óxidos

4 Arado profundo

5 **Revegetación**



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

eucaliptos



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

eucaliptos



olmos



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

eucaliptos



olmos



acebuches



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

eucaliptos



olmos



acebuches



lentiscos



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



algarrobos



eucaliptos



olmos



acebuches



lentiscos

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

algarrobos



eucaliptos



pinos



olmos



acebuches



lentiscos



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

algarrobos



eucaliptos



pinos



olmos



sauces



acebuches



lentiscos



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

algarrobos



eucaliptos



pinos



olmos



saucos



acebuches



tamarix



lentiscos



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

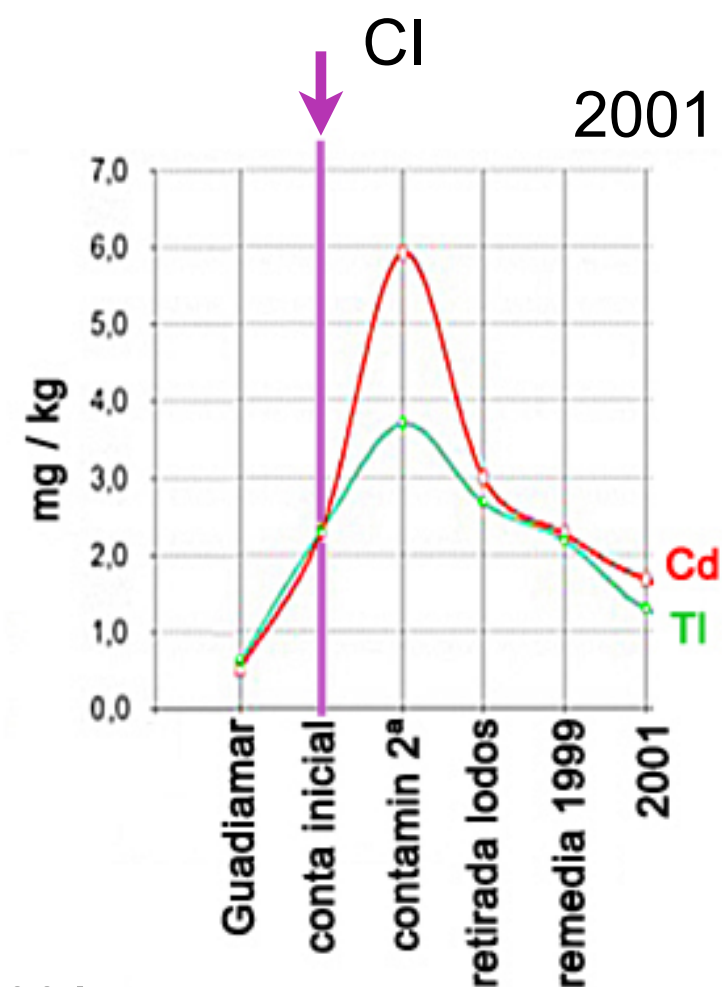
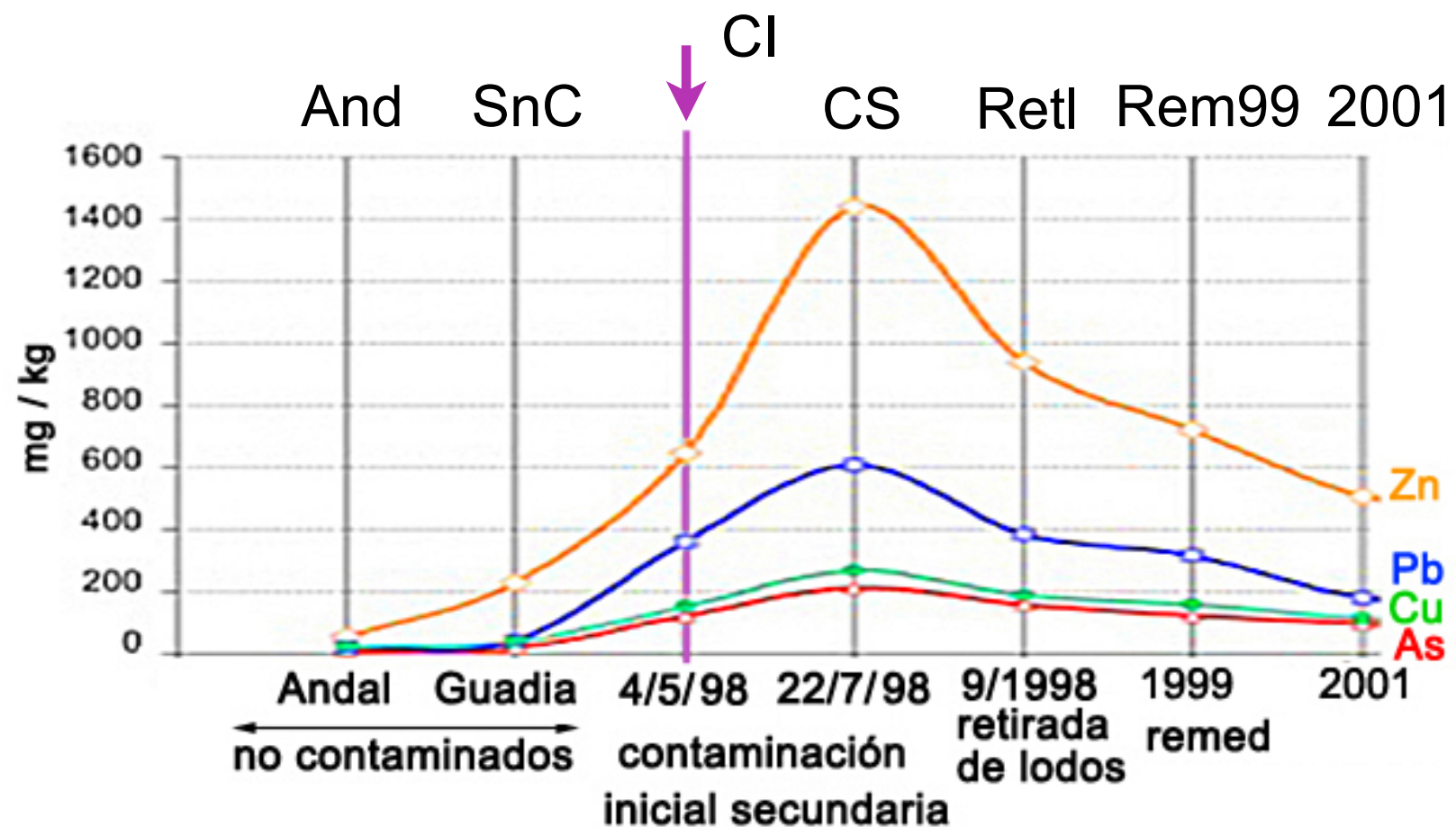
1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

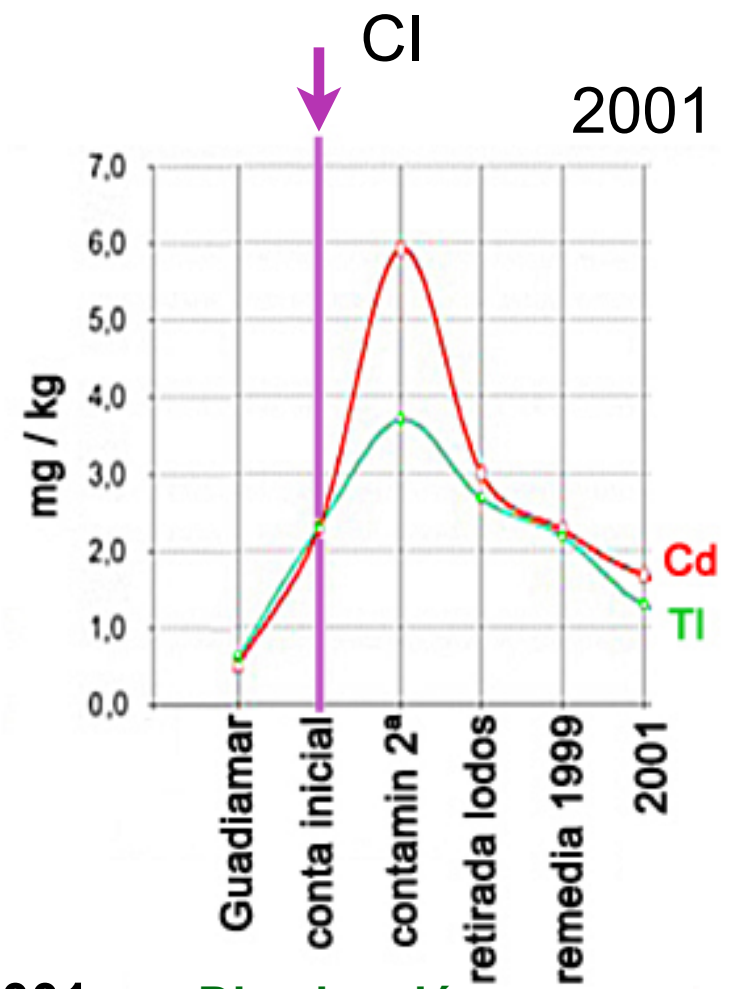
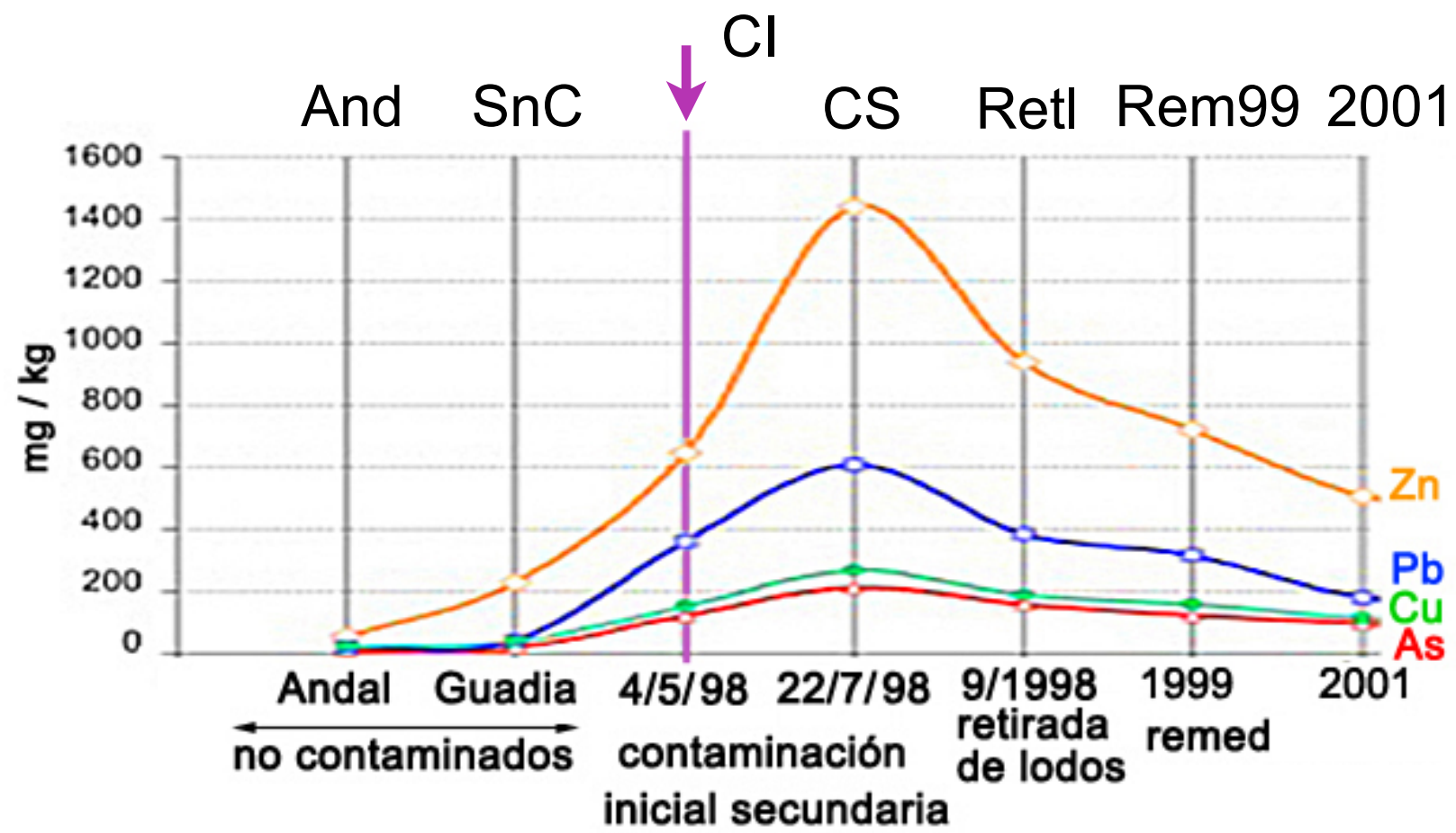
1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro





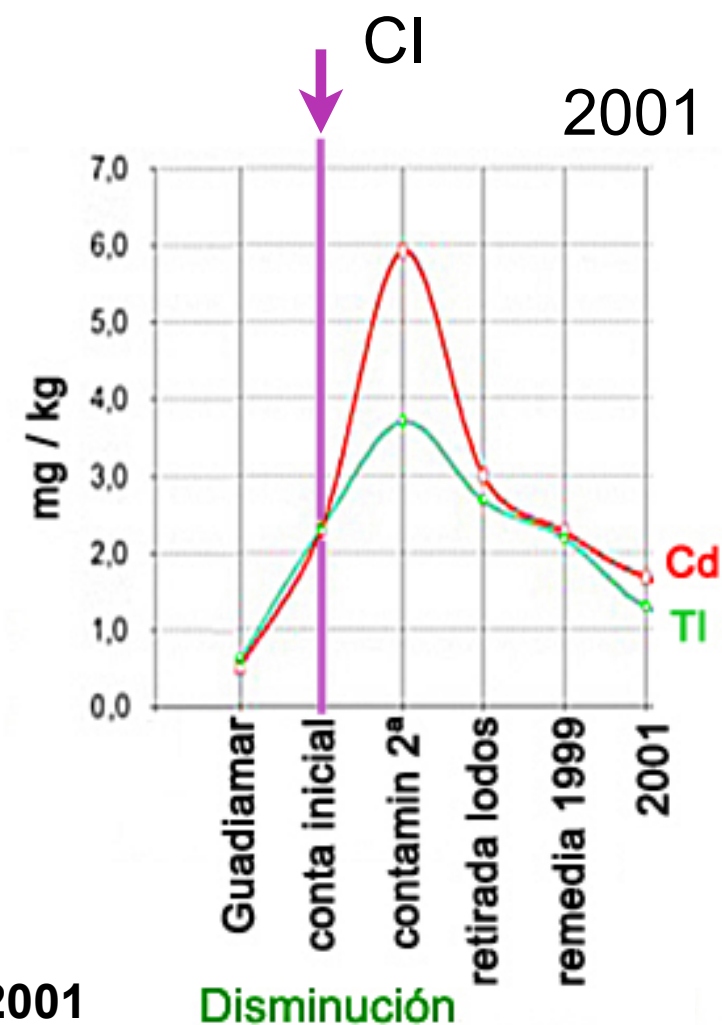
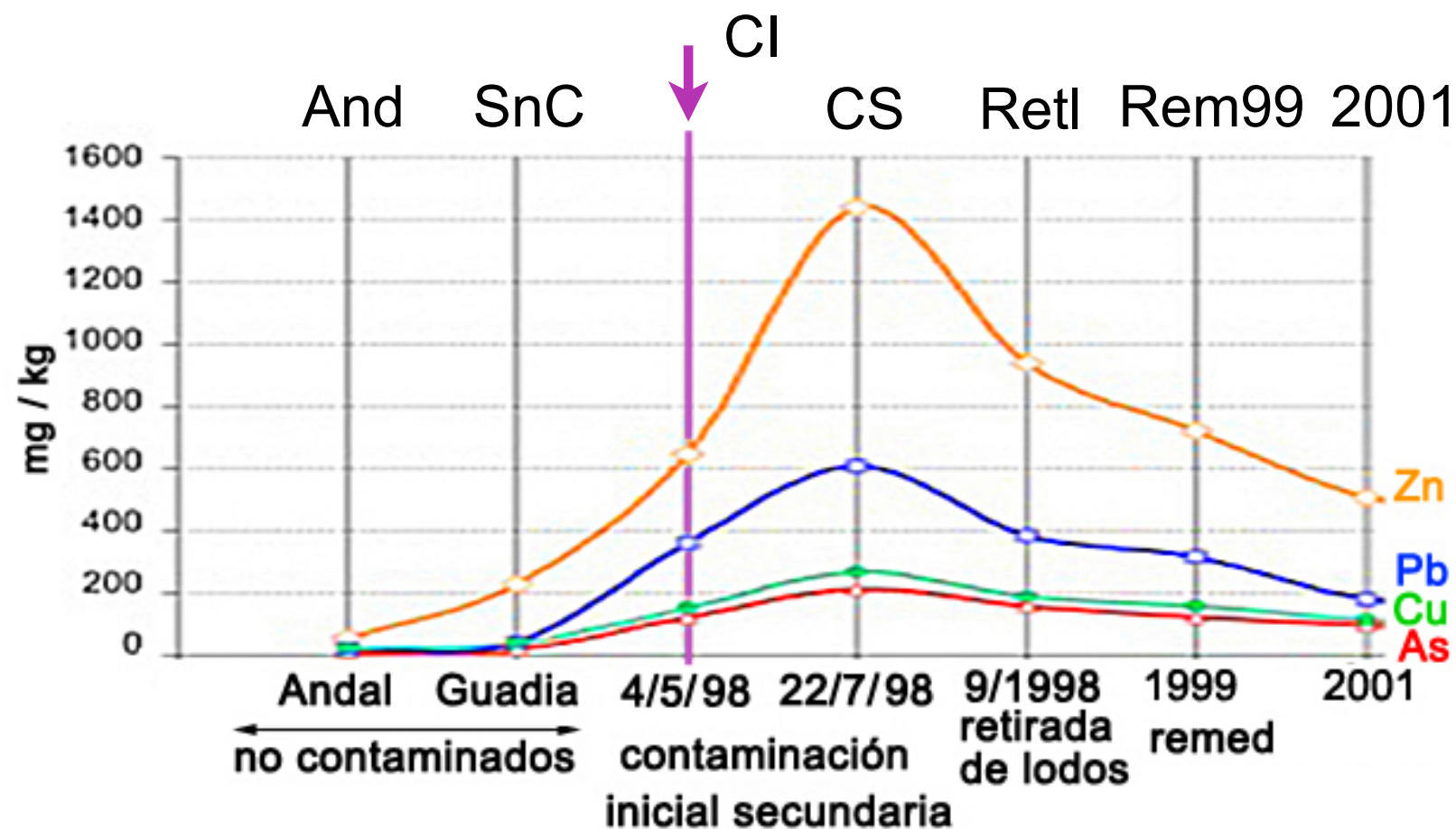
	And	SnC	CI	CS	RetL	Rem99	2001
—○— Zn	56	231	647	1.439	938	719	506
—□— Pb	24	42	361	608	386	316	182
—●— Cu	24	42	153	267	188	160	114
—△— As	10	18	122	213	157	124	97
—□— Cd		0,5	2,3	5,9	3,0	2,3	1,7
—●— Tl		0,6	2,3	3,7	2,7	2,2	1,3

mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm



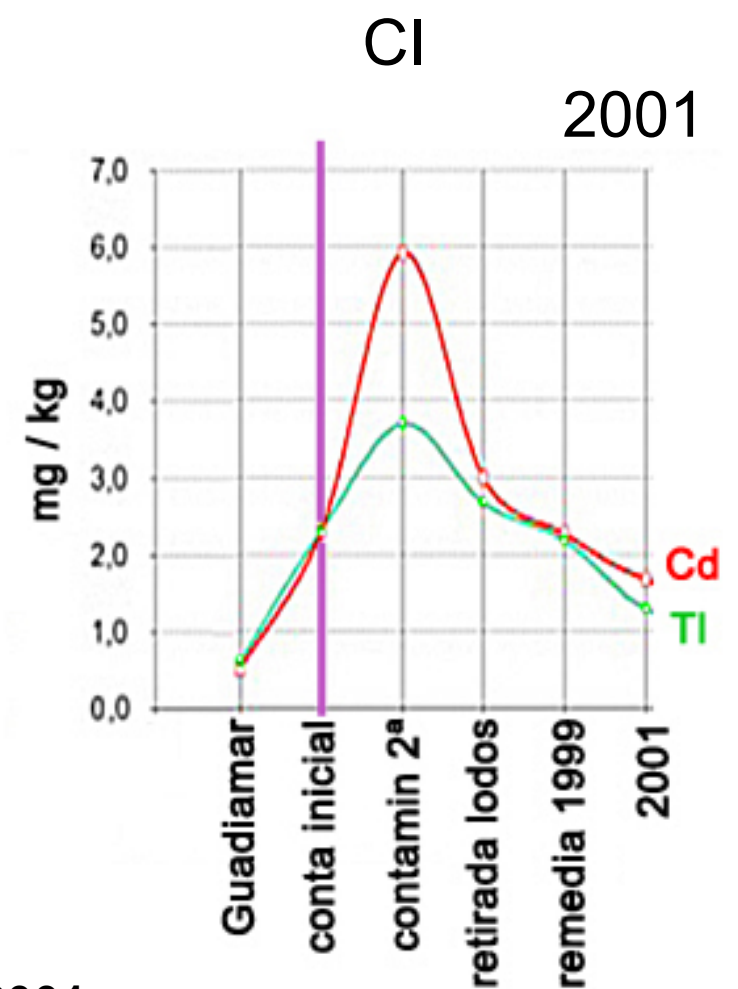
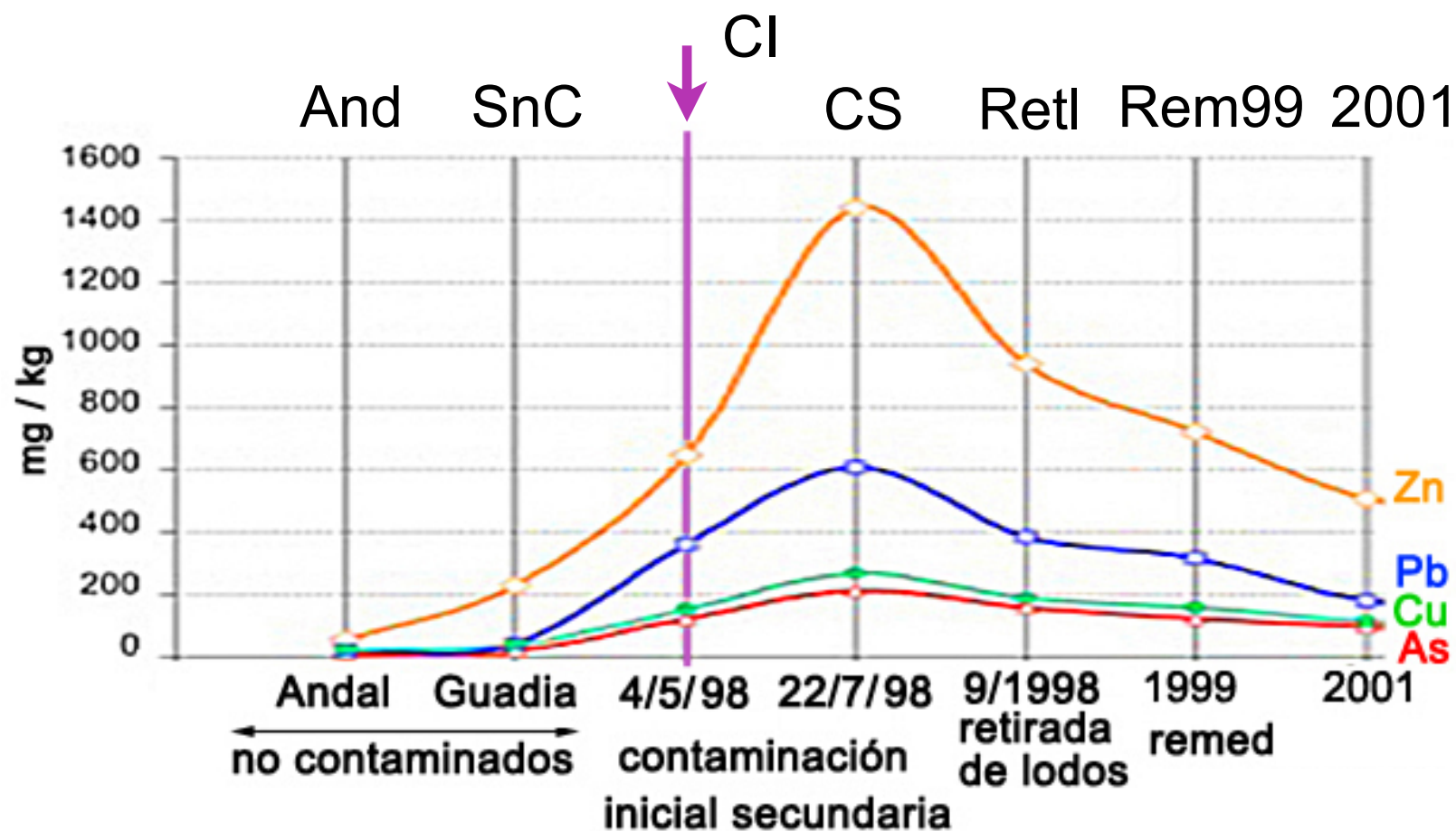
	And	SnC	CI	CS	RetL	Rem99	2001	Disminución
Zn	56	231	647	1.439	938	719	506	→ 46%
Pb	24	42	361	608	386	316	182	→ 53%
Cu	24	42	153	267	188	160	114	→ 39%
As	10	18	122	213	157	124	97	→ 38%
Cd		0,5	2,3	5,9	3,0	2,3	1,7	→ 43%
Tl		0,6	2,3	3,7	2,7	2,2	1,3	→ 52%

mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm



	And	SnC	CI	CS	RetL	Rem99	2001	Disminución
Zn	56	231	647	1.439	938	719	506	46% → 22%
Pb	24	42	361	608	386	316	182	53% → 50%
Cu	24	42	153	267	188	160	114	39% → 26%
As	10	18	122	213	157	124	97	38% → 32%
Cd		0,5	2,3	5,9	3,0	2,3	1,7	43% → 26%
Tl		0,6	2,3	3,7	2,7	2,2	1,3	52% → 43%

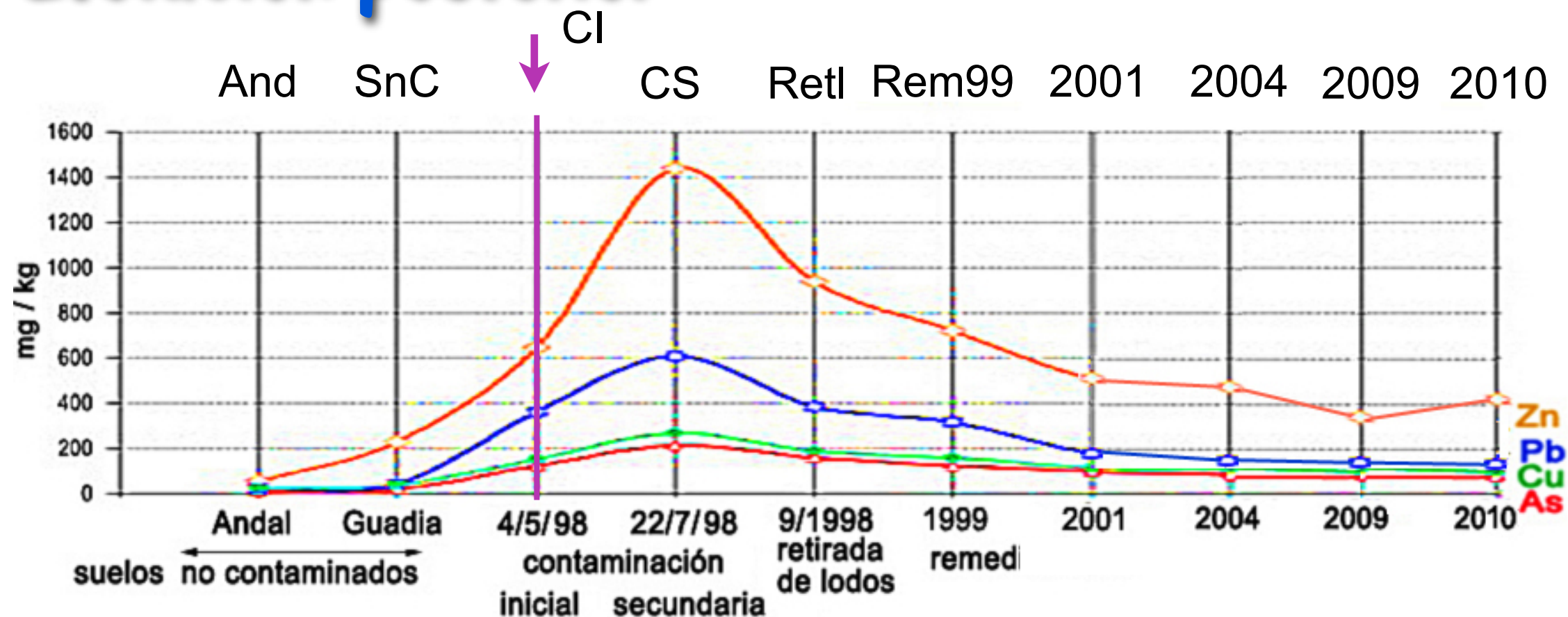
mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm



	And	SnC	CI	CS	RetL	Rem99	2001	Disminución	Incrementos
Zn	56	231	647	1.439	938	719	506	46%	22%
Pb	24	42	361	608	386	316	182	53%	119%
Cu	24	42	153	267	188	160	114	39%	335%
As	10	18	122	213	157	124	97	38%	183%
Cd		0,5	2,3	5,9	3,0	2,3	1,7	43%	438%
Ti		0,6	2,3	3,7	2,7	2,2	1,3	52%	240%
								43%	117%

mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm

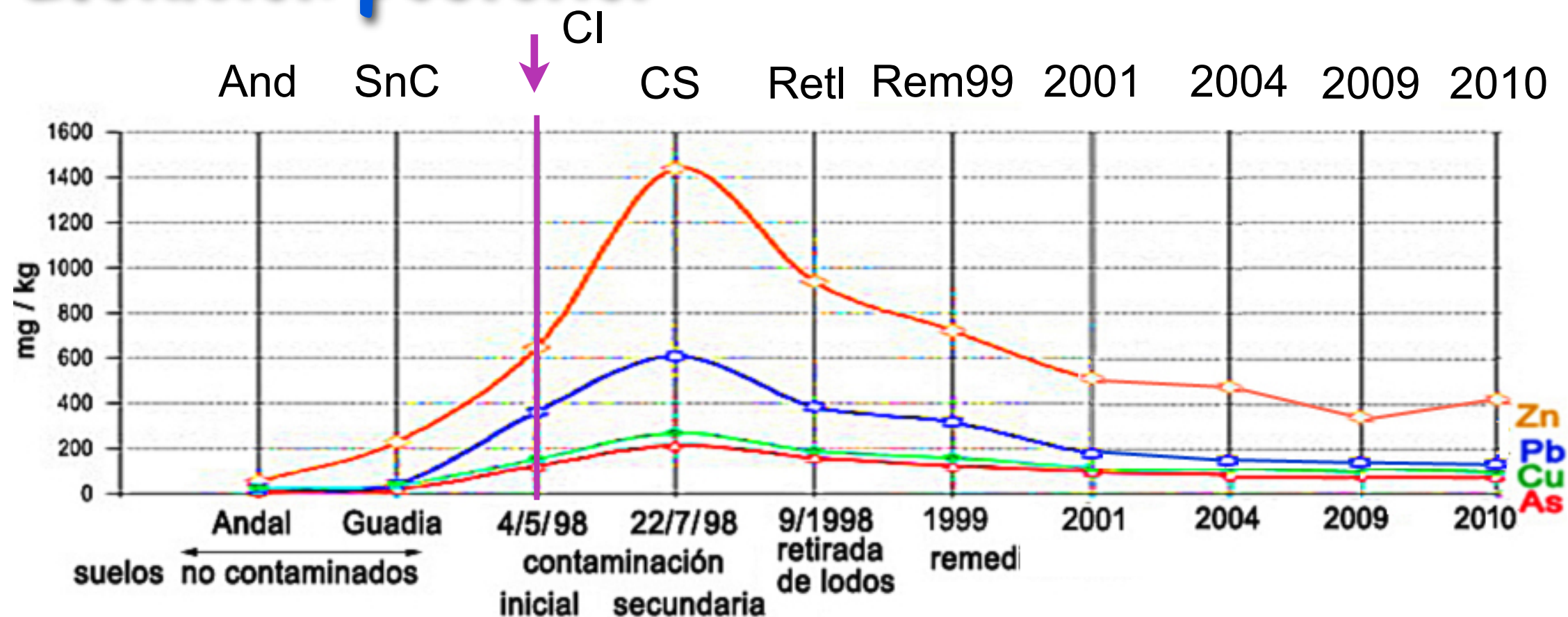
Evolución posterior



	And	SnC	CI	CS	RetL	Rem99	2001	2004	2009	2010	Disminución
◇ Zn	56	231	647	1439	938	719	506	462	332	418	17%
□ Pb	24	42	361	608	386	316	182	169	154	152	16%
◆ Cu	24	41	153	267	188	160	114	109	96	104	9%
▣ As	10	18	122	213	157	124	97	83	72	77	21%

mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm

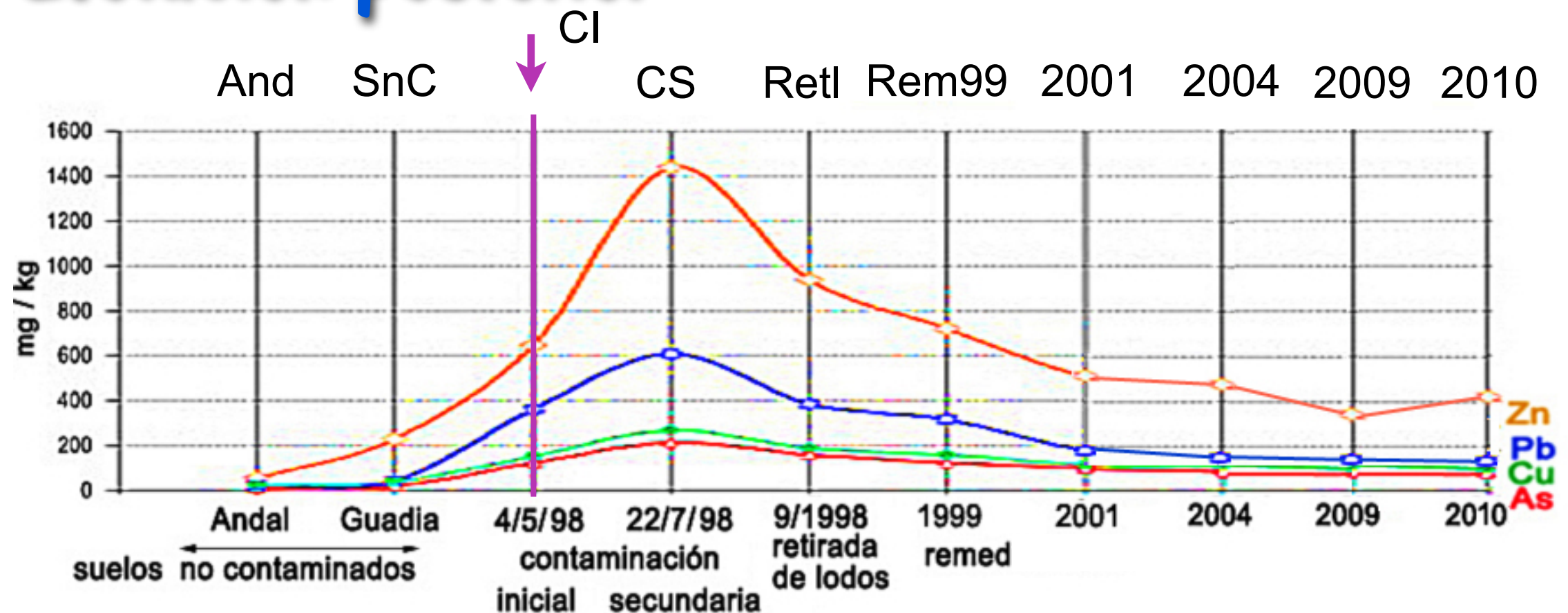
Evolución posterior



	And	SnC	CI	CS	RetL	Rem99	2001	2004	2010	Disminución	
◇ Zn	56	231	647	1439	938	719	506	462	332	418	17% → 35%
□ Pb	24	42	361	608	386	316	182	169	154	152	16% → 58%
◆ Cu	24	41	153	267	188	160	114	109	96	104	9% → 32%
▣ As	10	18	122	213	157	124	97	83	72	77	21% → 37%

mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm

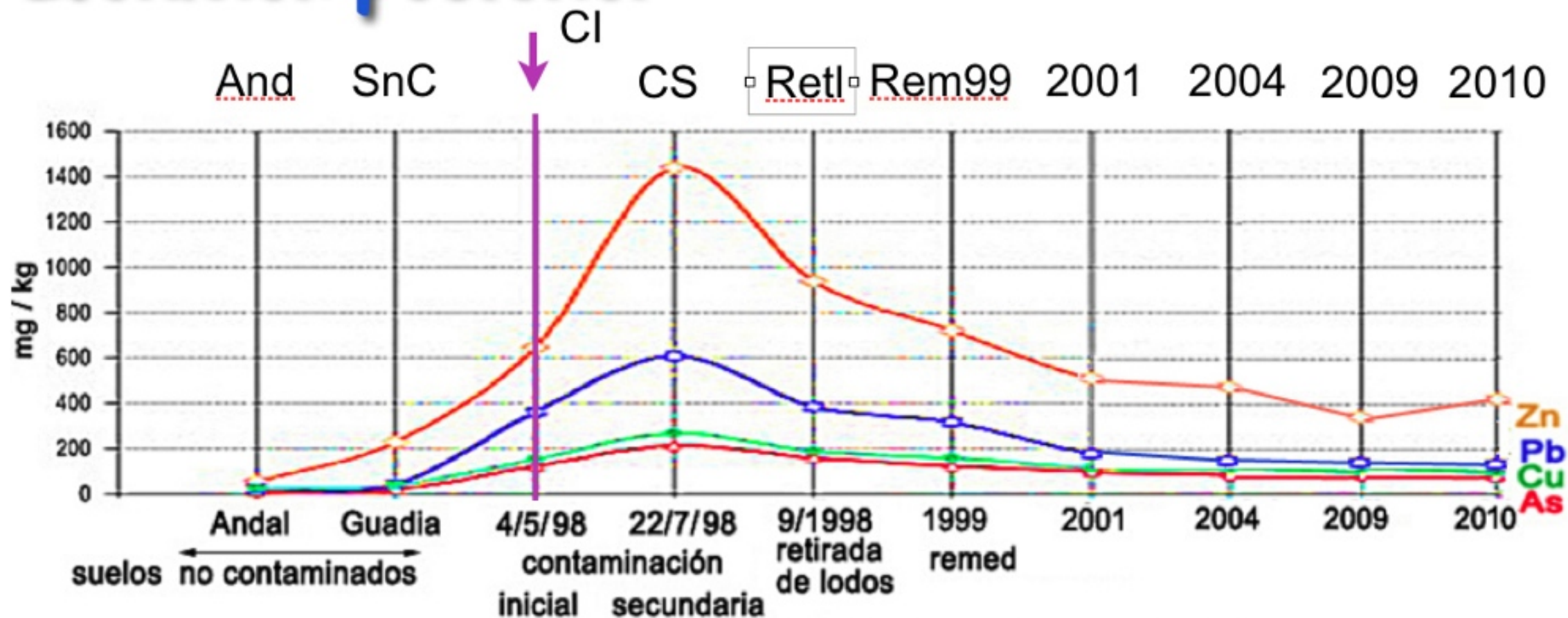
Evolución posterior



	And	SnC	CI	CS	RetL	Rem99	2001	2004	2009	2010	Disminución	Incremento
◇ Zn	56	231	647	1439	938	719	506	462	332	418	17%	35%
□ Pb	24	42	361	608	386	316	182	169	154	152	16%	58%
◆ Cu	24	41	153	267	188	160	114	109	96	104	9%	32%
▣ As	10	18	122	213	157	124	97	83	72	77	21%	37%
												81%
												262%
												154%
												328%

mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm

Evolución posterior

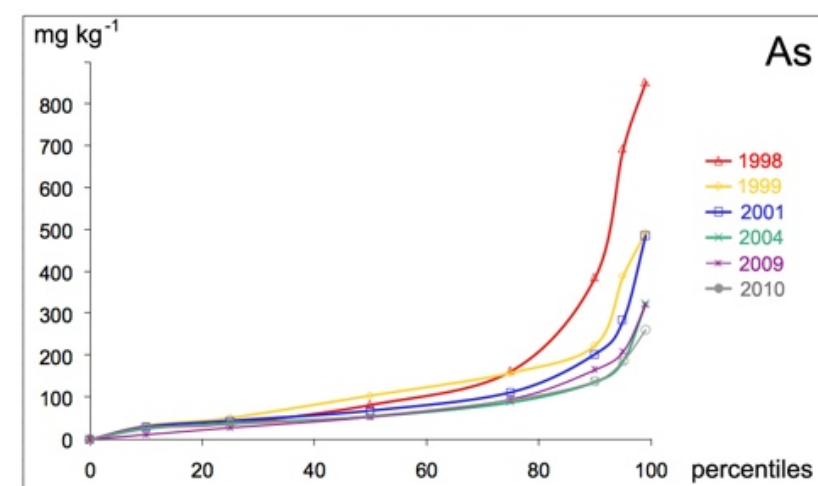
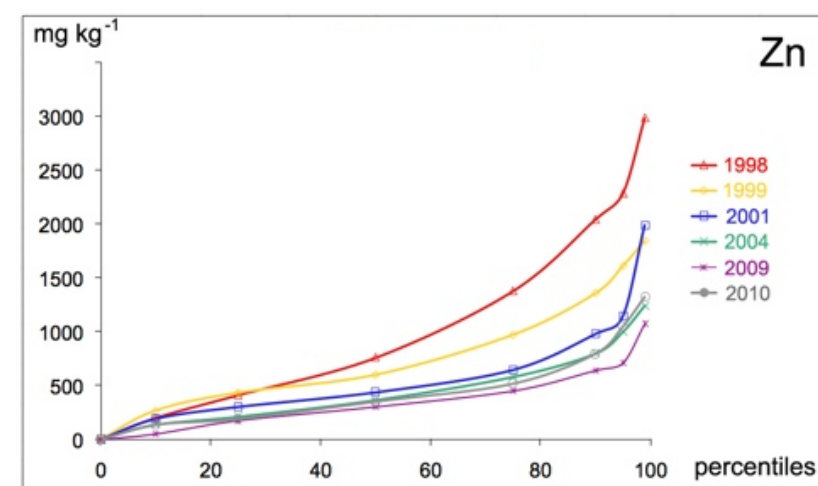
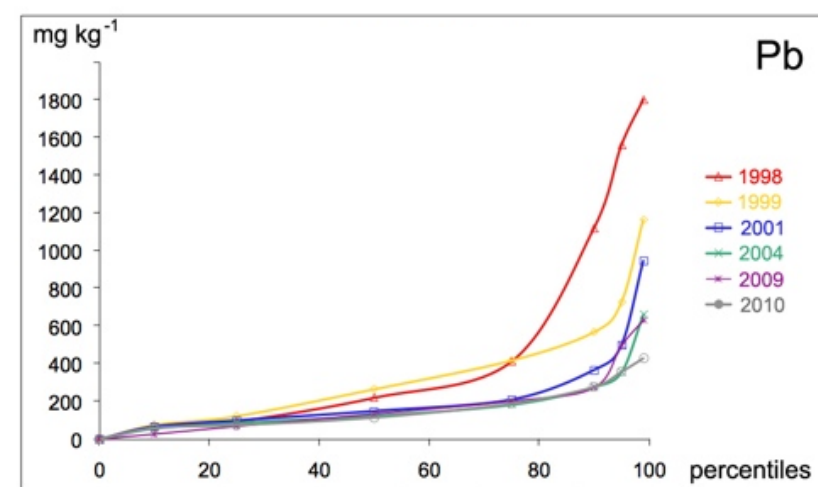
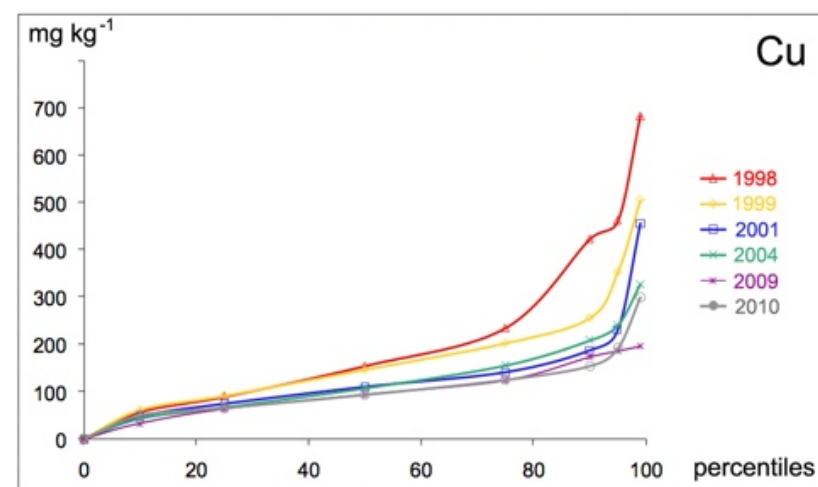
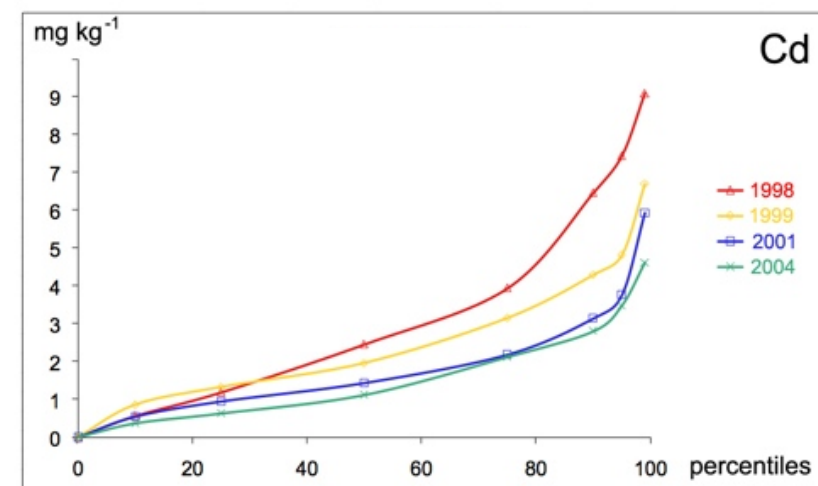
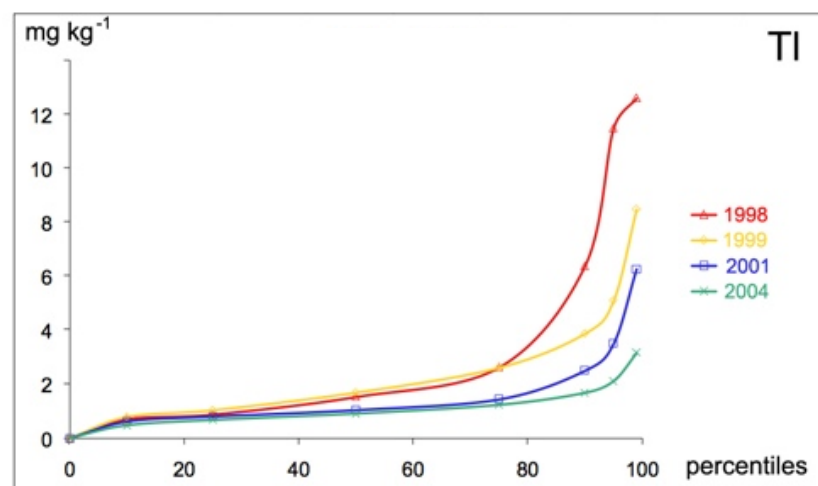


	And	SnC	CI	CS	RetL	Rem99	2001	2004	2009	2010	Nivel de intervención parques	Incremento
Zn	56	231	647	1439	938	719	506	462	332	418	1000	81%
Pb	24	42	361	608	386	316	182	169	154	152	1000	262%
Cu	24	41	153	267	188	160	114	109	96	104	500	154%
As	10	18	122	213	157	124	97	83	72	77	100	328%

mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

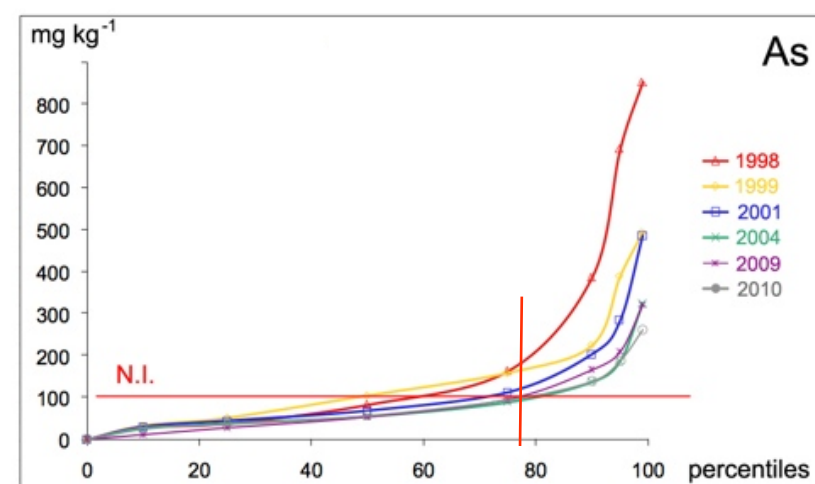
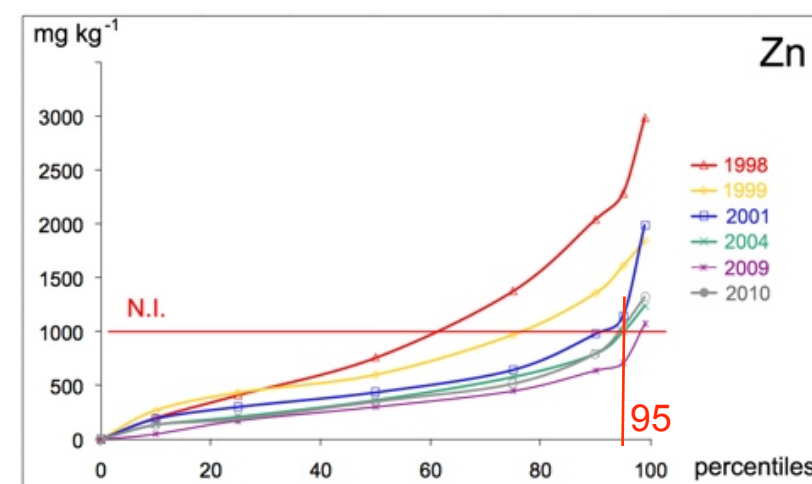
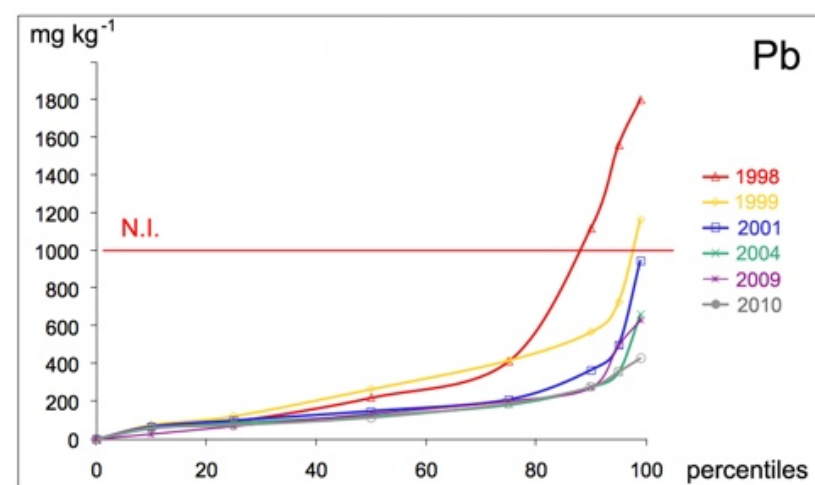
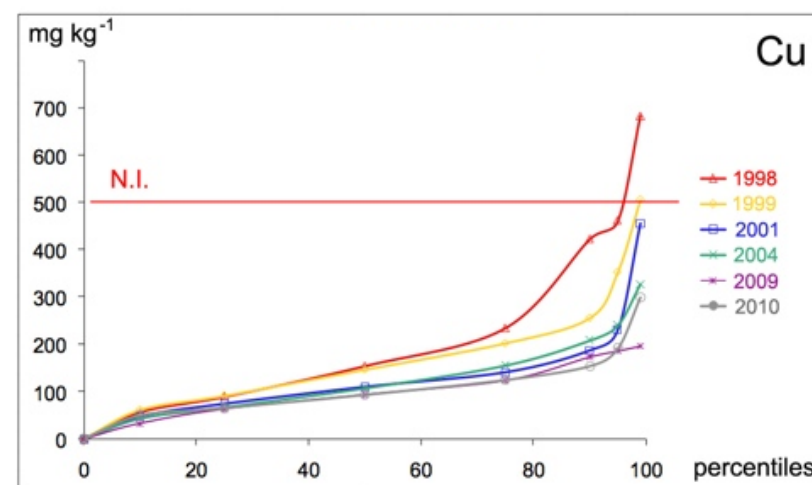
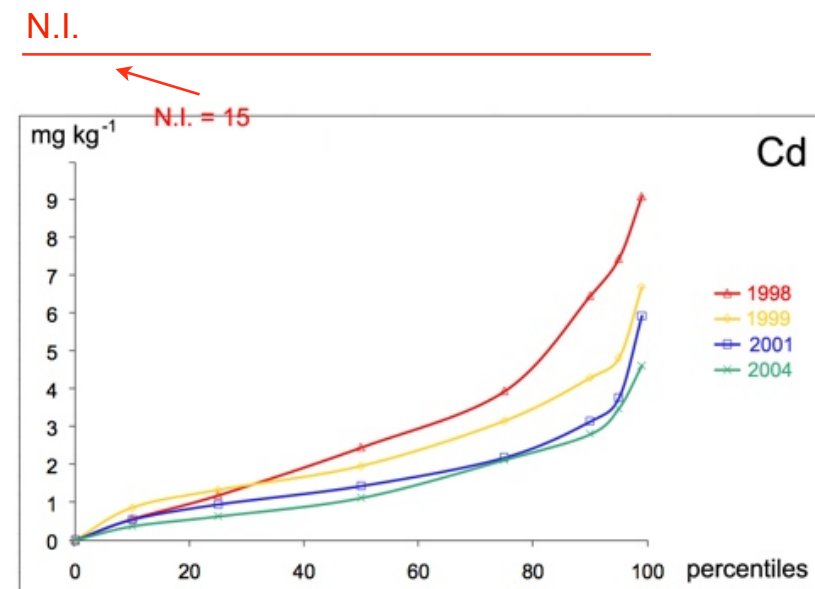
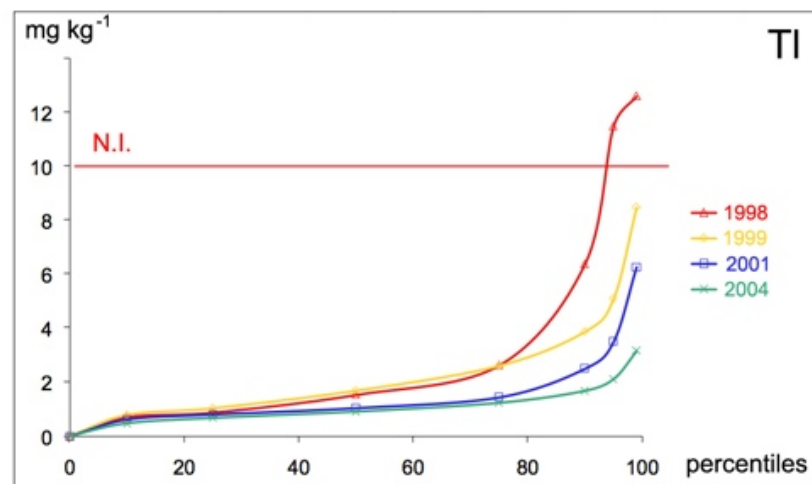


totales

mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm

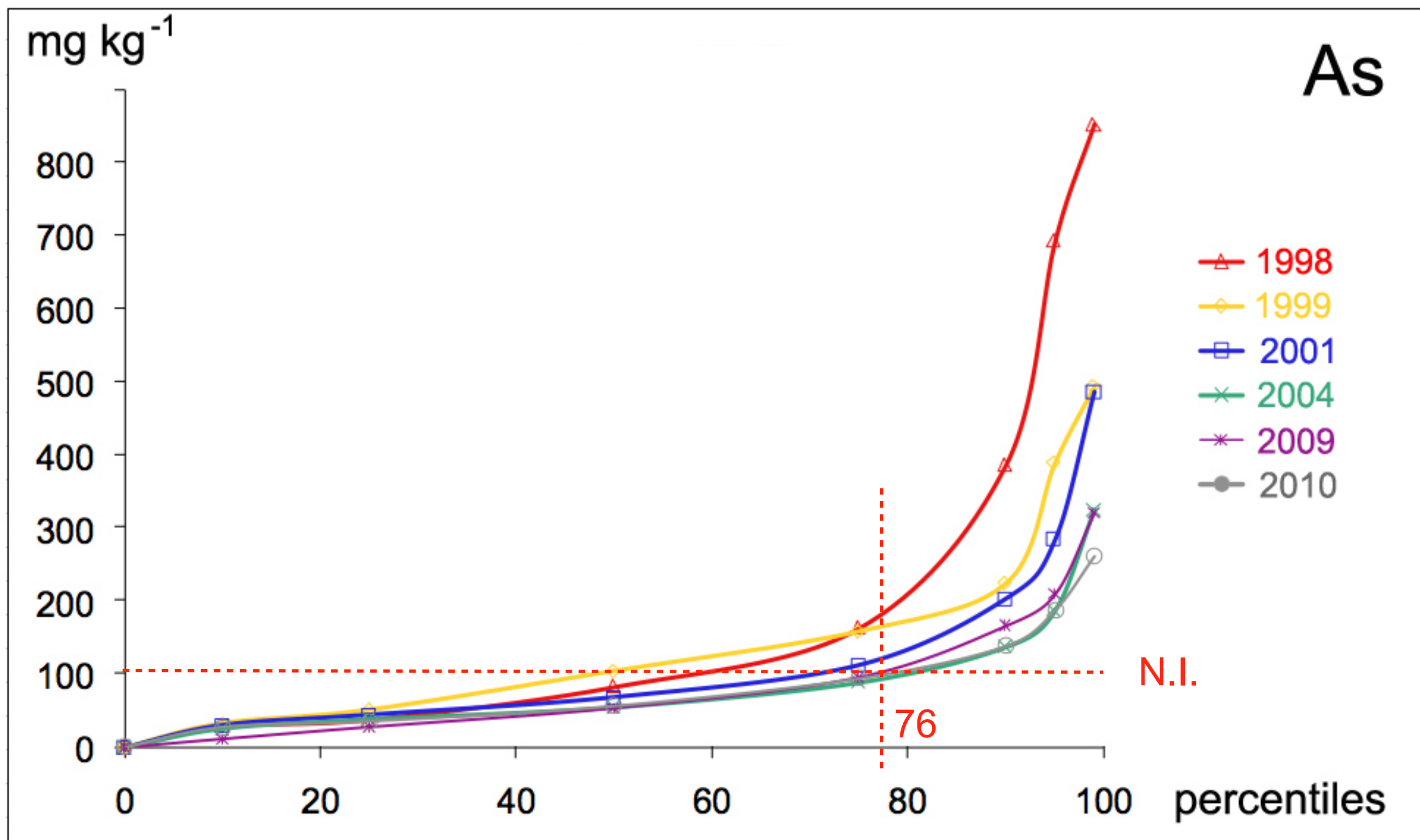
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



totales N.I. = niveles de intervención para suelos de parques naturales

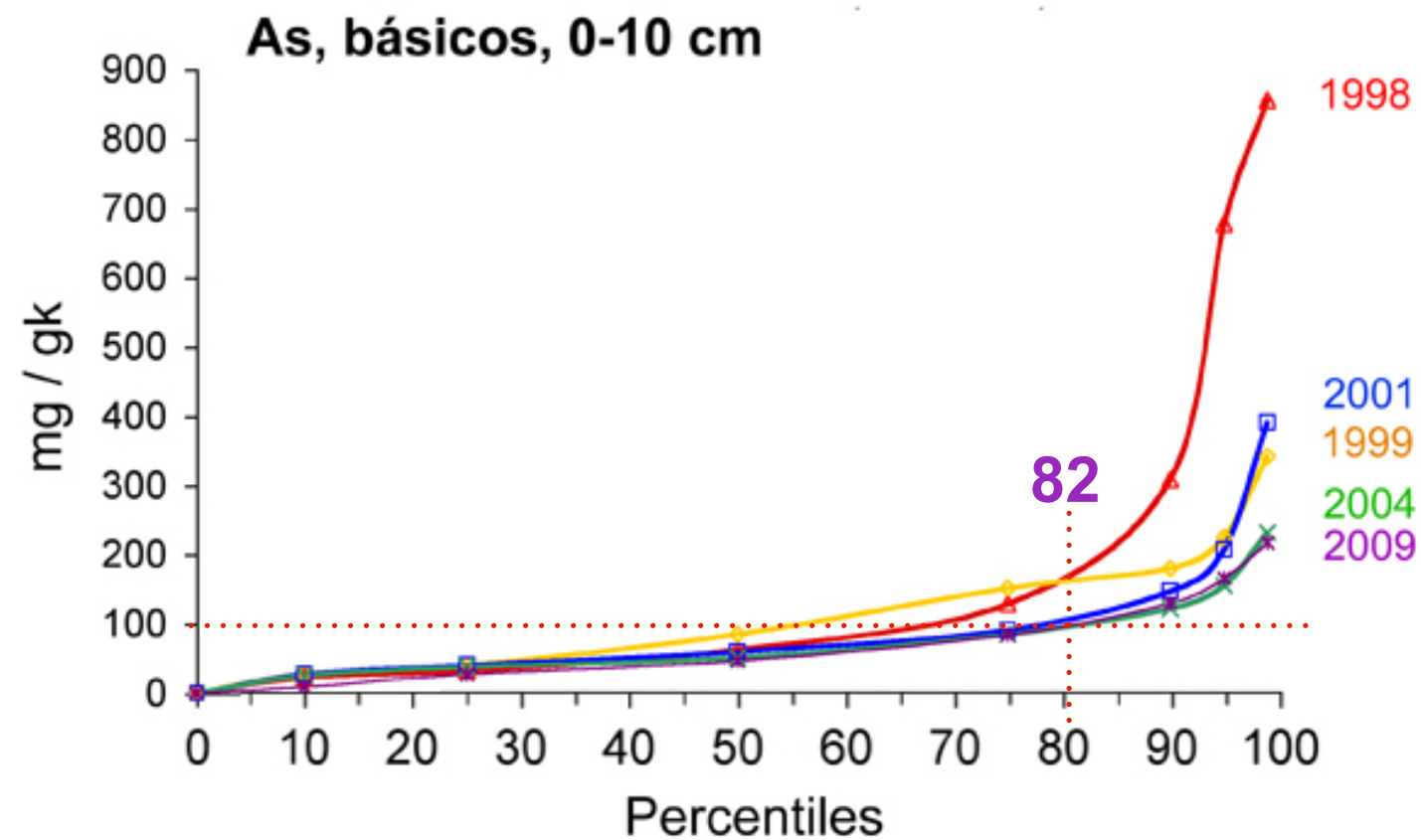
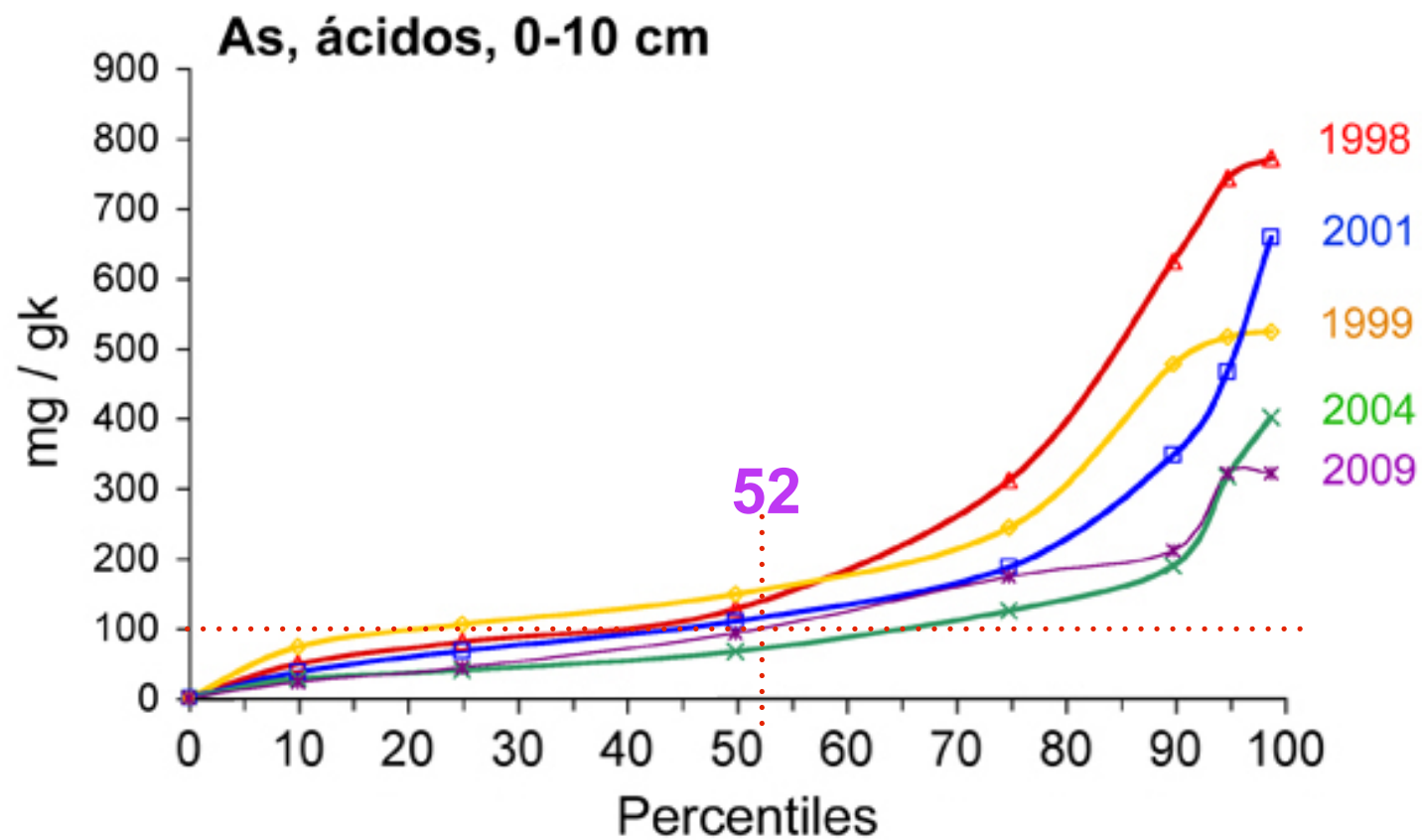
mg/kg, As y metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm



N.I. = niveles de intervención suelos de parques
valores medios, muestras de 0-10 cm

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



totales

Uso del suelo: agrícola

	nivel interv. mg kg ⁻¹	suelos potencialmente contaminados
1998		
Cd	7/10	7%
Cu	300/500	8%
Tl	5	11%
Pb	350/500	26%
Zn	600/1000	42%
As	50	68%

Uso del suelo: Parques nacionales

	nivel interv. mg kg ⁻¹	suelos potencialmente contaminados
2010		
Cd	15	0%
Cu	500	0%
Tl	10	0%
Pb	1000	0%
Zn	1000	5%
As	100	24%

totales

Uso del suelo: agrícola

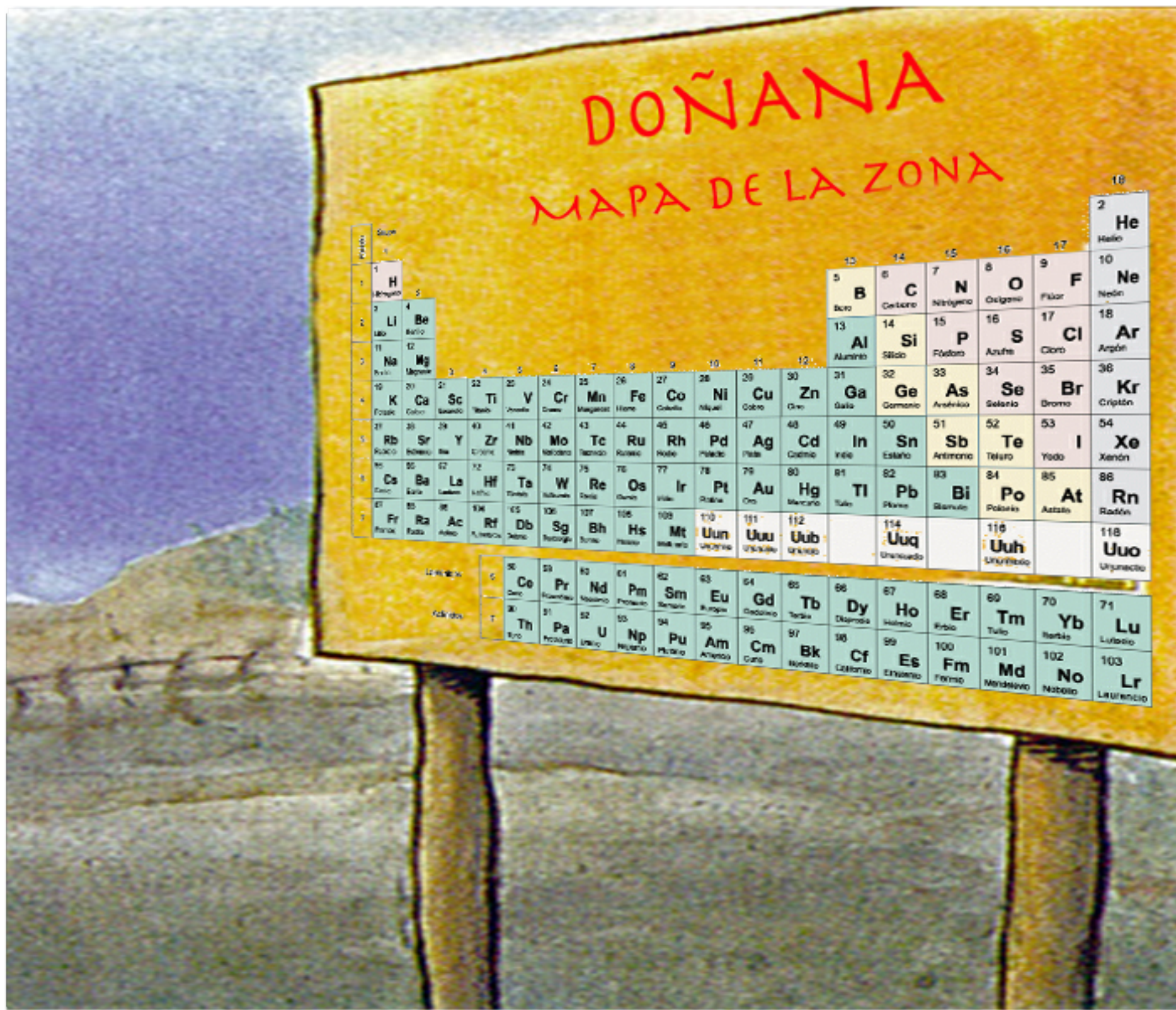
	nivel interv. mg kg ⁻¹	suelos potencialmente contaminados
1998		
Cd	7/10	7%
Cu	300/500	8%
Tl	5	11%
Pb	350/500	26%
Zn	600/1000	42%
As	50	68%

Uso del suelo: Parques nacionales

	nivel interv. mg kg ⁻¹	suelos potencialmente contaminados
2010		
Cd	15	0%
Cu	500	0%
Tl	10	0%
Pb	1000	0%
Zn	1000	5%
As	100	24%

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Doñana. Sus trabajos, premiados este mes por la Sociedad Europea de Patología Veterinaria, apuntan a un posible origen congénito por consanguinidad, derivada, a su vez, del escaso número de ejemplares que quedan de este felino. La investigación se entra aún en sus primeras fases pero los hallazgos pueden ser más inquietantes. «Los resultados que nos hasta ahora muestran que la mayoría de los ejemplares estudiados tienen problemas en el sistema reproductivo, es decir, que tienen riesgo de padecer enfermedades infecciosas y tumores. Muchos tienen lesiones en los riñones -glomerulonefritis crónicas- aunque en algunos grados», asegura Laura, patóloga veterinaria del equipo investigador. El elevado número de ejemplares disecados para el proyecto -17- los convierte en una muestra «muy representativa» de la exigua población total de la fauna ibérica,

FERNANDO HIRALDO DIRECTOR DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE DOÑANA

IDEAL, 28/9/2004

«Aznalcóllar es asunto cerrado»

I. ÁLVAREZ

El director de la Estación Biológica de Doñana nació en las tierras secas de Almería, pero el graznido de los ánseres junto a la marisma en un día de lluvia infame le cautivó para siempre. Han pasado 35 años desde entonces.

—¿Cuál es el estado de salud actual del Parque Nacional?

—El mejor que ha tenido en cuanto a grado de protección. Ocurre que han aumentado las presiones externas. Doñana está al fondo de un río y su grado de conservación depende de lo que le pasa a ese río. Además, depende también de un acuífero, una burbuja de agua de 40 kilómetros de radio sobre la que actúa la actividad agrícola de la zona.

—¿La explotación del acuífero podría acabar con Doñana?

—Es una sombra que se cierne sobre la reserva. Con la agricultura, las aguas vienen con mayor cantidad de nitratos. El acuífero es muy grande, pero en algunos lugares ya se está resistiendo debido a las extracciones para riegos.

—¿Cómo afecta a la marisma?



EXPERTO. Fernando Hiraldo lleva 35 años en la reserva. / M. VÁZQUEZ

atropellados, lo que evita su posible unión con otras poblaciones.

—¿Cuánto aguantarán en Doñana?

—No se sabe.

—Si ustedes no pueden paliar este problema. ¿Quién puede hacerlo?

—Los políticos deben decidir.

—¿Cuál es el reto entonces?

—A lo mejor el desdoblamiento puede consistir en una carretera de entrada y otra de salida por el norte, que no pase por la reserva.

—¿Cómo ve el futuro?

—Ha habido problemas peores.

—¿Aún se perciben las consecuencias del vertido de Aznalcóllar?

—Es asunto cerrado. Ahora, los niveles de contaminación son más bajos que los que había antes del vertido e, incluso, más bajos aún que en los sitios que en Doñana se consideran no contaminados. Murieron 10.000 gansos, pero en años de sequía mueren el doble.

Doñana. Sus trabajos, premiados este mes por la Sociedad Europea de Patología Veterinaria, apuntan a un posible origen congénito por

...ita su posible
...aciones.
... en Doñana?
... en paliar este
...ede hacerlo?
...decidir.
...nces?
...oblamiento
...na carretera
...salida por el
...or la reserva.
...spadas»
...ue los vecinos

FERNANDO HIRALDO DIRECTOR DE LA RESERVA BIOLÓGICA DE DOÑANA

«Aznalcóllar es asunto cerrado»

L. ÁLVAREZ

IDEAL, 28/9/2004

—¿Cómo ve el futuro?

—Ha habido problemas peores.

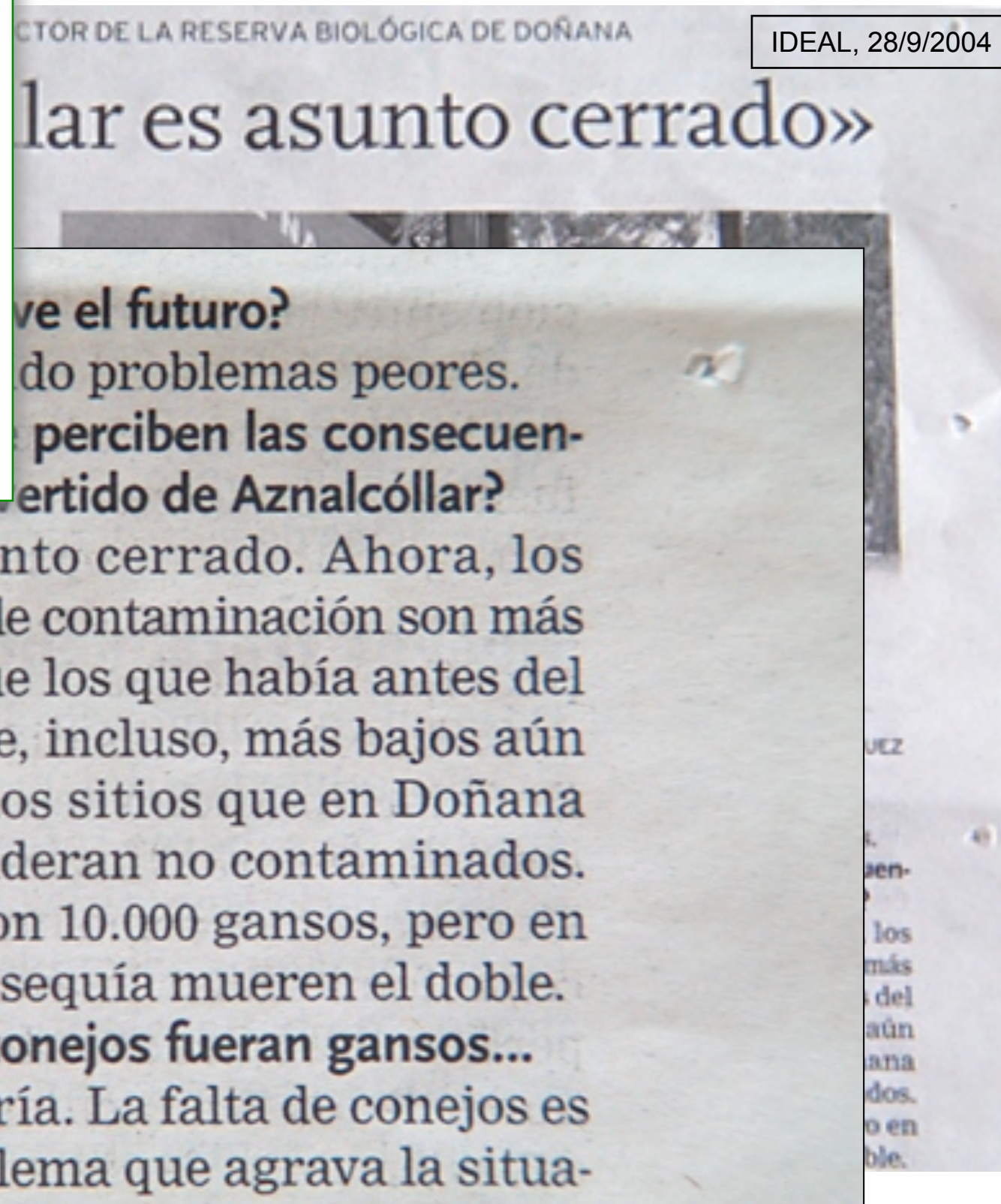
—¿Aún se perciben las consecuencias del vertido de Aznalcóllar?

—Es asunto cerrado. Ahora, los niveles de contaminación son más bajos que los que había antes del vertido e, incluso, más bajos aún que en los sitios que en Doñana se consideran no contaminados. Murieron 10.000 gansos, pero en años de sequía mueren el doble.

—Si los conejos fueran gansos...

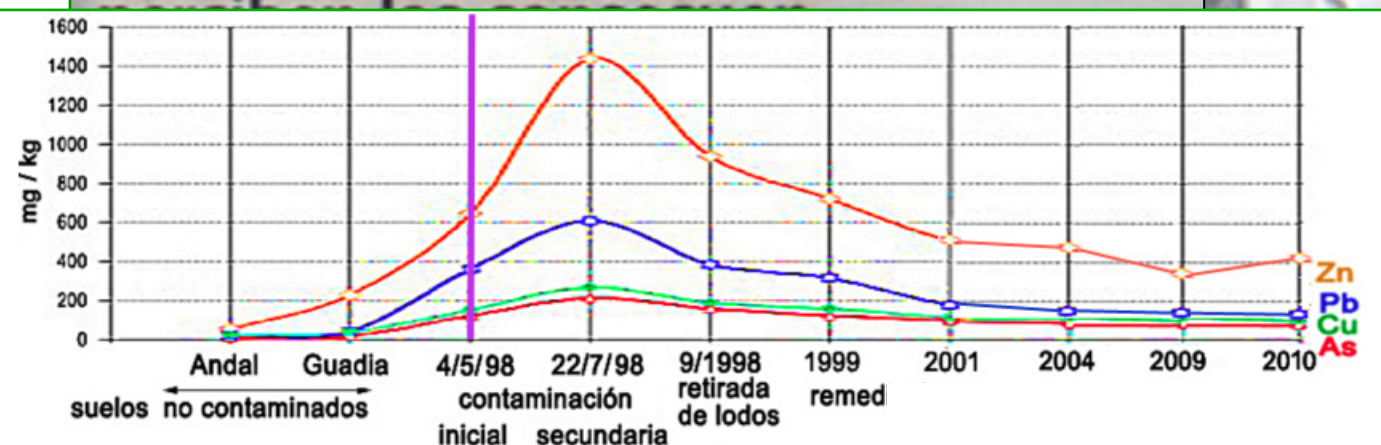
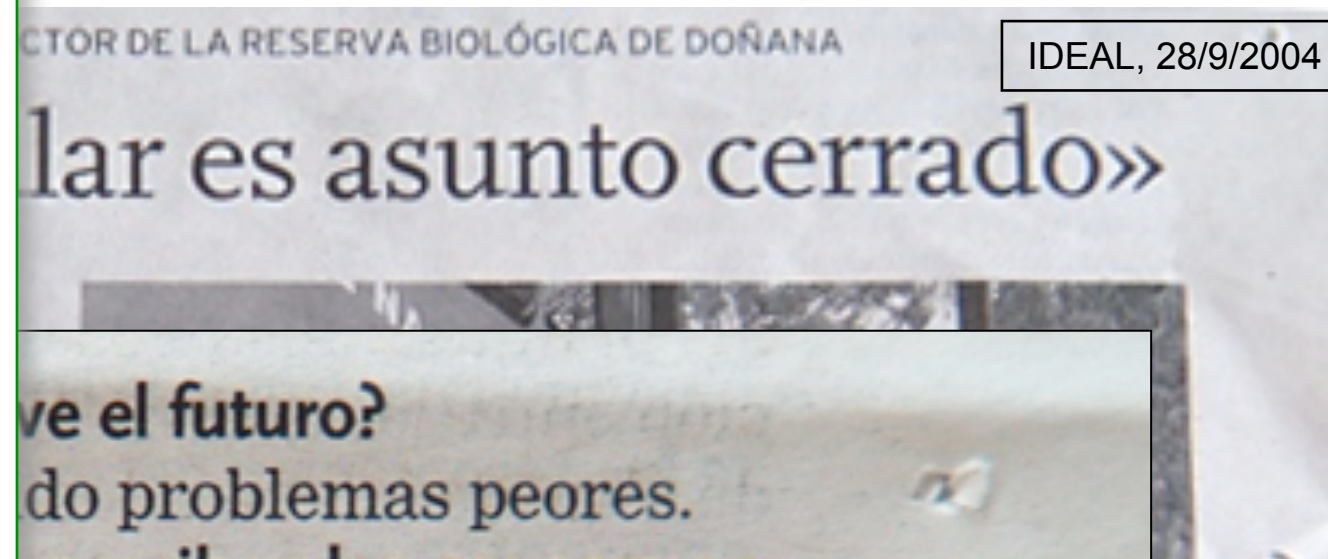
—Ya podría. La falta de conejos es un problema que agrava la situa-

Uso del suelo: Parques nacionales		
2010	nivel interv. mg kg ⁻¹	suelos potencialmente contaminados
Cd	15	0%
Cu	500	0%
Tl	10	0%
Pb	1000	0%
Zn	1000	5%
As	100	24%



Uso del suelo: Parques nacionales

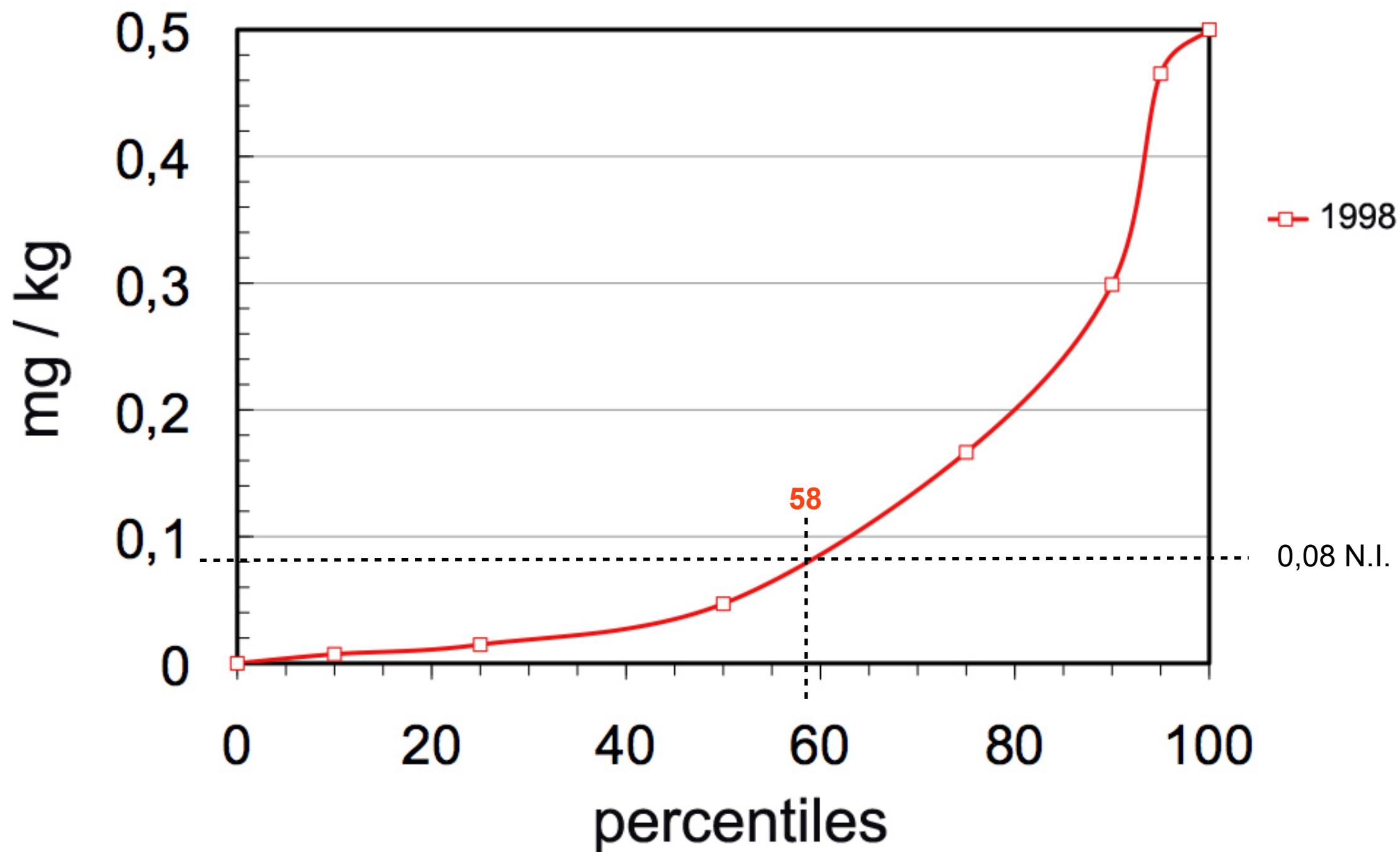
2010	nivel interv. mg kg ⁻¹	suelos potencialmente contaminados
Cd	15	0%
Cu	500	0%
Tl	10	0%
Pb	1000	0%
Zn	1000	5%
As	100	24%



	And	Guad	CI	CS	RetL	Rem99	2001	2004	2009	2010	Disminución	Incremento
— Zn	56	231	647	1439	938	719	506	462	332	418	17%	35%
— Pb	24	42	361	608	386	316	182	169	154	152	16%	58%
— Cu	24	41	153	267	188	160	114	109	96	104	9%	32%
— As	10	18	122	213	157	124	97	83	72	77	21%	37%

mg/kg, metales totales, valores medios, muestras de 0-10 cm

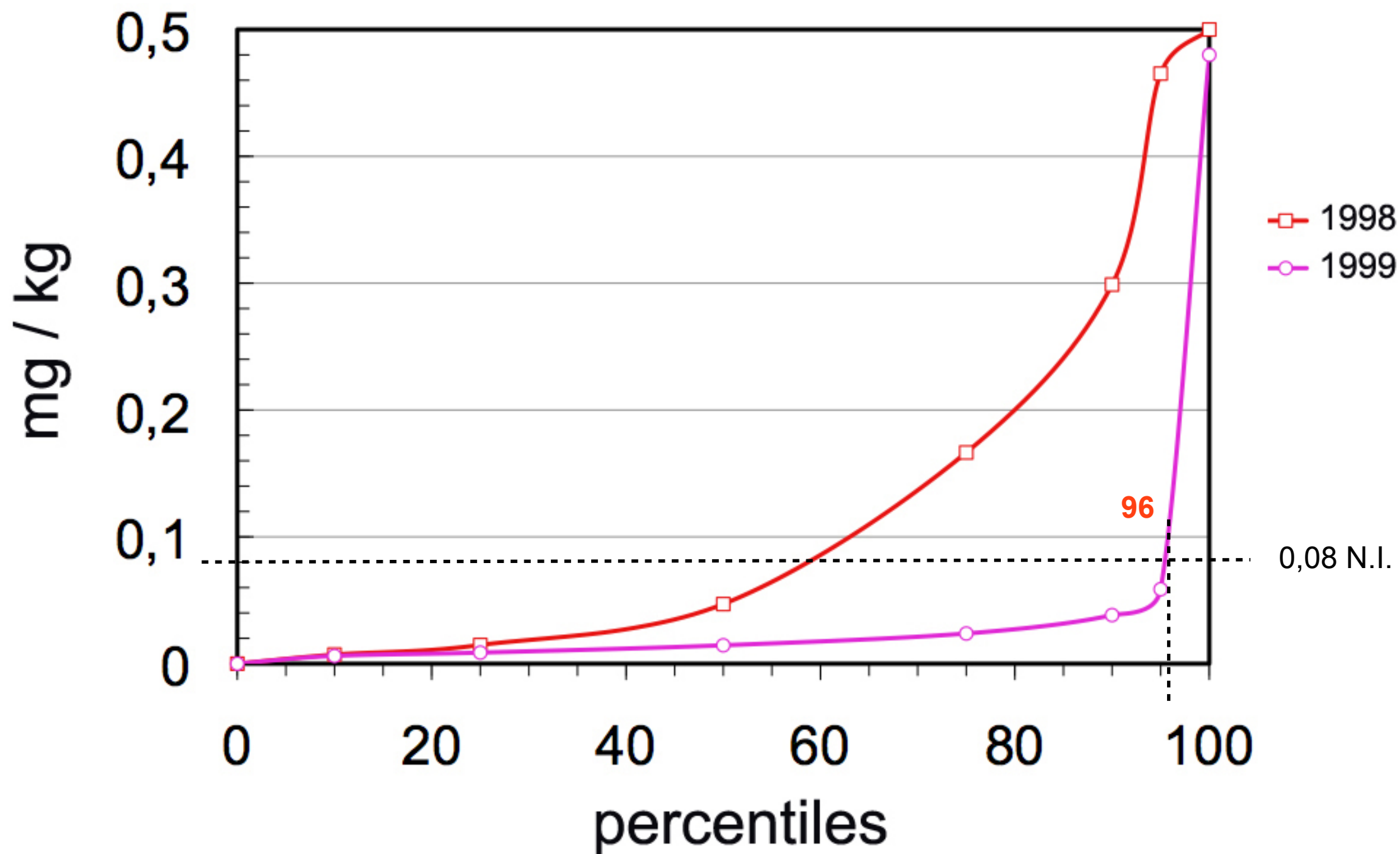
As soluble, 0-10 cm



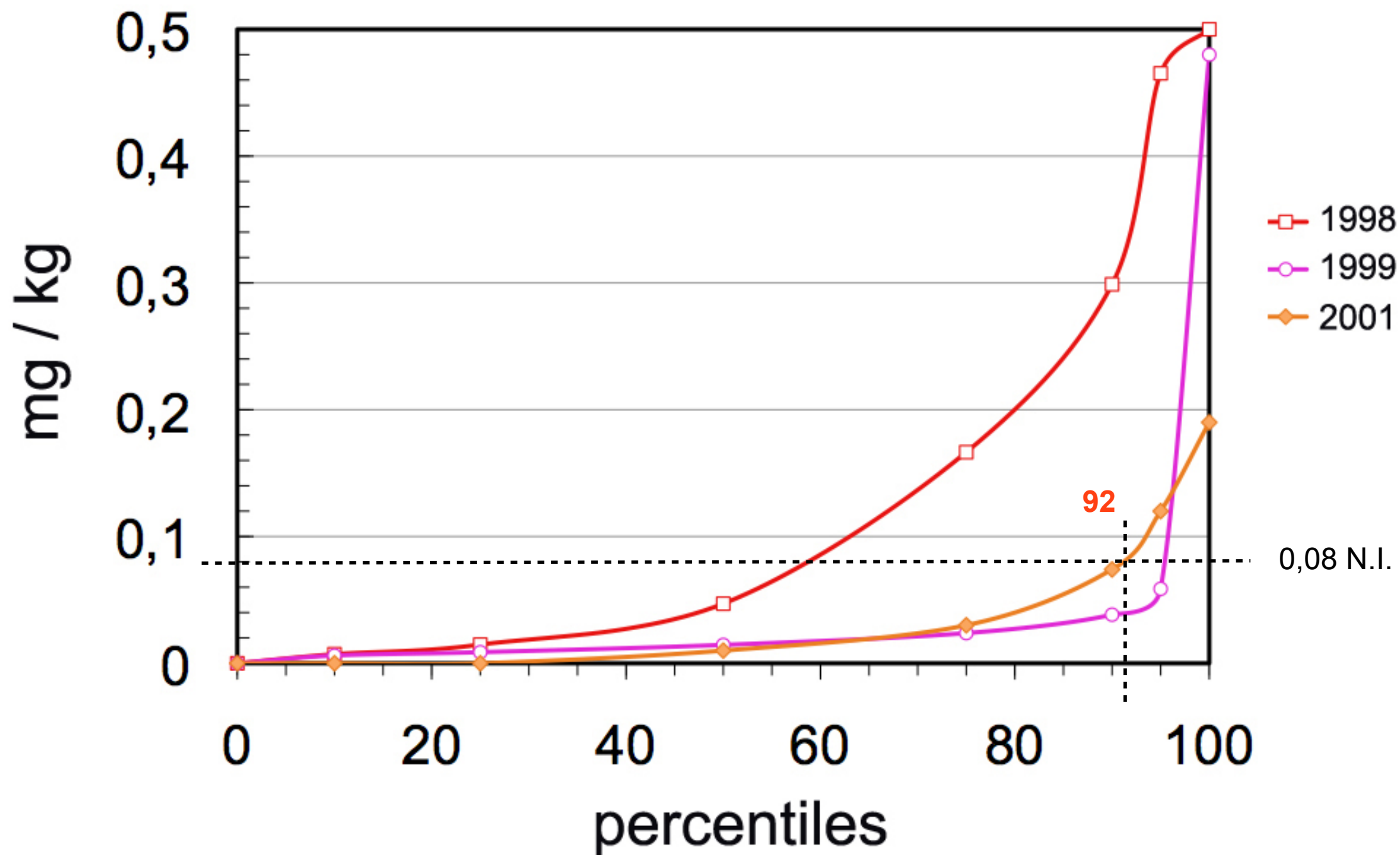
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

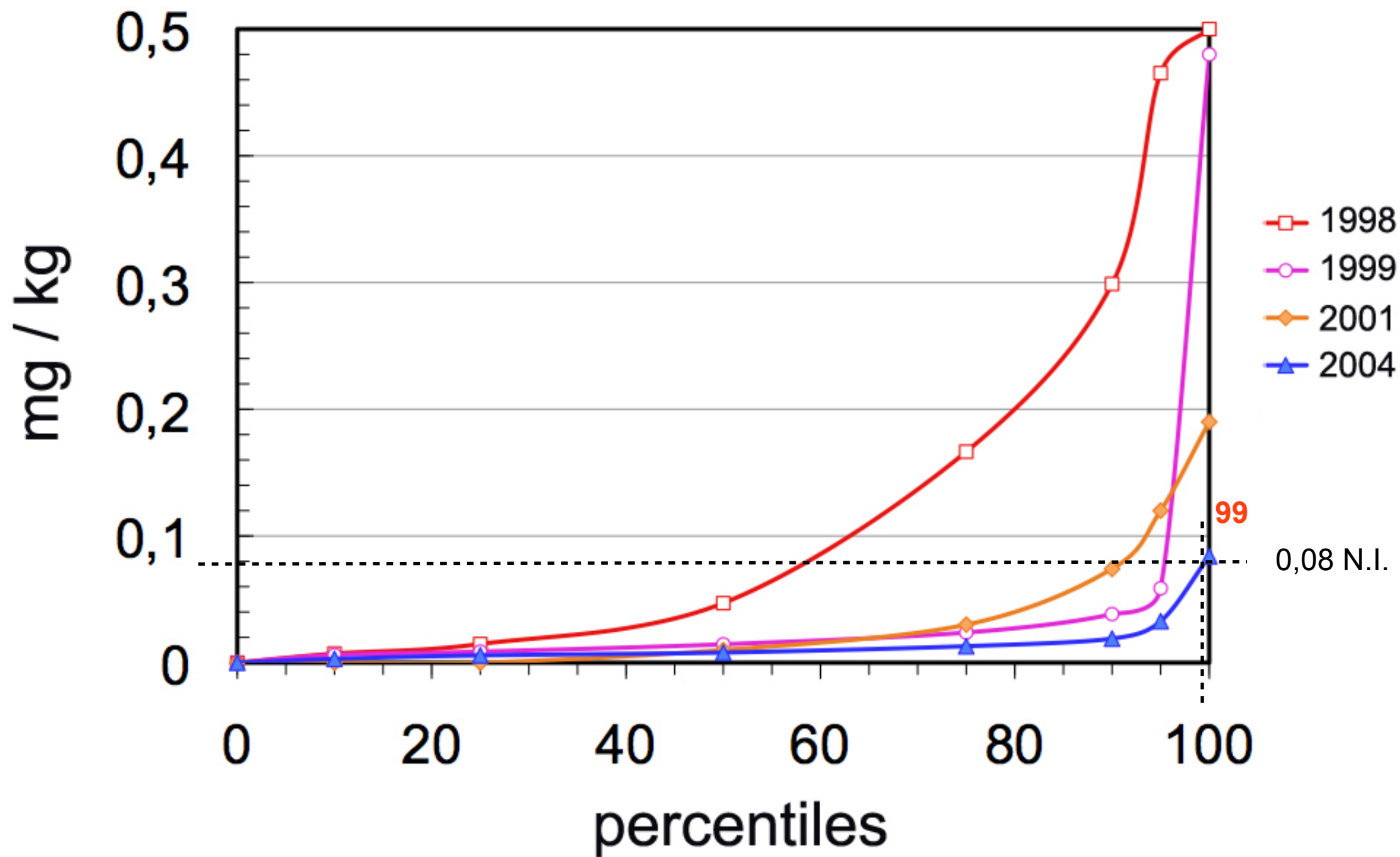
As soluble, 0-10 cm



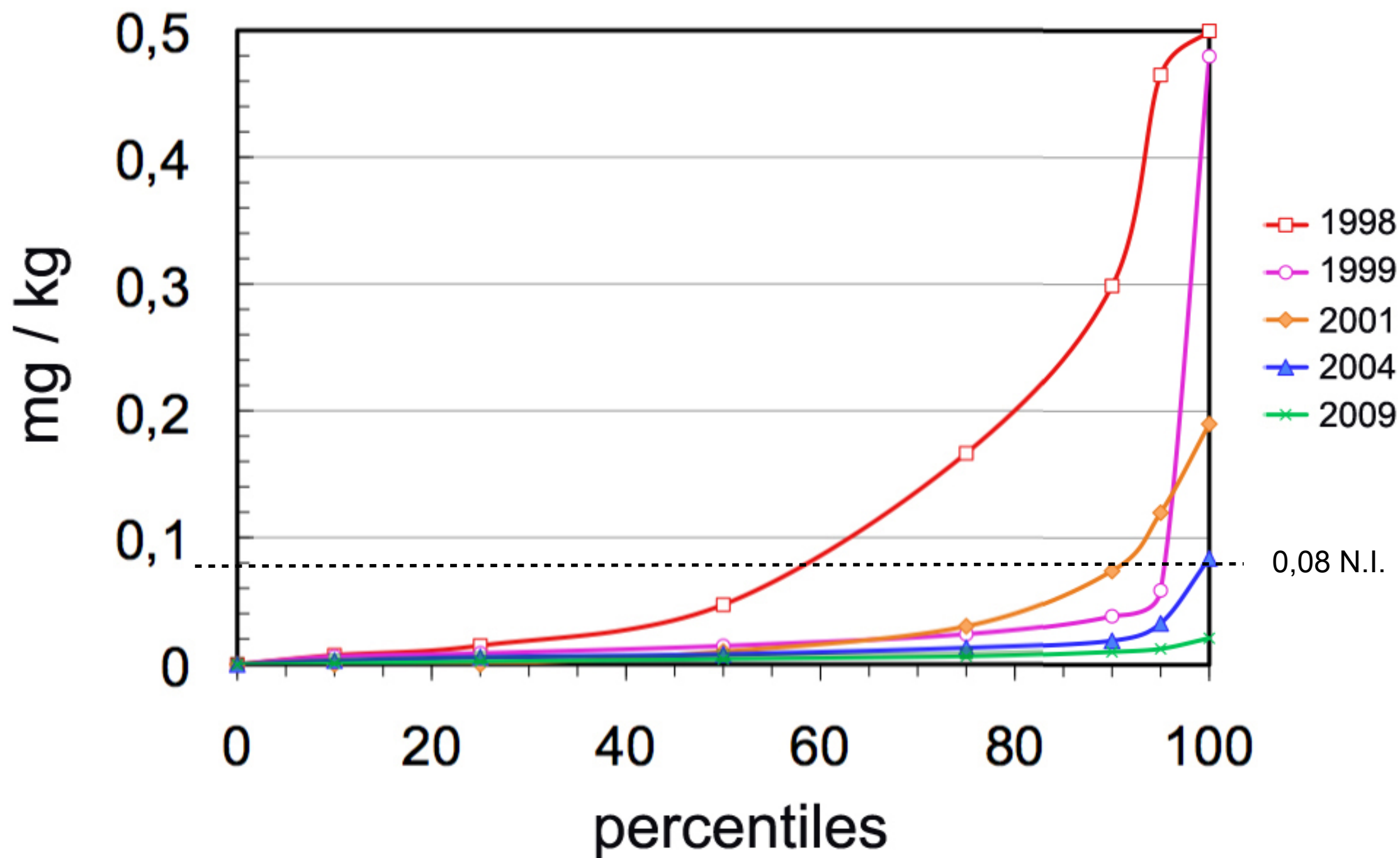
As soluble, 0-10 cm



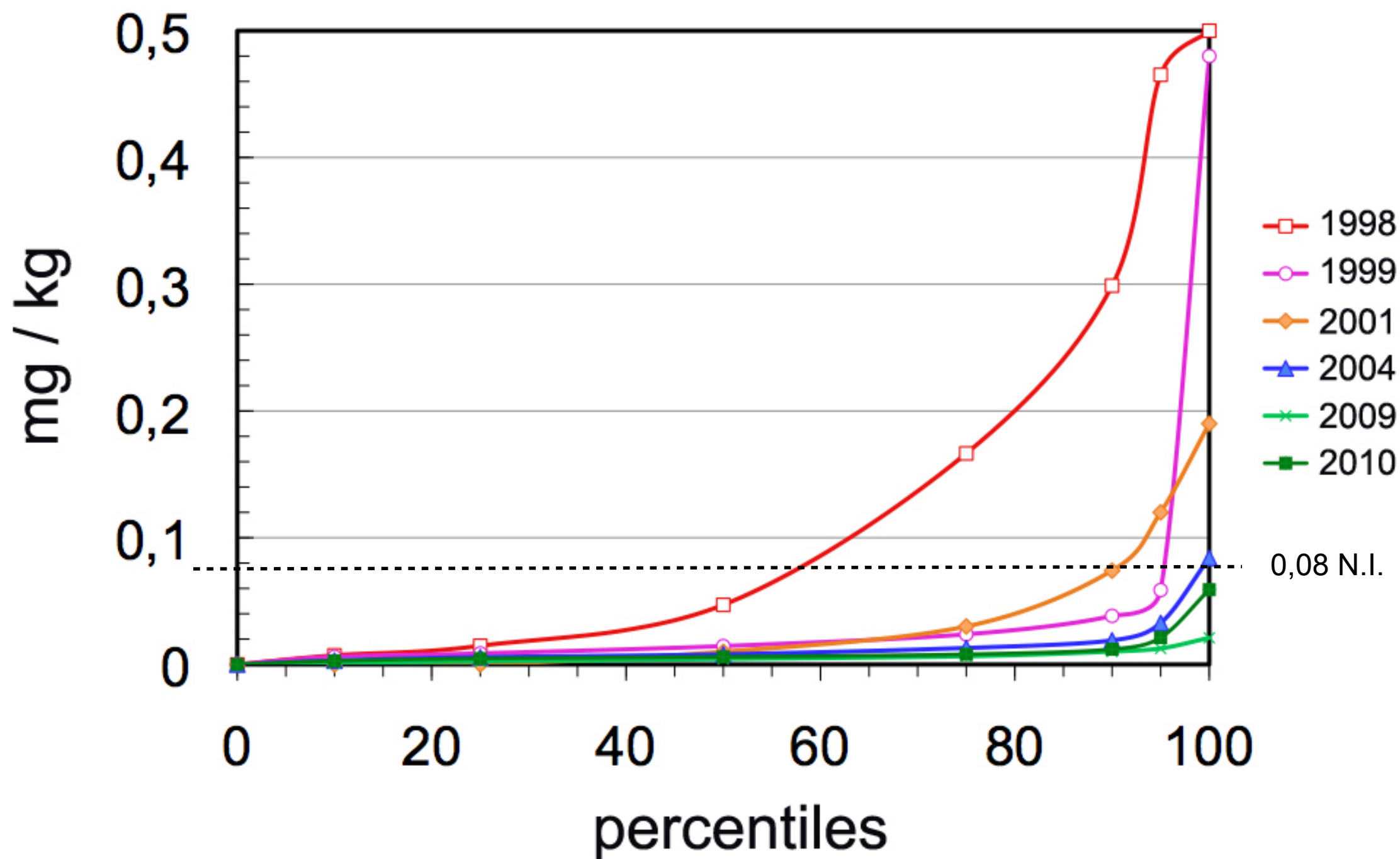
As soluble, 0-10 cm



As soluble, 0-10 cm



As soluble, 0-10 cm



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



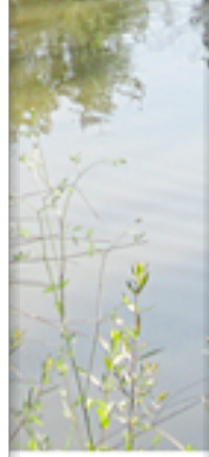
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



- 4 Evolución sin intervención

- 4 Evolución sin intervención

¿La retirada de los lodos fue una decisión correcta?

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



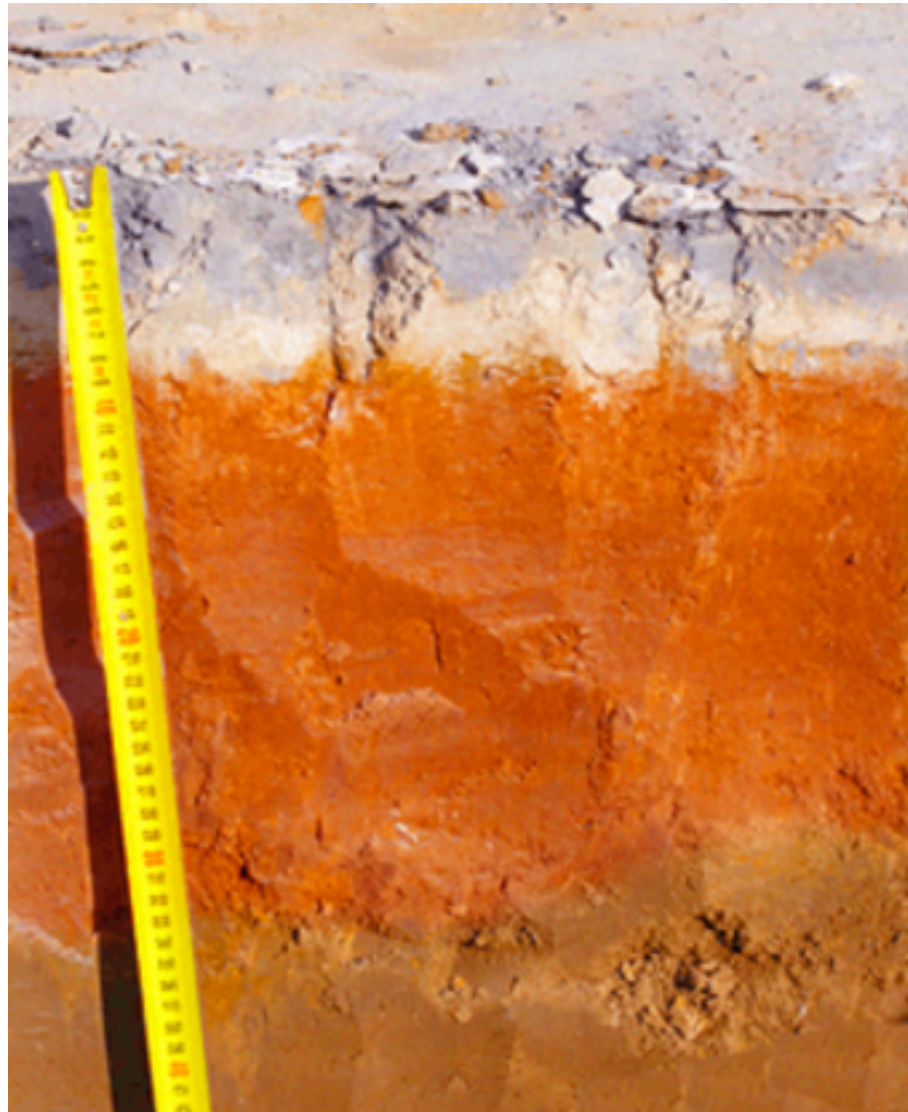
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Aznalcóllar, hoy.

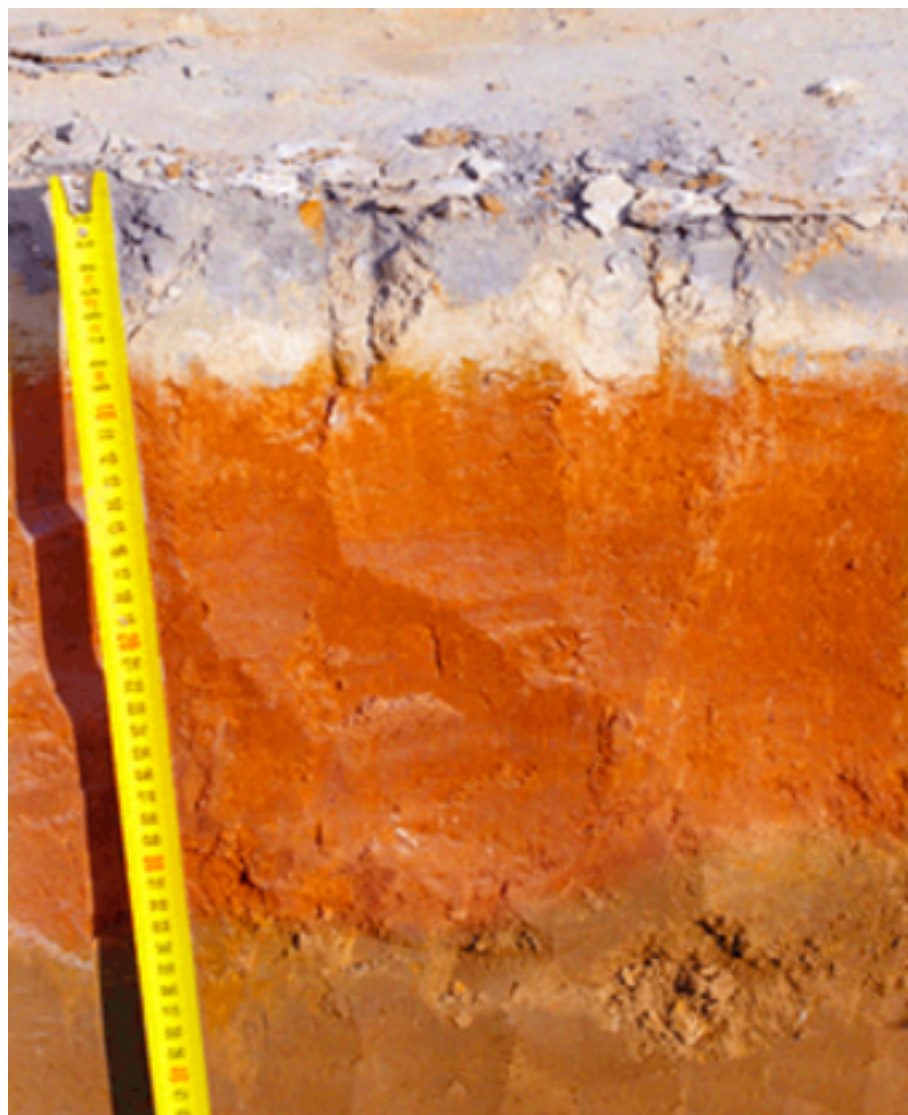
1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



suelo básico con carbonatos



suelo ácido sin carbonatos



suelo básico con carbonatos



suelo ácido sin carbonatos

- Alteración
- Contaminación

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro







Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Alteración



suelo con
carbonatos

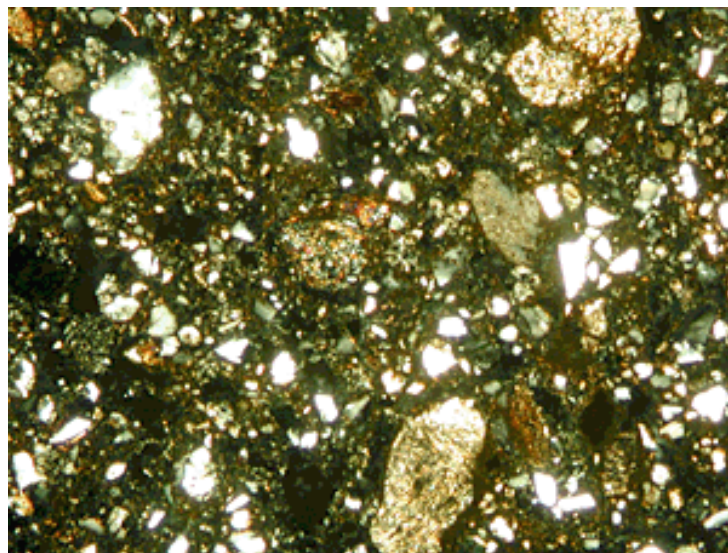
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

● Alteración



suelo con
carbonatos

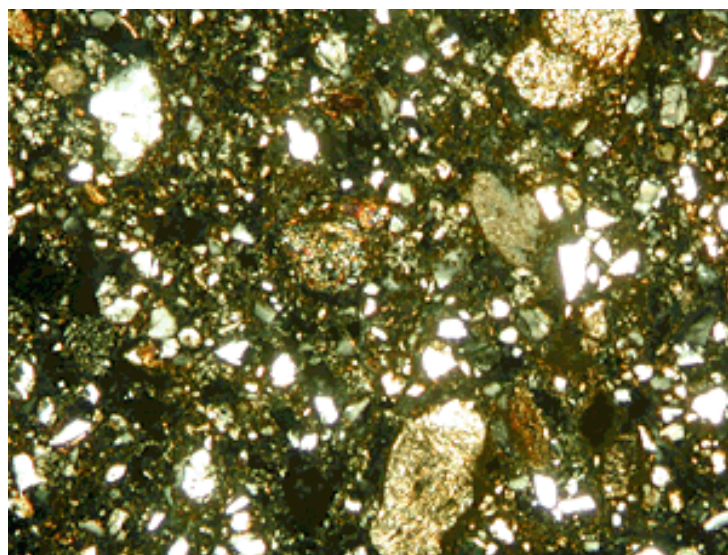


horiz. profundo

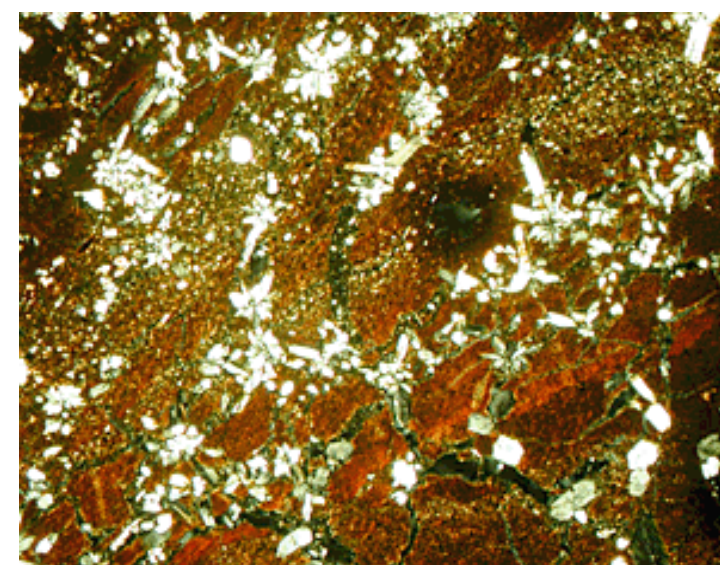
● Alteración



suelo con carbonatos



horiz. profundo

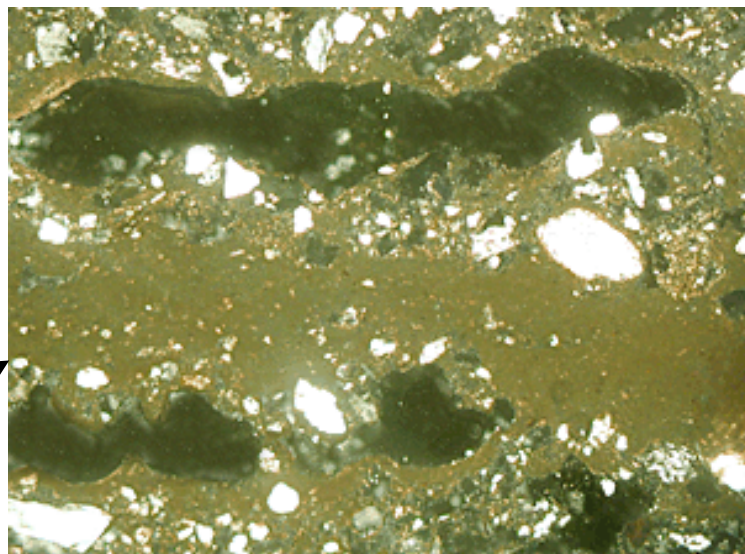


capa roja con yeso y Fe

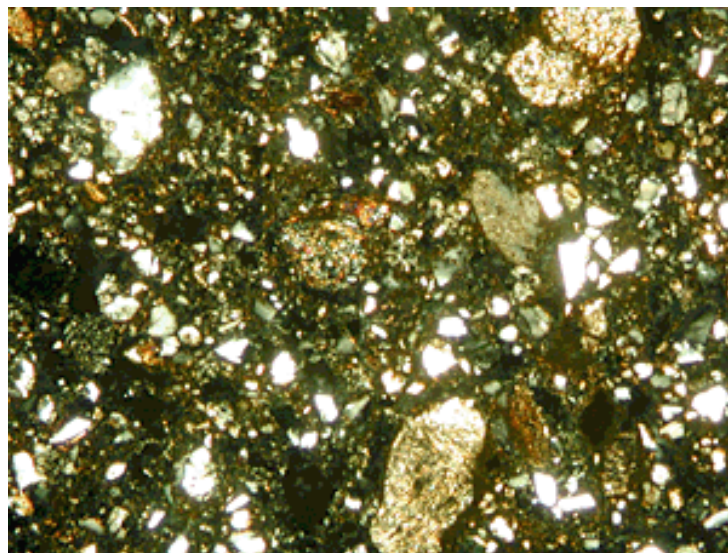
● Alteración



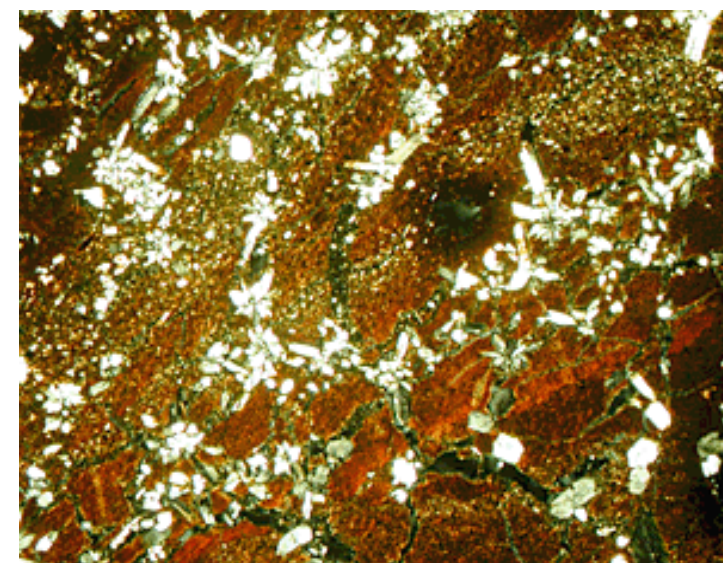
suelo con carbonatos



capa blanca



horiz. profundo

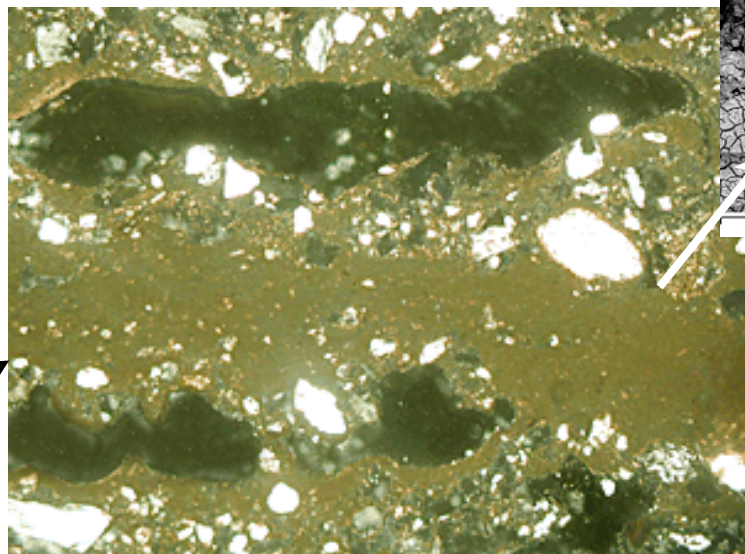


capa roja con yeso y Fe

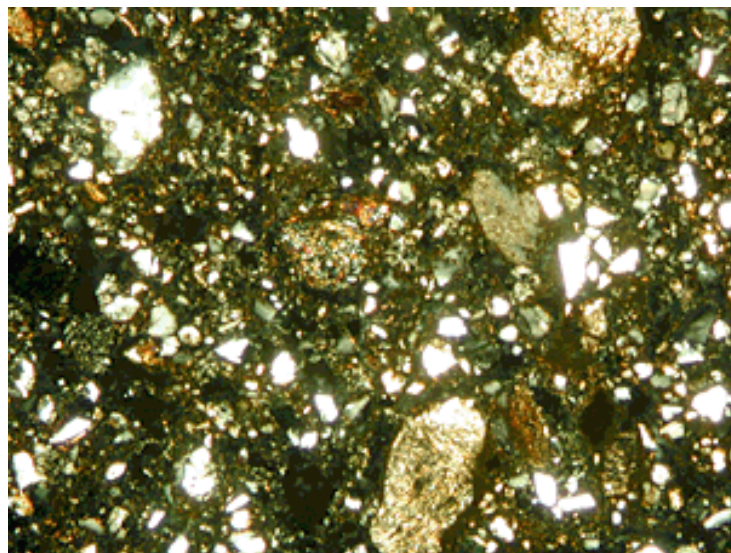
● Alteración



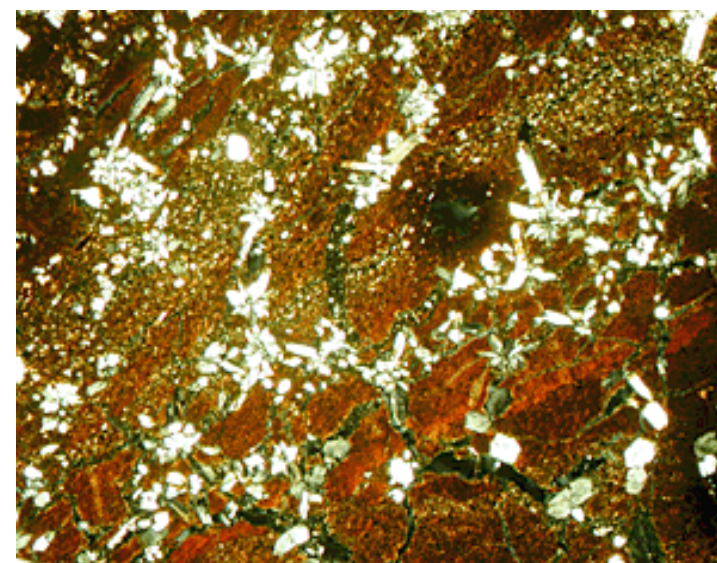
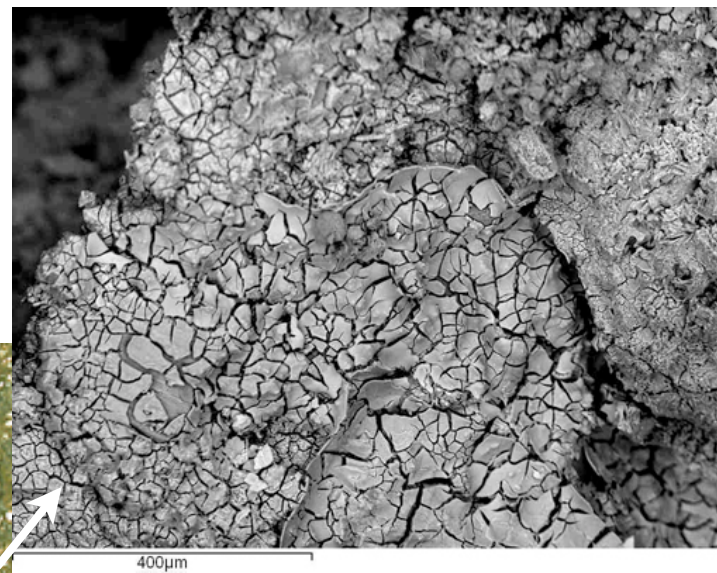
suelo con carbonatos



capa blanca



horiz. profundo

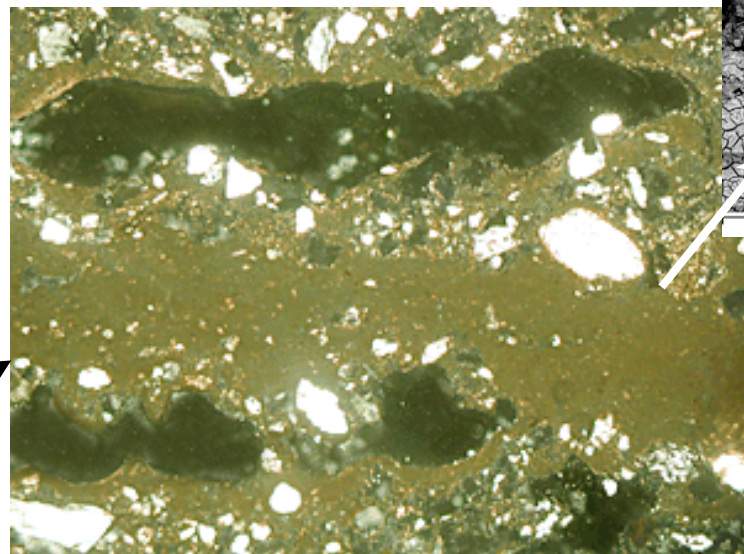


capa roja con yeso y Fe

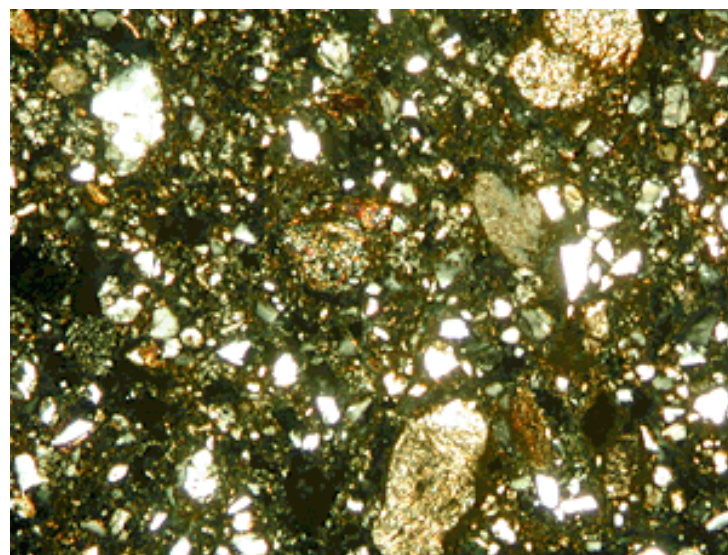
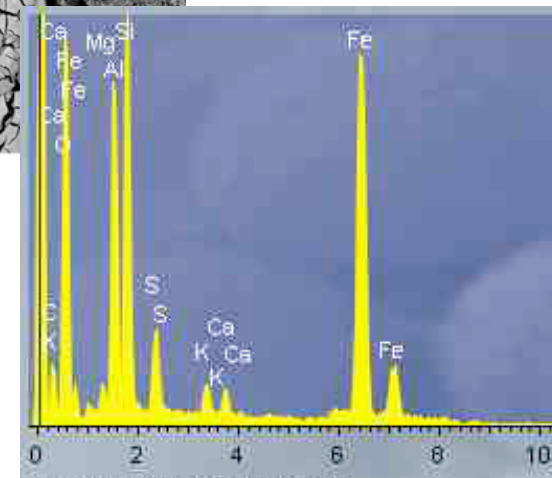
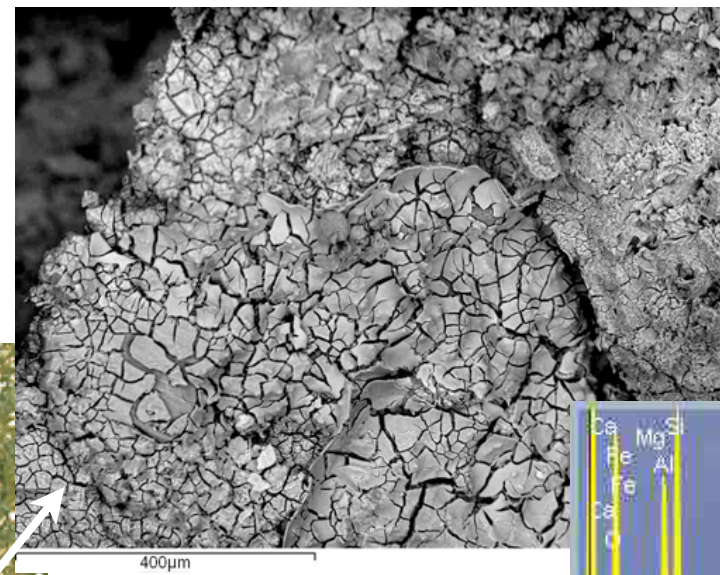
● Alteración



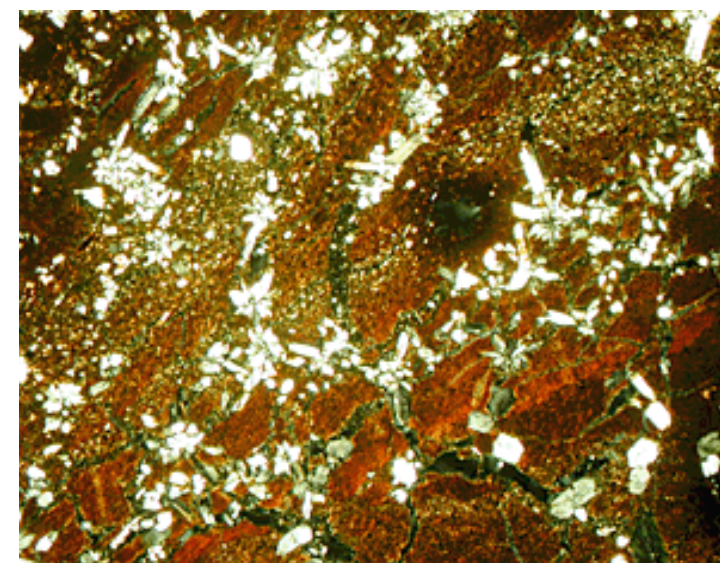
suelo con carbonatos



capa blanca



horiz. profundo



capa roja con yeso y Fe

● Alteración

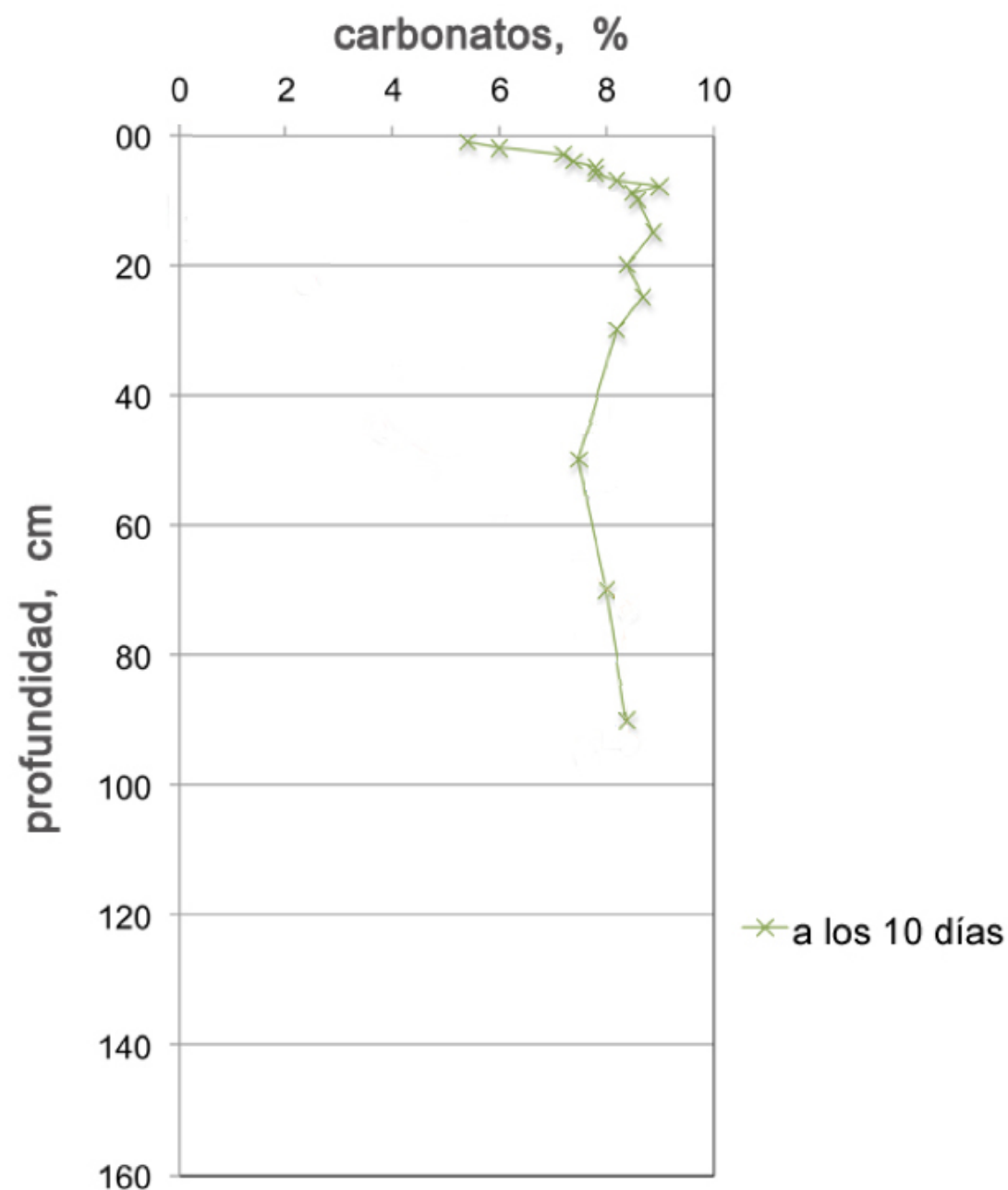
alteración de los minerales originales del suelo,
horizonte más superficial de la capa roja

	Suelo no contaminado	2 meses	15 meses	4 años
carbonatos	15%	5%	0%	0%

● Alteración

alteración de los minerales originales del suelo,
horizonte más superficial de la capa roja

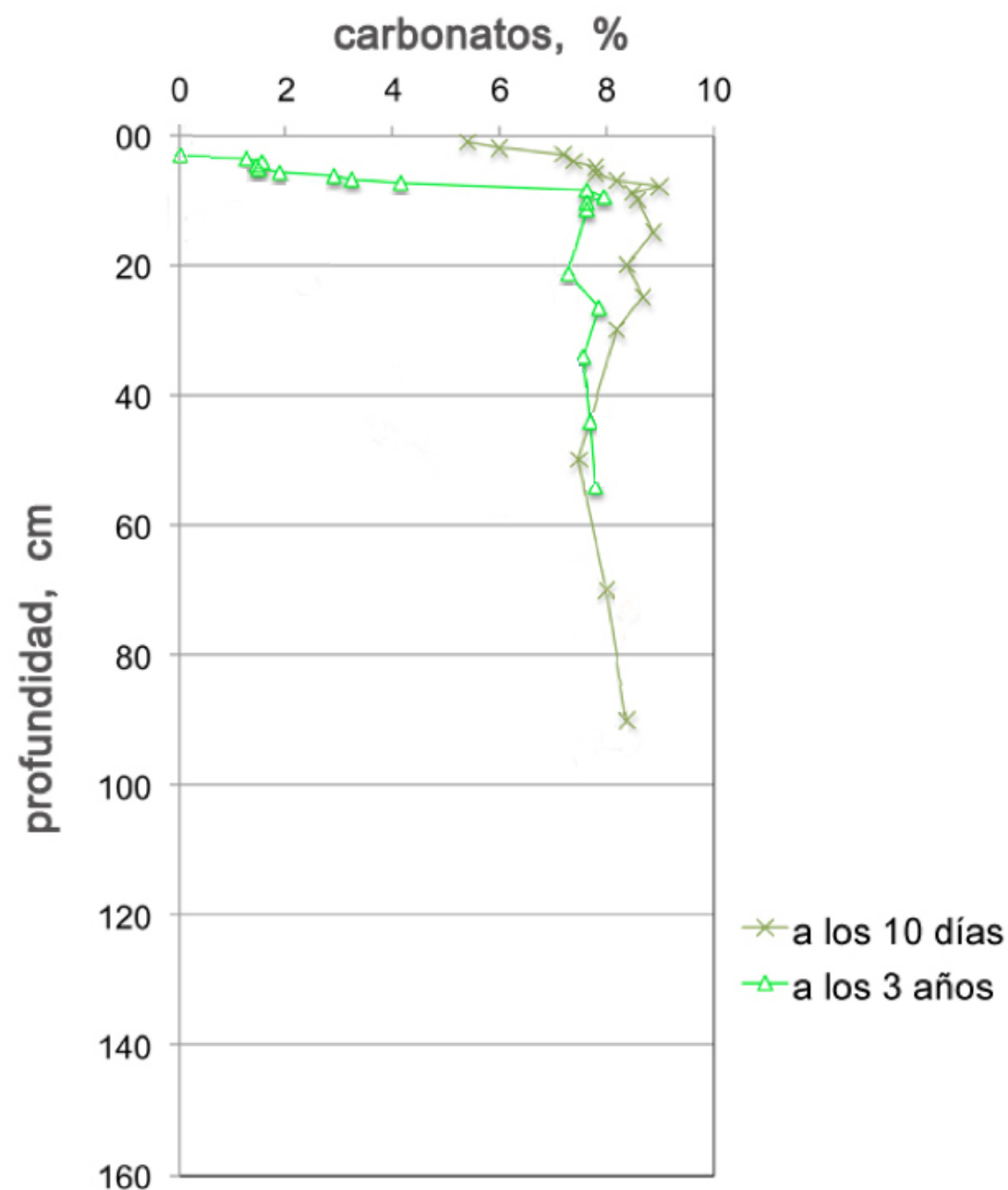
	Suelo no contaminado	2 meses	15 meses	4 años
carbonatos	15%	5%	0%	0%



Alteración

alteración de los minerales originales del suelo, horizonte más superficial de la capa roja

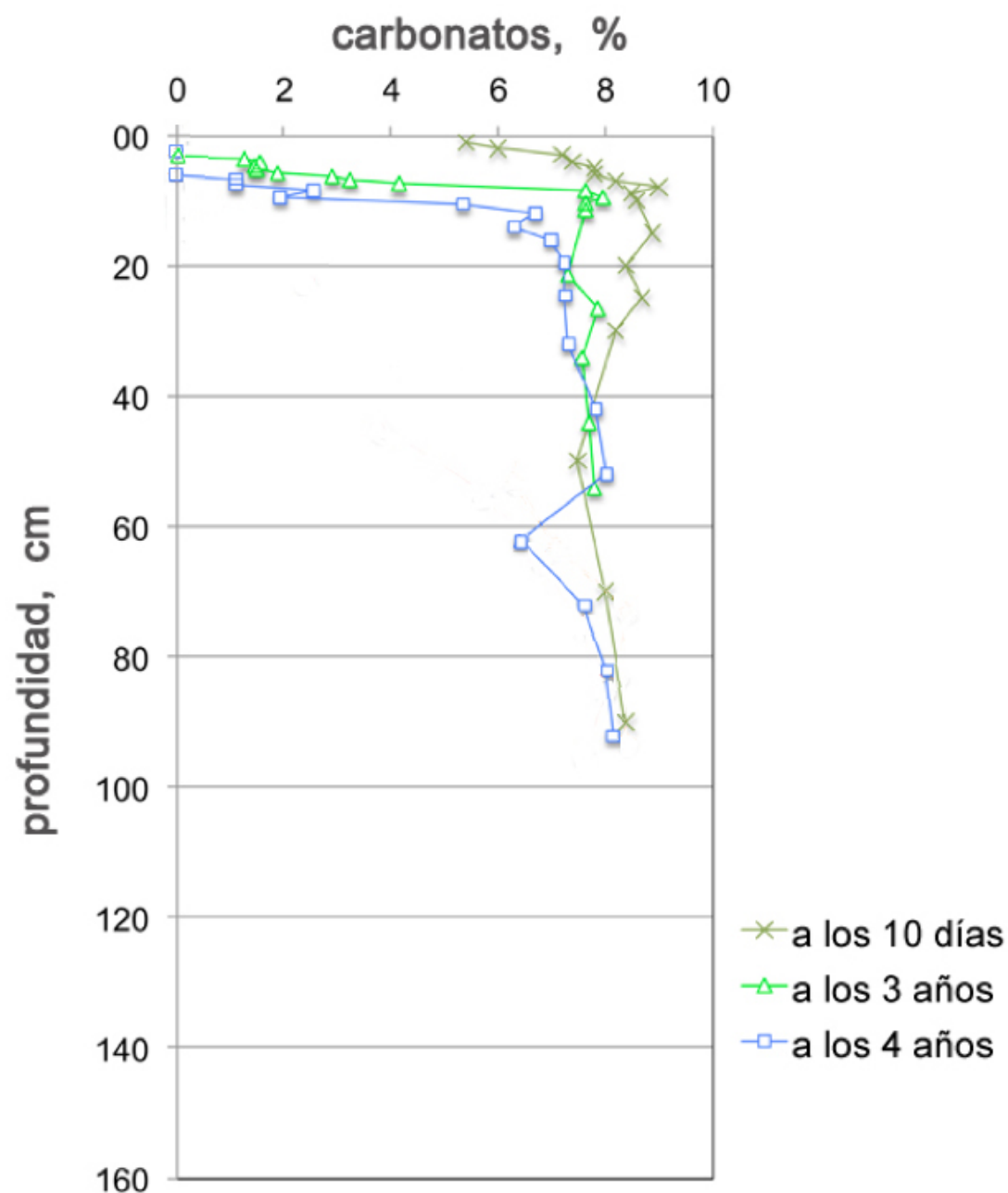
	Suelo no contaminado	2 meses	15 meses	4 años
carbonatos	15%	5%	0%	0%



Alteración

alteración de los minerales originales del suelo, horizonte más superficial de la capa roja

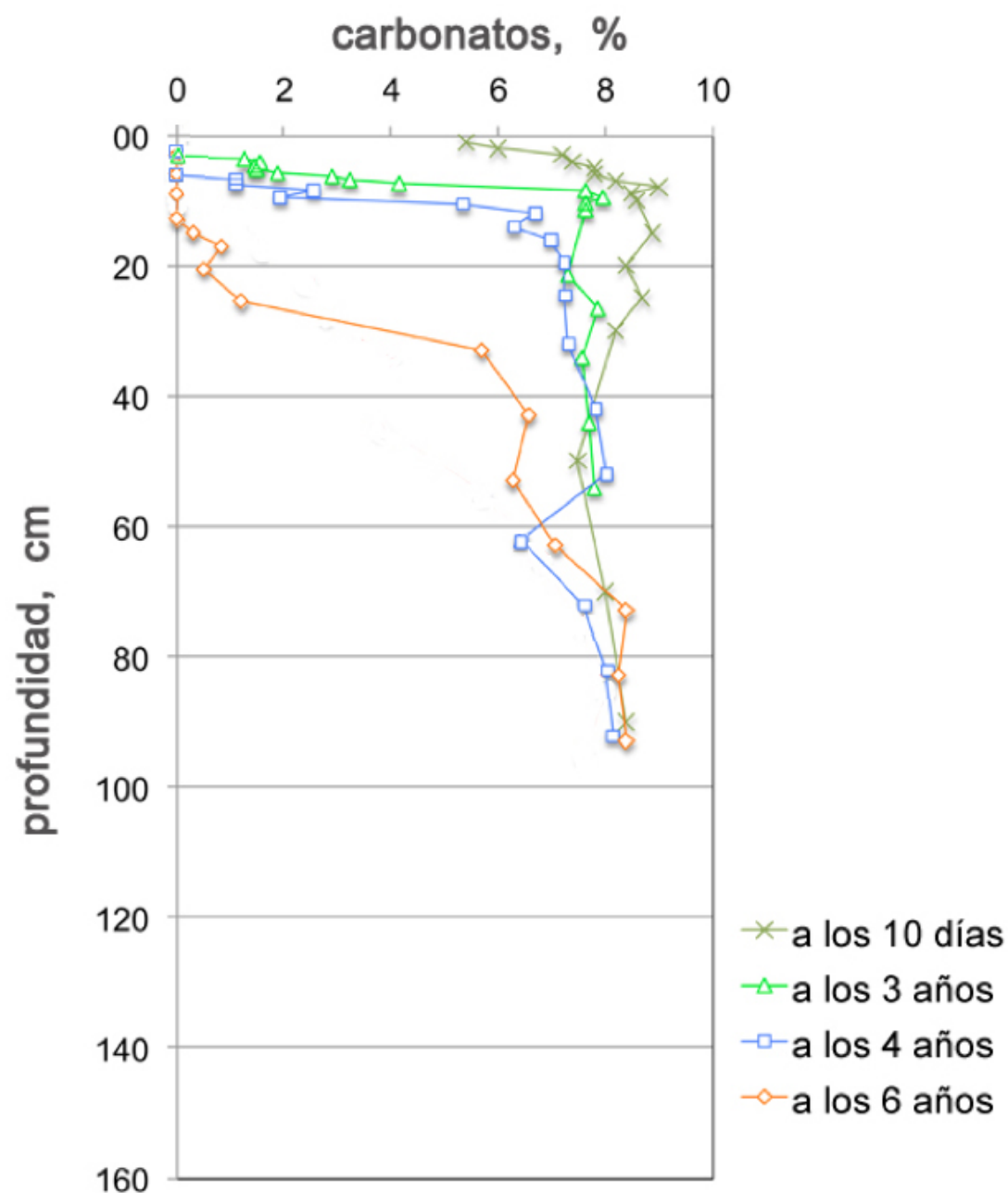
	Suelo no contaminado	2 meses	15 meses	4 años
carbonatos	15%	5%	0%	0%



Alteración

alteración de los minerales originales del suelo, horizonte más superficial de la capa roja

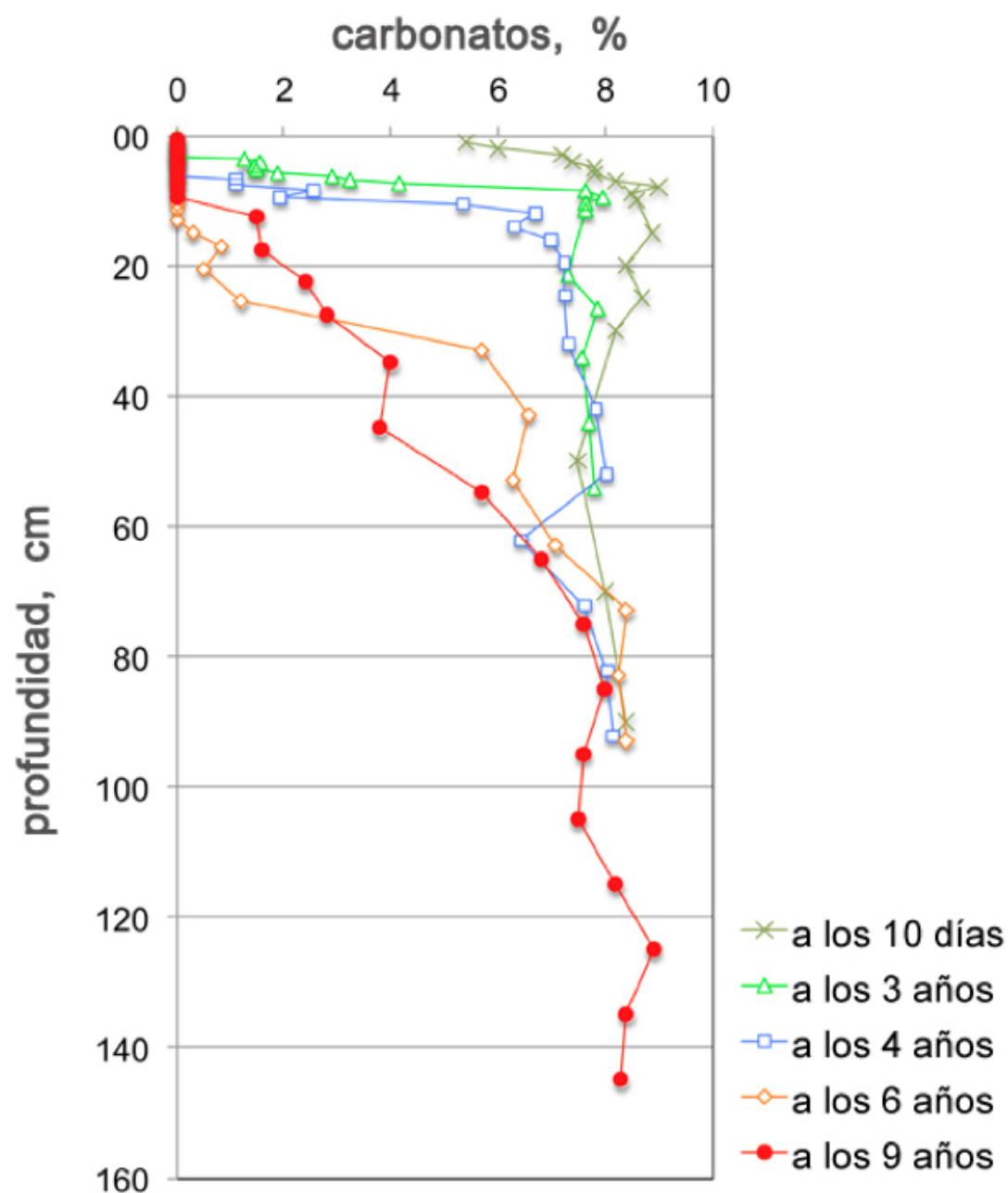
	Suelo no contaminado	2 meses	15 meses	4 años
carbonatos	15%	5%	0%	0%



Alteración

alteración de los minerales originales del suelo, horizonte más superficial de la capa roja

	Suelo no contaminado	2 meses	15 meses	4 años
carbonatos	15%	5%	0%	0%



- Alteración

alteración de los minerales originales del suelo
horizonte más superficial de la capa roja

	Suelo no contaminado	2 meses	15 meses	4 años
Carbonatos	15%	5%	0%	0%
Feldespatos	20%	20%	15%	10%
Filosilicatos	20%	20%	20%	10%
Cuarzo	45%	45%	45%	50%

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

● Alteración

Neoformación mineral

hidroxisulfatos y oxihidróxidos Fe (Ca , K)



suelo con carbonatos

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Alteración

**Neoformación
mineral**

hidroxisulfatos y oxihidróxidos Fe (Ca , K)



suelo con carbonatos

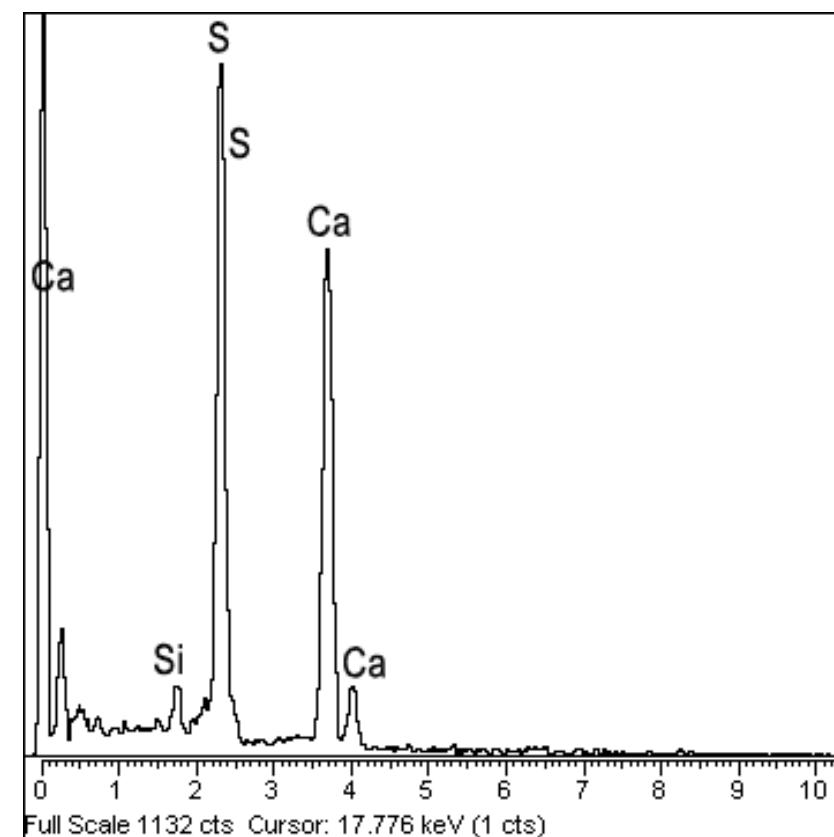
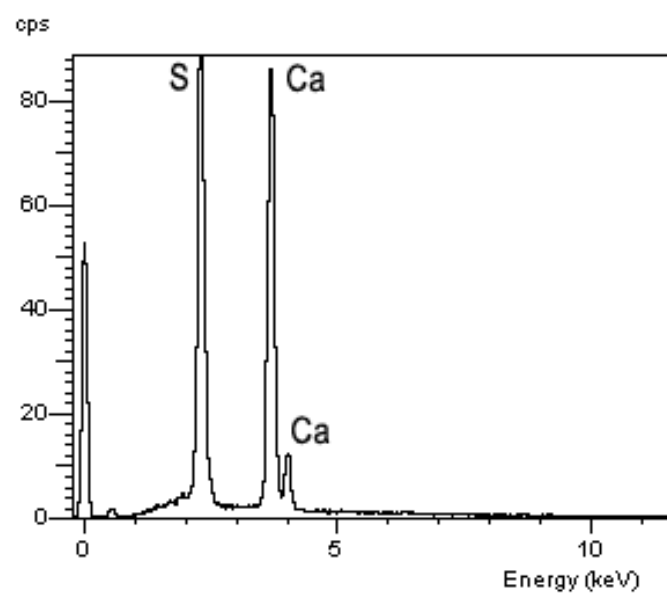
Alteración

Neoformación mineral

hidroxisulfatos y oxihidróxidos Fe (Ca, K)



suelo con carbonatos



SEM-EDX

Alteración

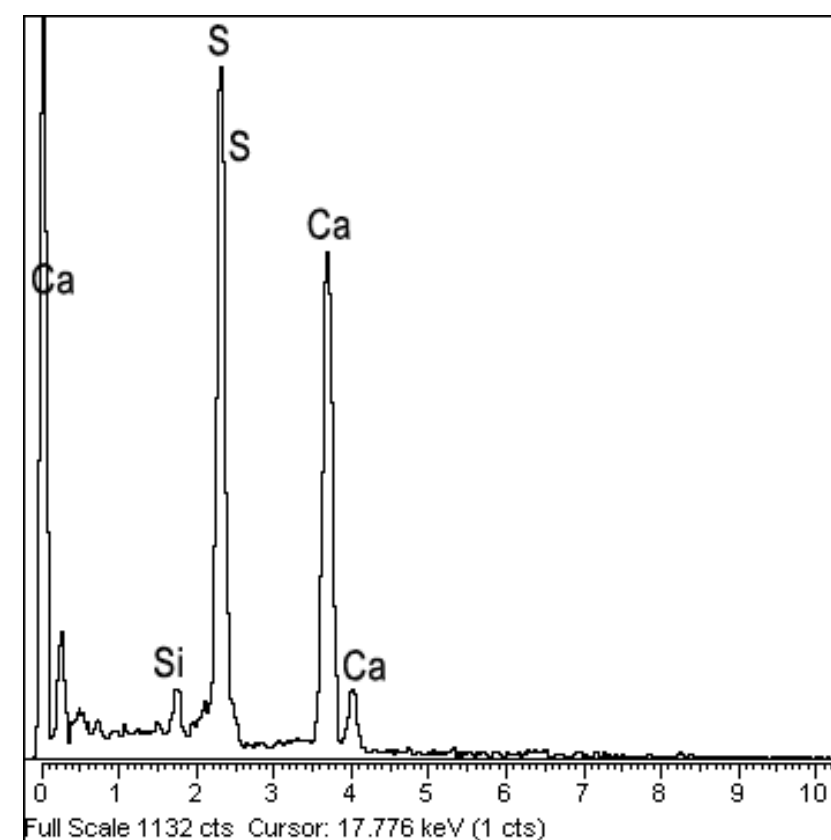
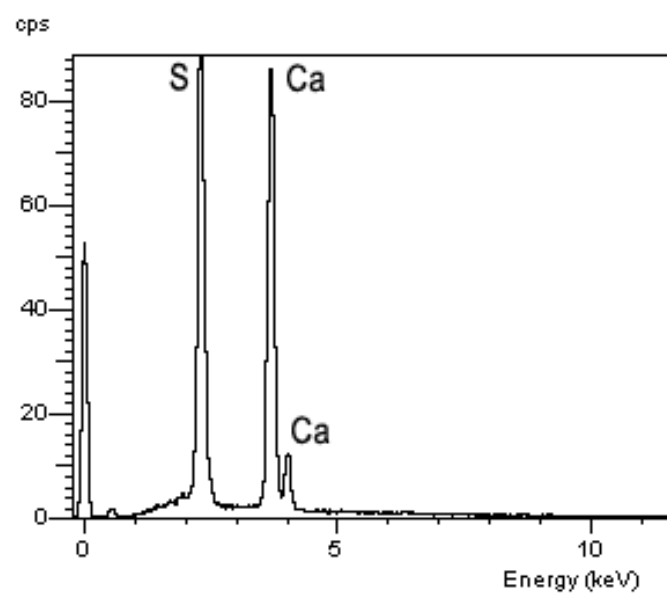
Neoformación mineral

hidroxisulfatos y oxihidróxidos Fe (Ca, K)



yeso

suelo con carbonatos



SEM-EDX



Alteración

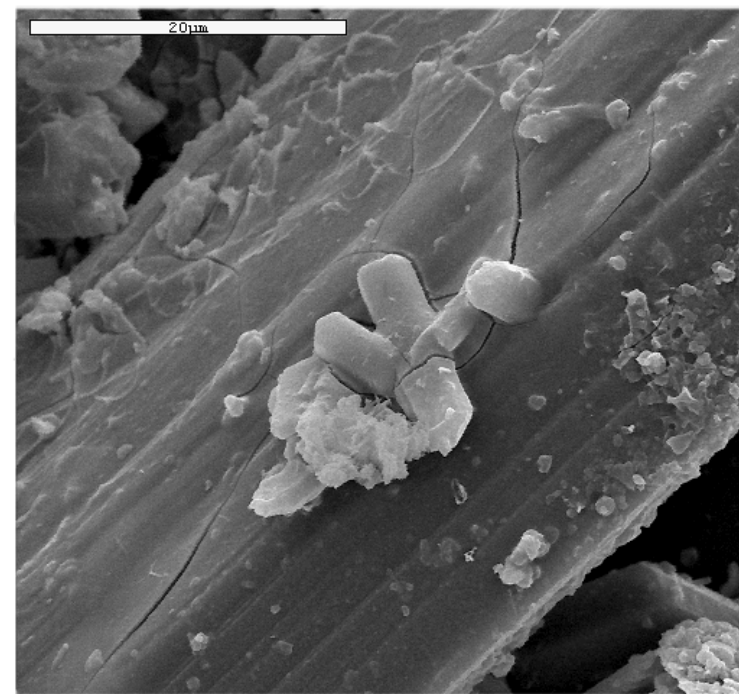
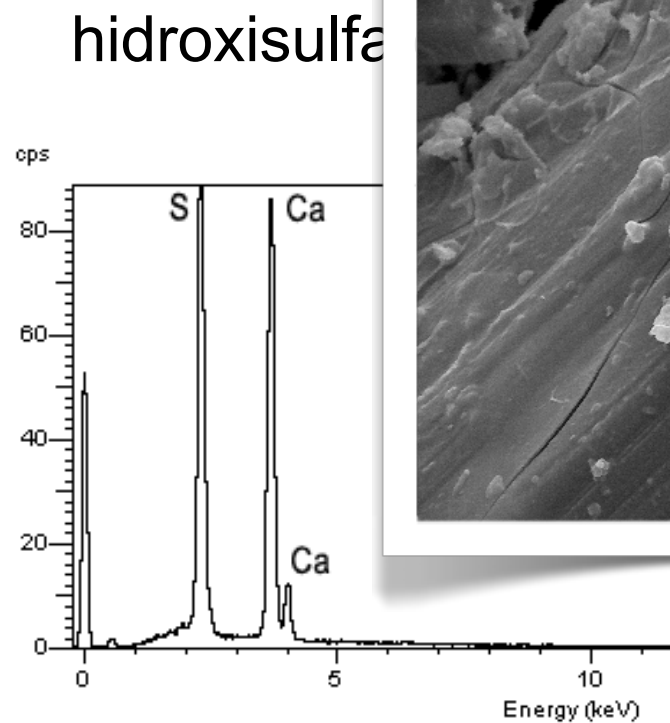
Neoformación mineral



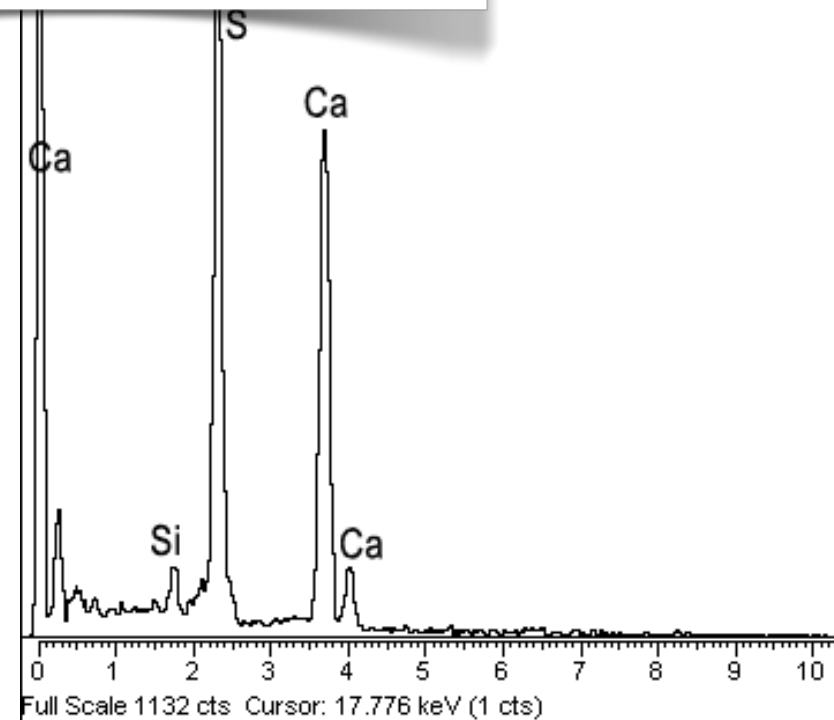
suelo con carbonatos



yeso



K)



SEM-EDX



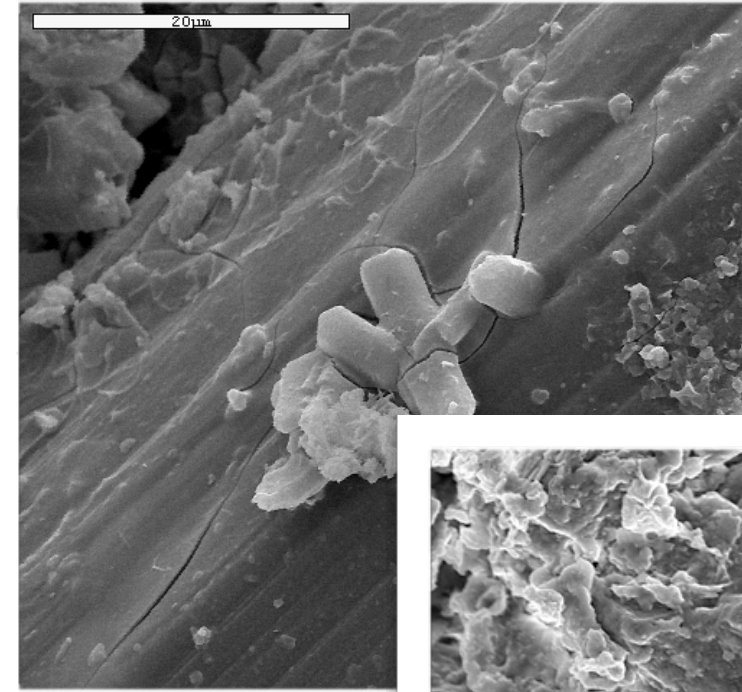
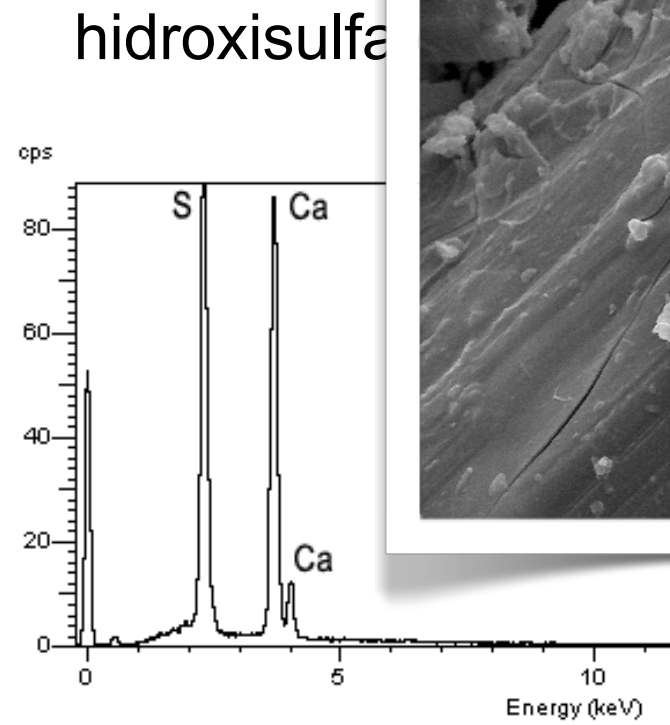
Alteración Neoformación mineral



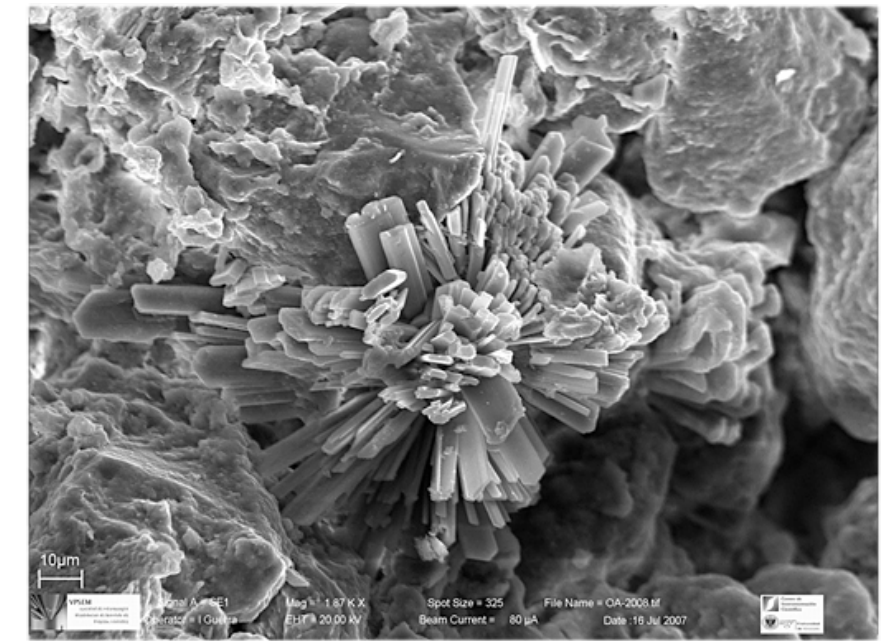
suelo con carbonatos



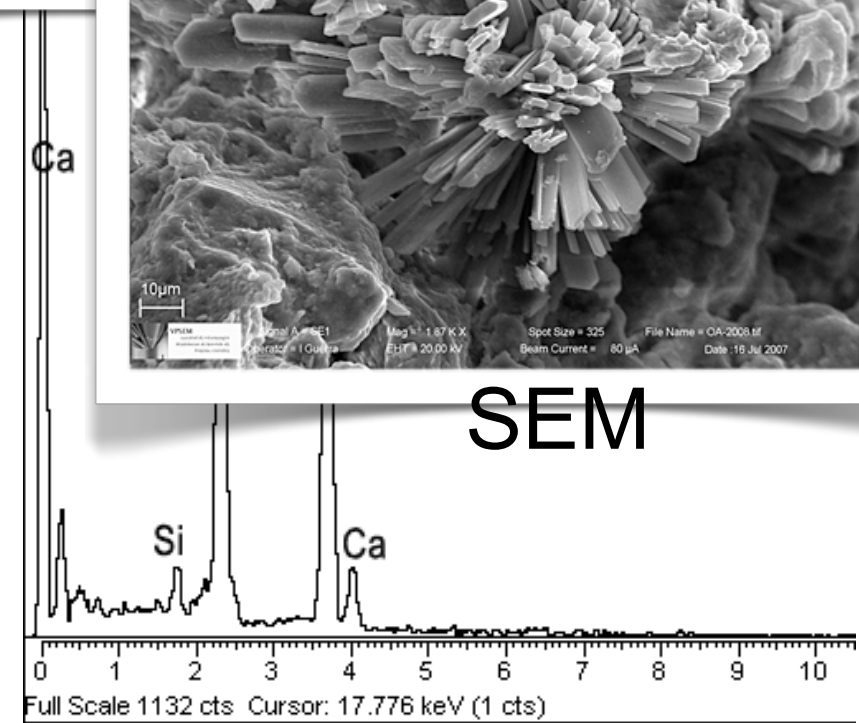
yeso



K)



SEM



SEM-EDX

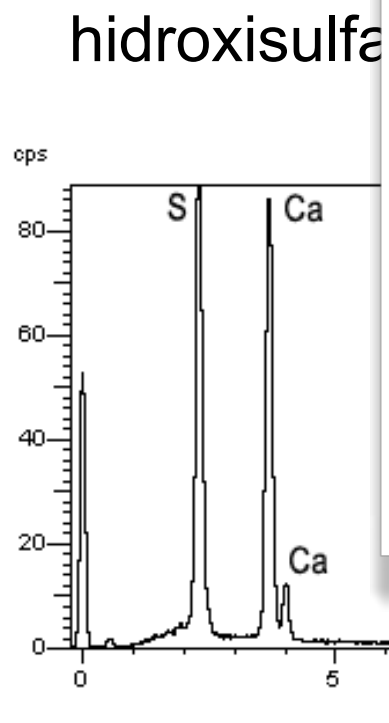
Alteración Neoformación mineral



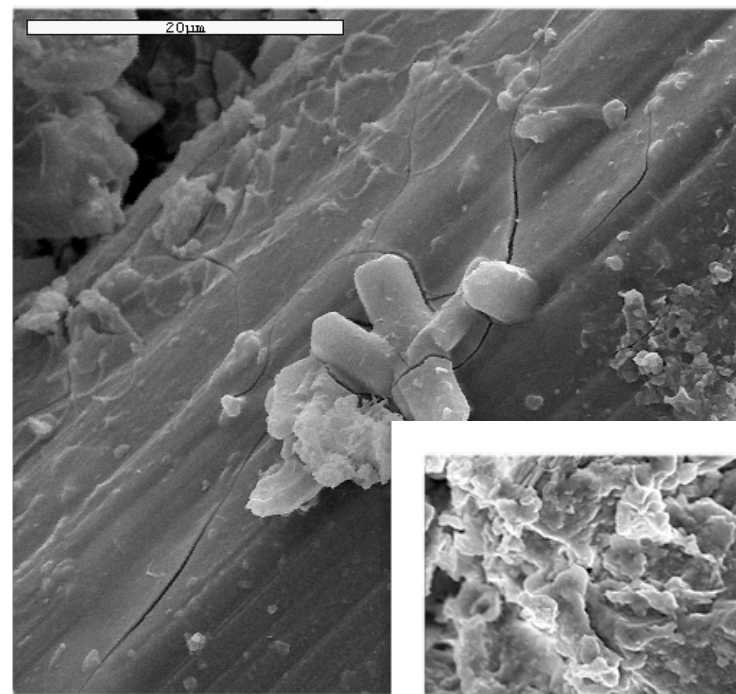
suelo con carbonatos



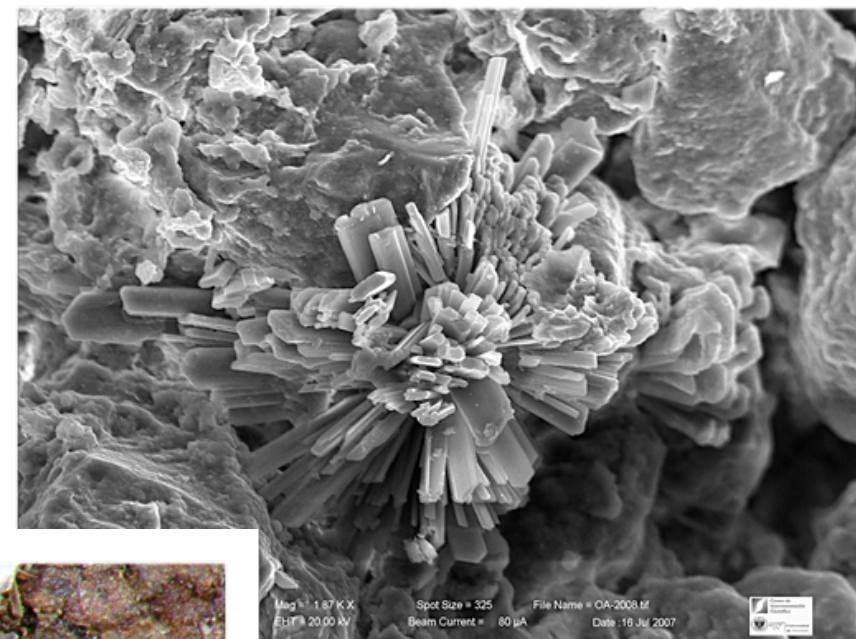
yeso



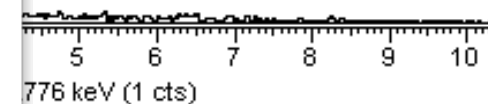
lupa binocular



K)



SEM



SEM-EDX

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

Alteración

Neoformación
mineral

Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



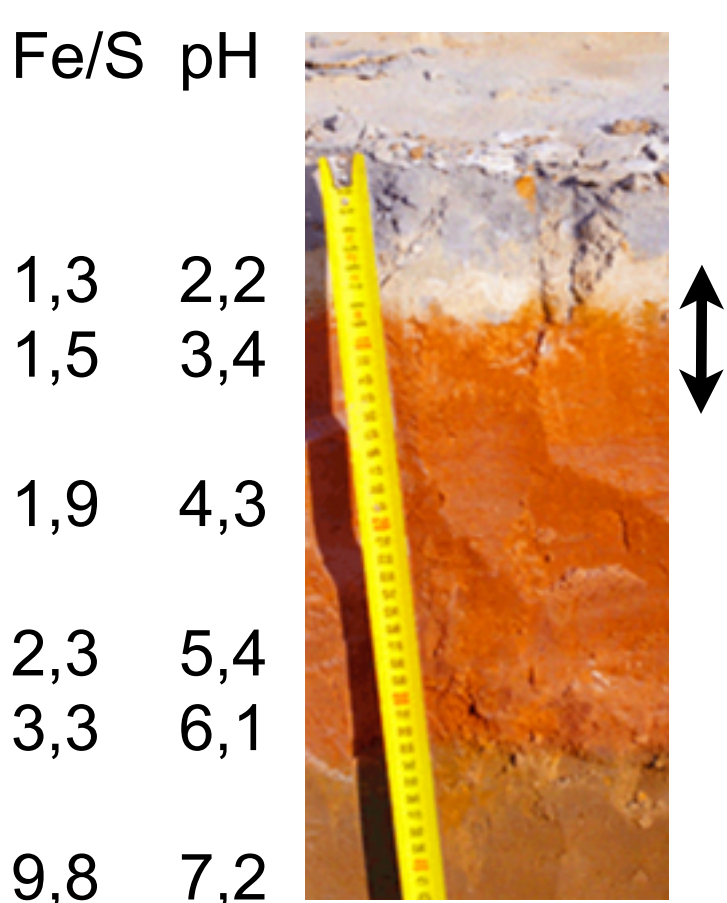
suelo con carbonatos

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

● Alteración

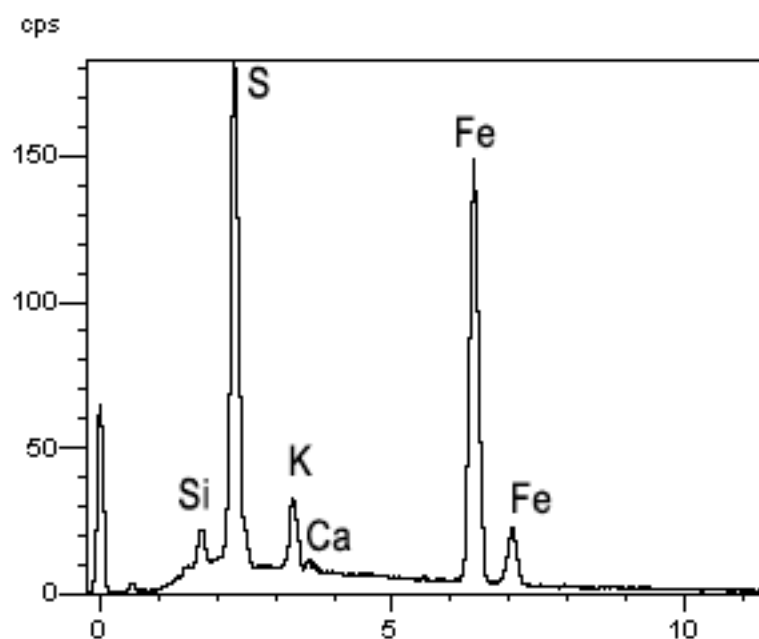
Neoformación mineral



suelo con carbonatos

● Alteración

Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



**Neoformación
mineral**

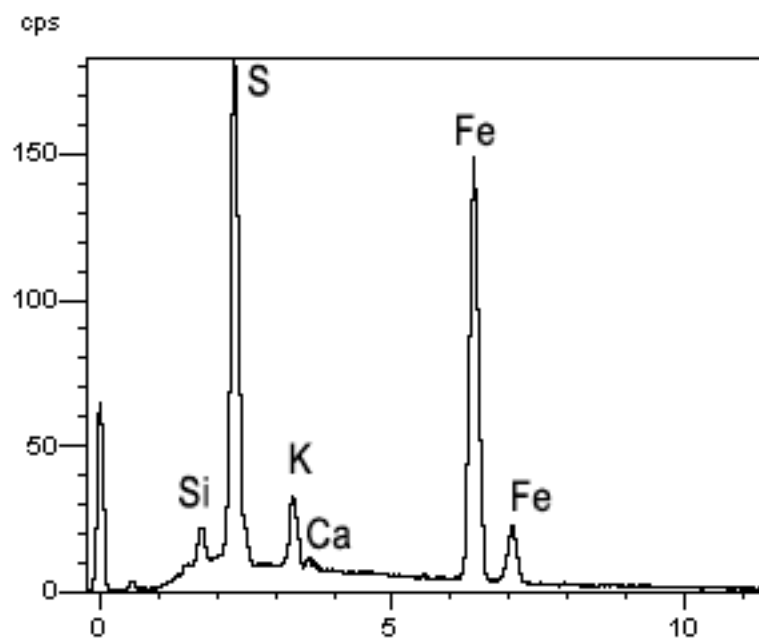
suelo con carbonatos

Alteración

Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



↕ jarosita



Neoformación
mineral

suelo con carbonatos

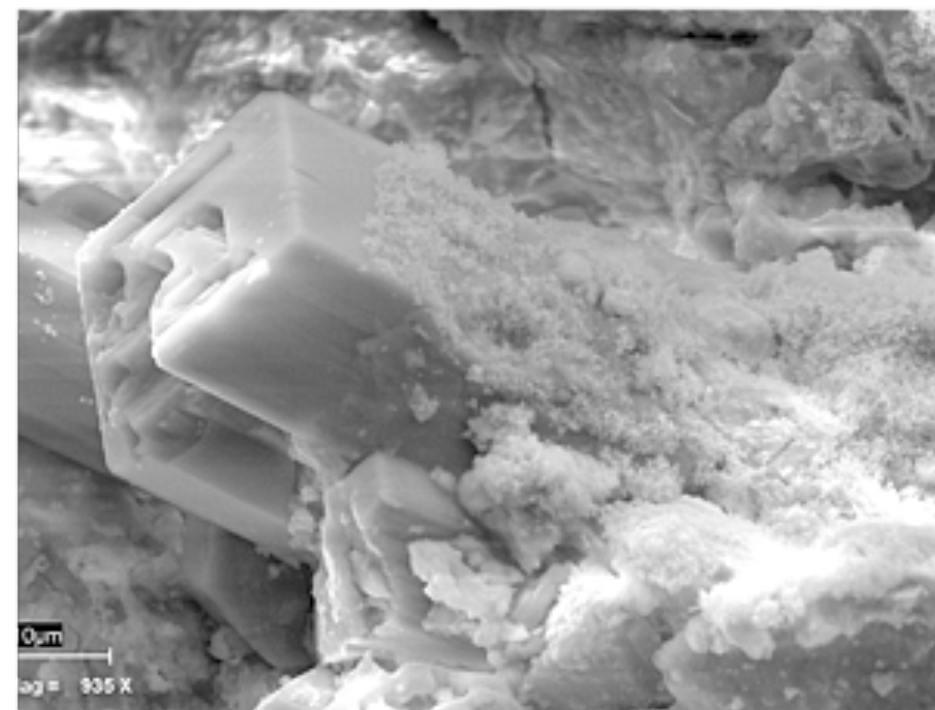
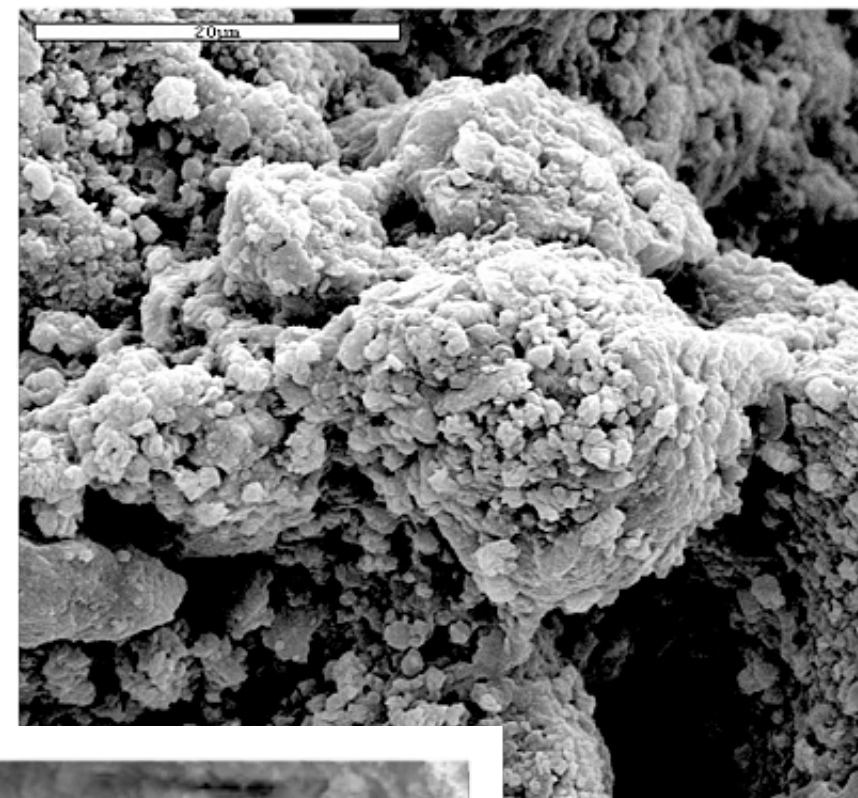
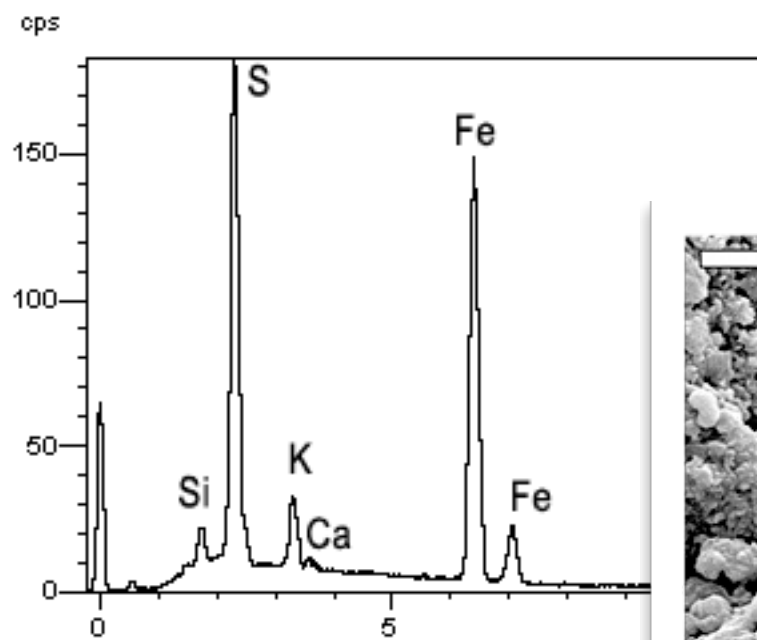
Alteración

Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



suelo con carbonatos

↕ jarosita



Neoformación mineral

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

● Alteración

Neoformación mineral

Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



suelo con carbonatos

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

● Alteración

Neoformación mineral

Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



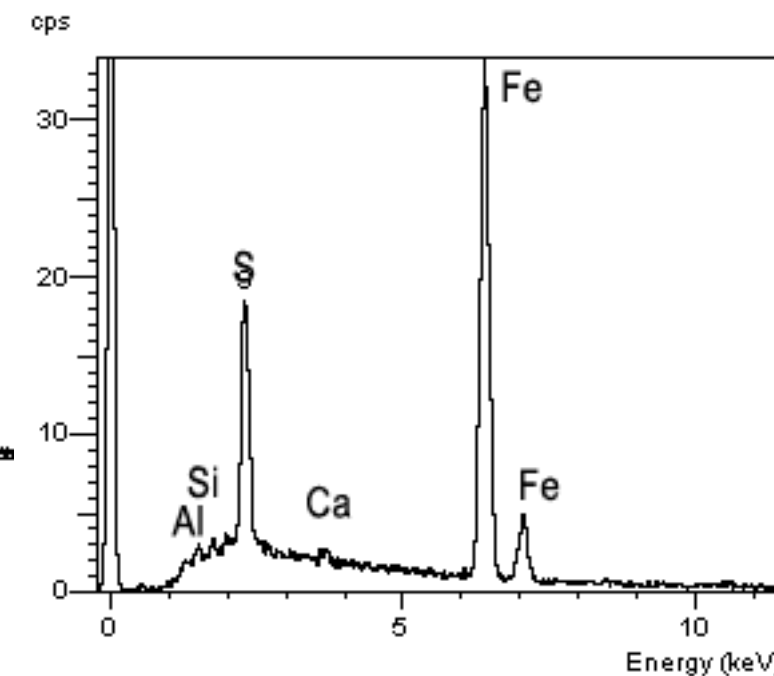
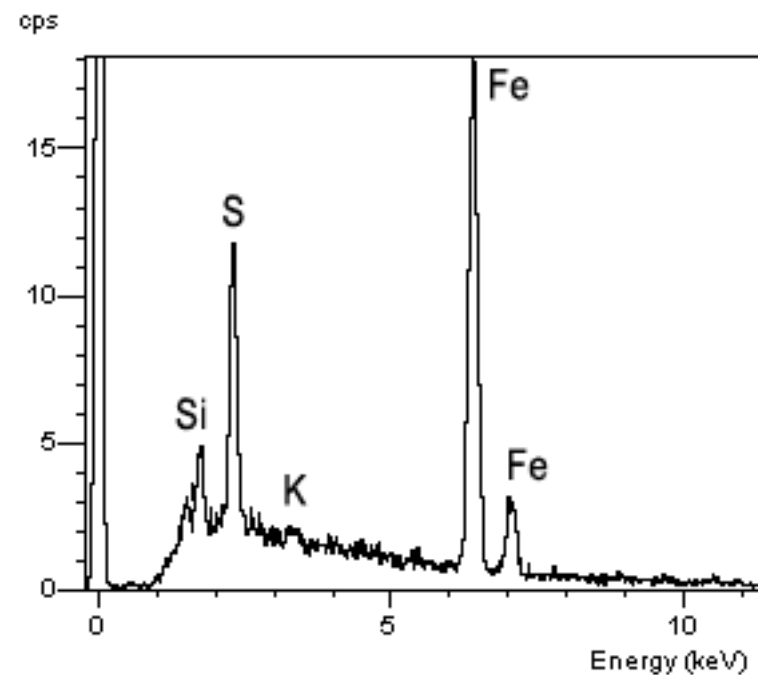
suelo con carbonatos

Alteración

Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



suelo con carbonatos



Neoformación mineral

Alteración

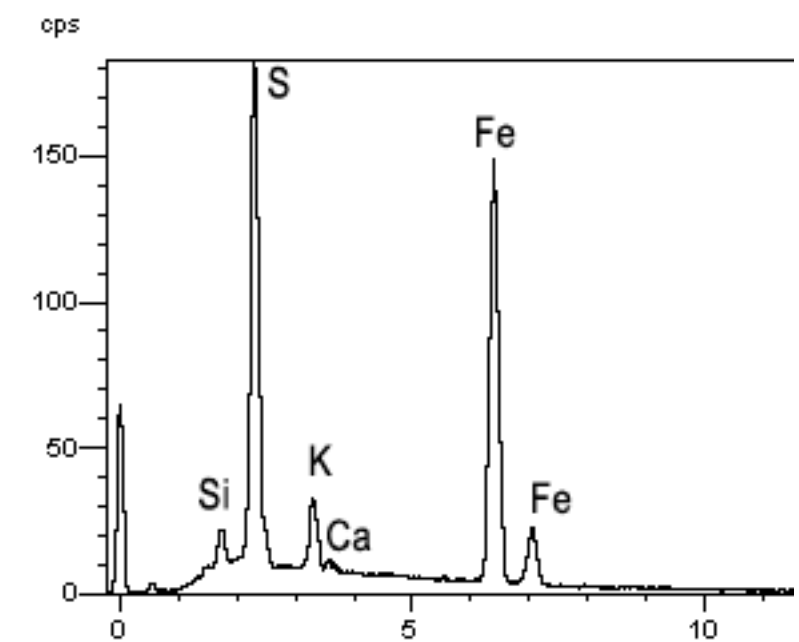
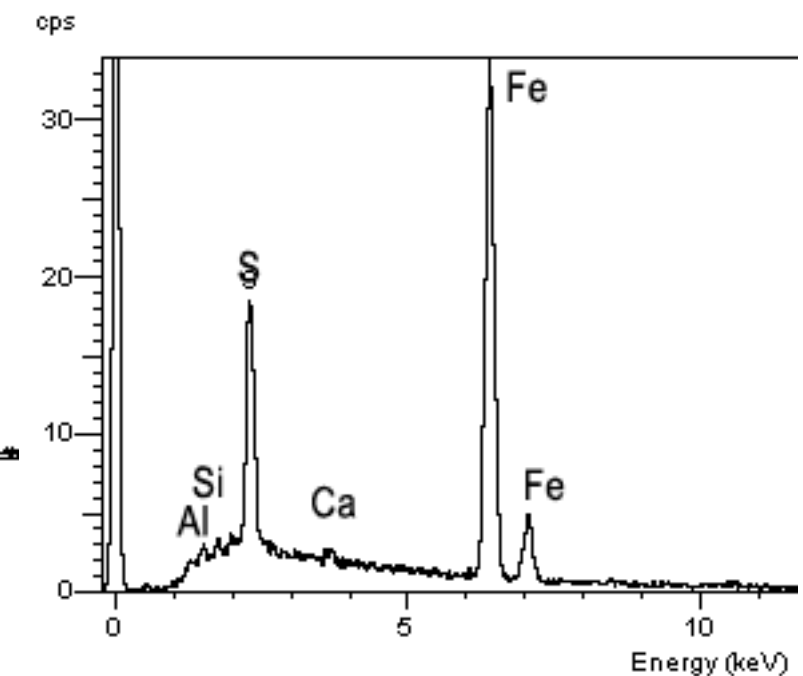
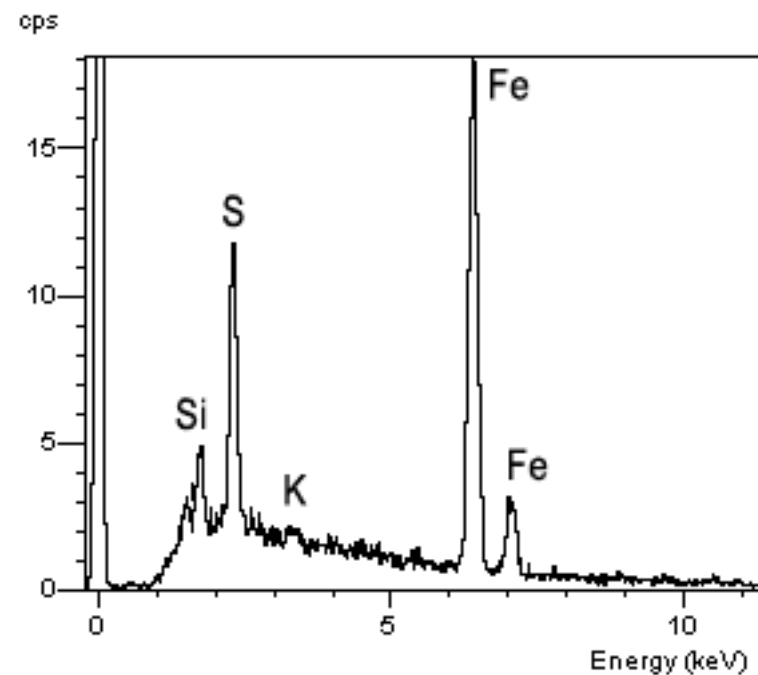
Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



suelo con carbonatos



Neoformación mineral



jarosita

Alteración

Neoformación mineral

Fe/S pH

1,3 2,2

1,5 3,4

1,9 4,3

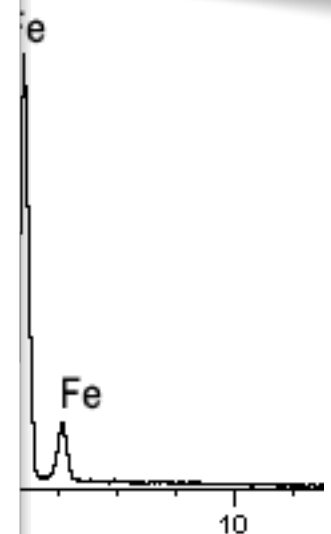
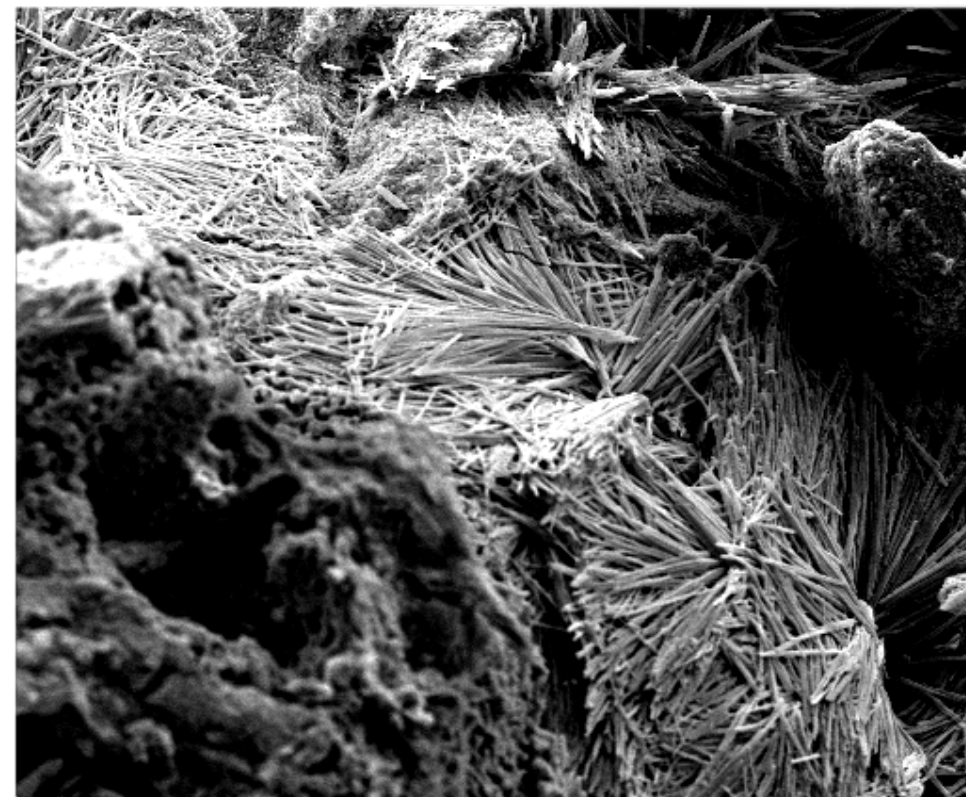
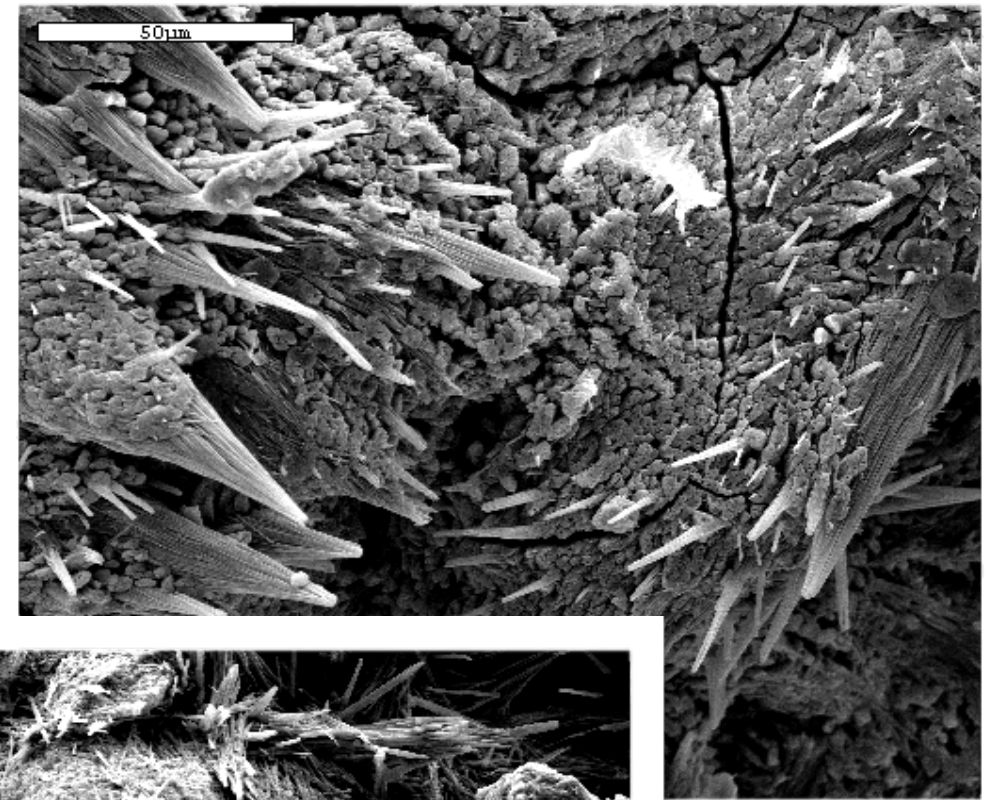
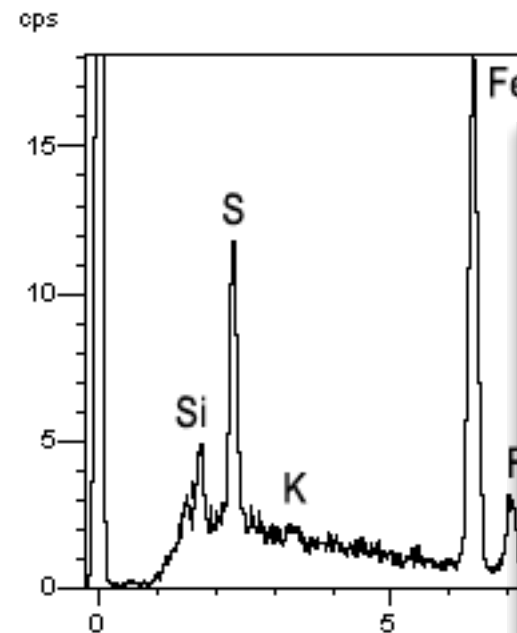
2,3 5,4

3,3 6,1

9,8 7,2



suelo con carbonatos



osita

Alteración

Neoformación mineral

Fe/S pH

1,3 2,2

1,5 3,4

1,9 4,3

2,3 5,4

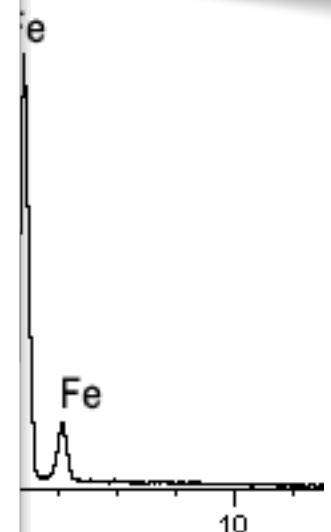
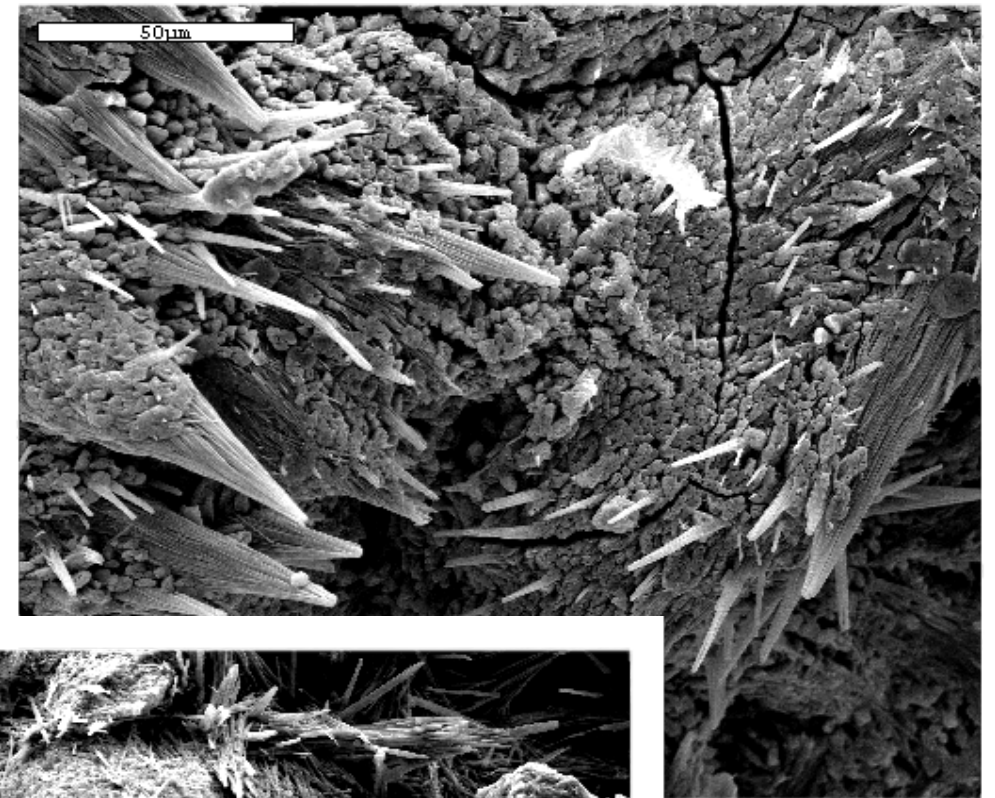
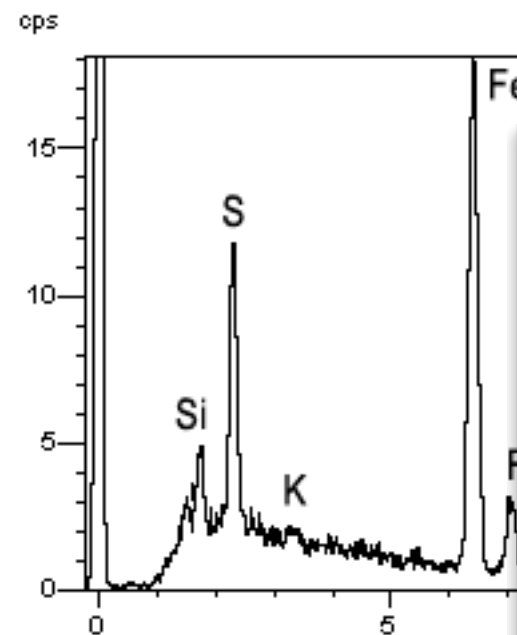
3,3 6,1

9,8 7,2



suelo con carbonatos

fibroferrita ?



osita

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

● Alteración

Neoformación
mineral

Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



suelo con carbonatos

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

Alteración

Neoformación mineral

Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



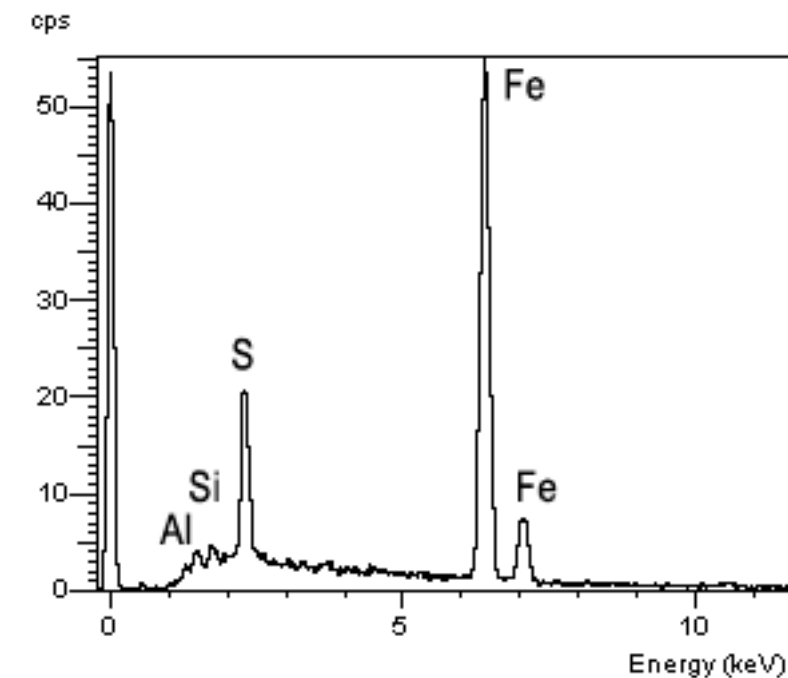
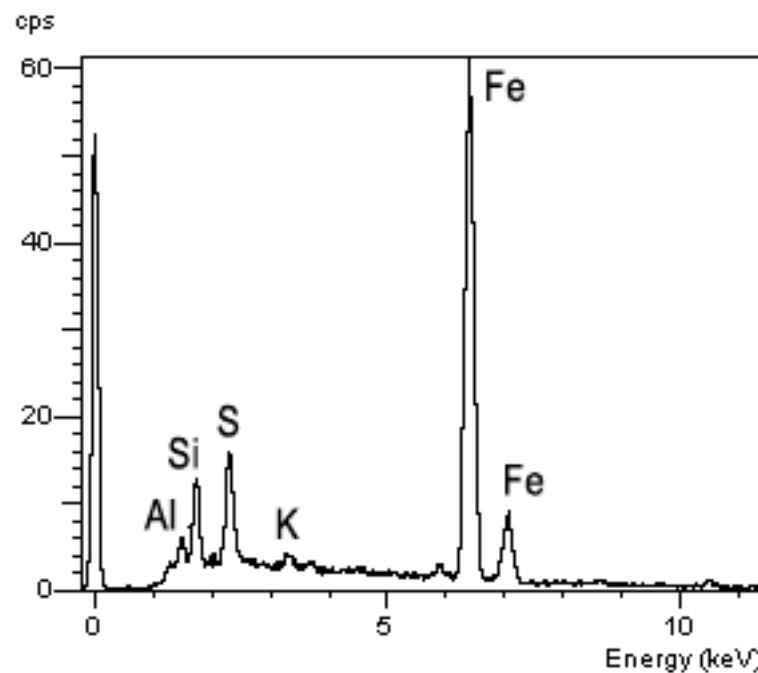
suelo con carbonatos

Alteración

Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



suelo con carbonatos



Neoformación mineral

Alteración

Fe/S pH

1,3 2,2

1,5 3,4

1,9 4,3

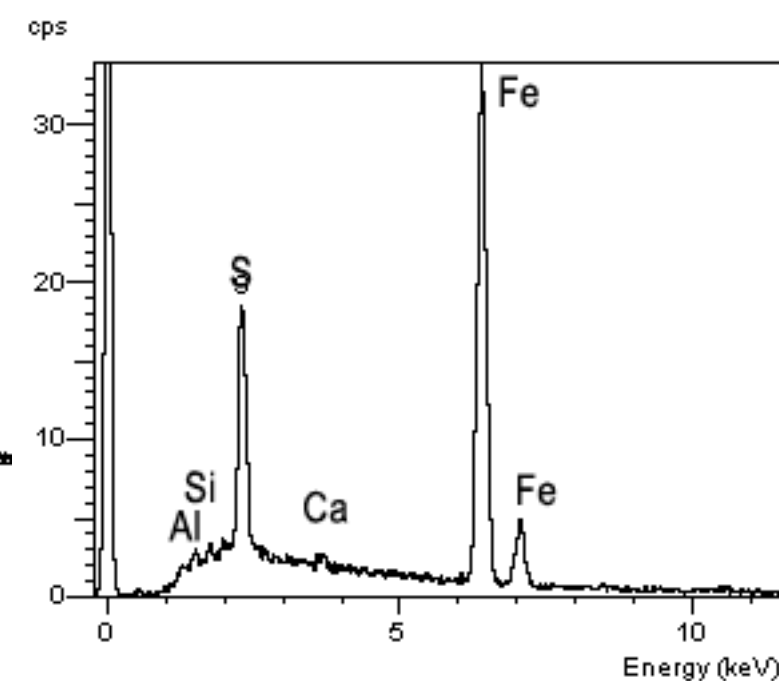
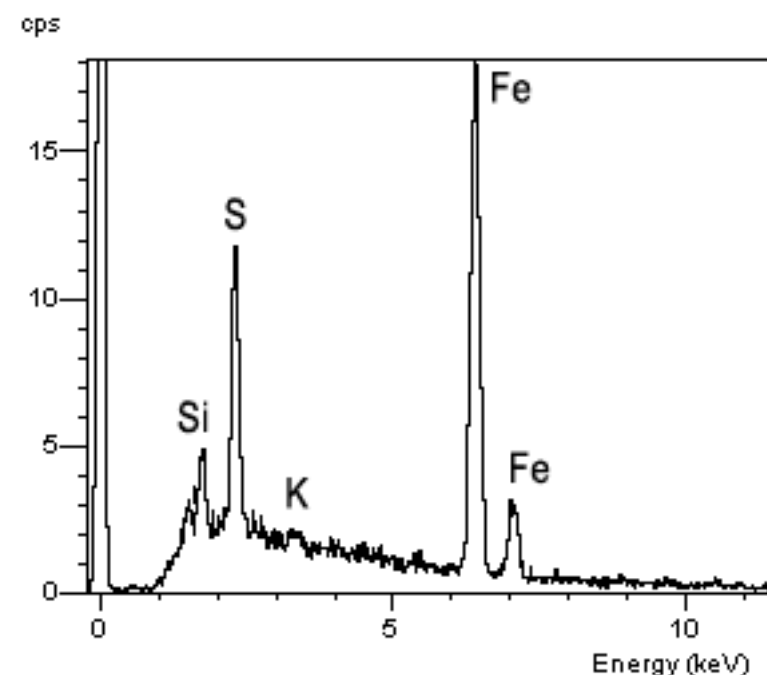
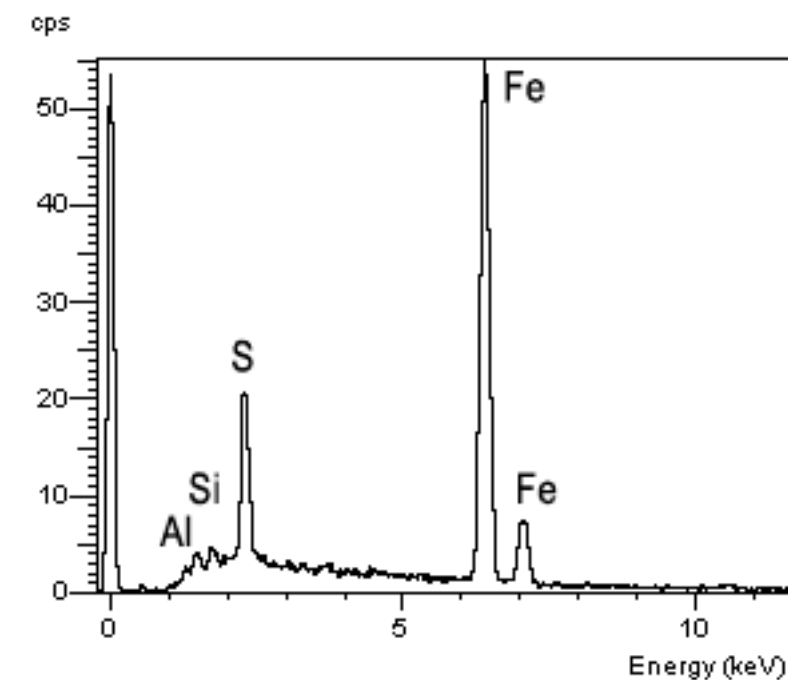
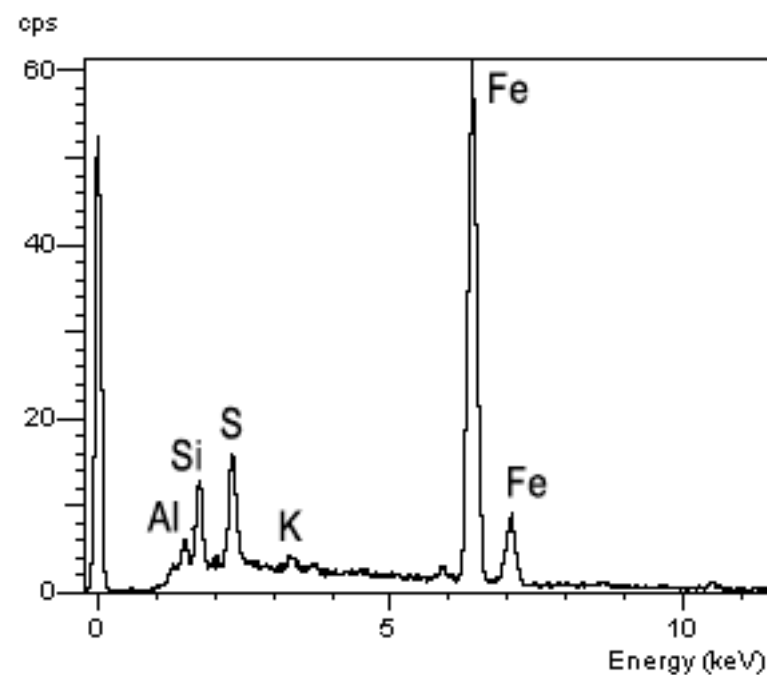
2,3 5,4

3,3 6,1

9,8 7,2



suelo con carbonatos



fibroferrita

Neoformación mineral

Alteración

Fe/S pH

1,3 2,2

1,5 3,4

1,9 4,3

2,3 5,4

3,3 6,1

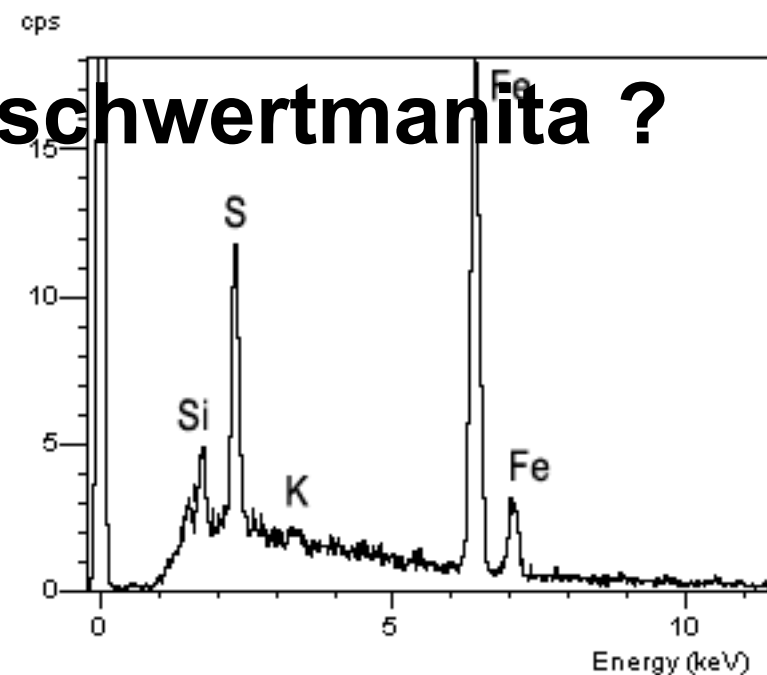
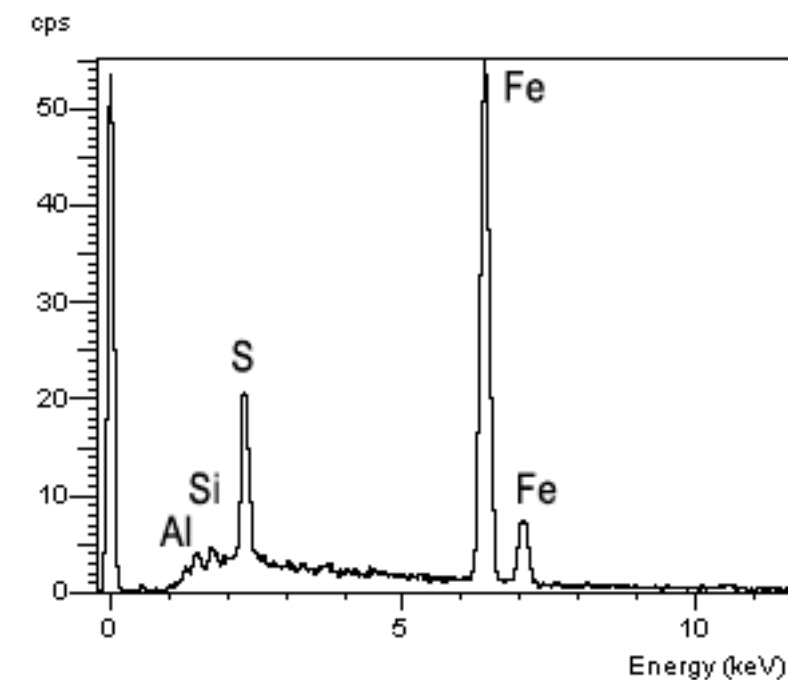
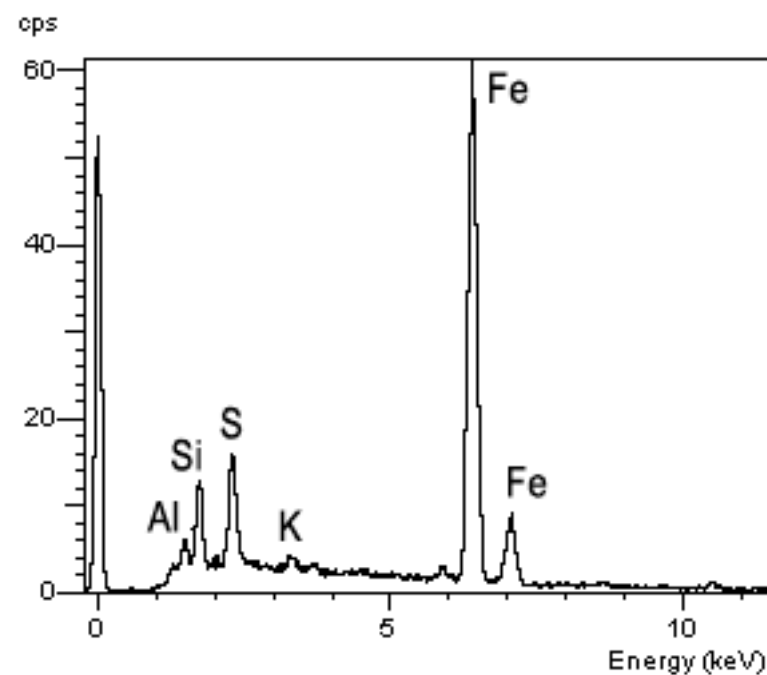
9,8 7,2



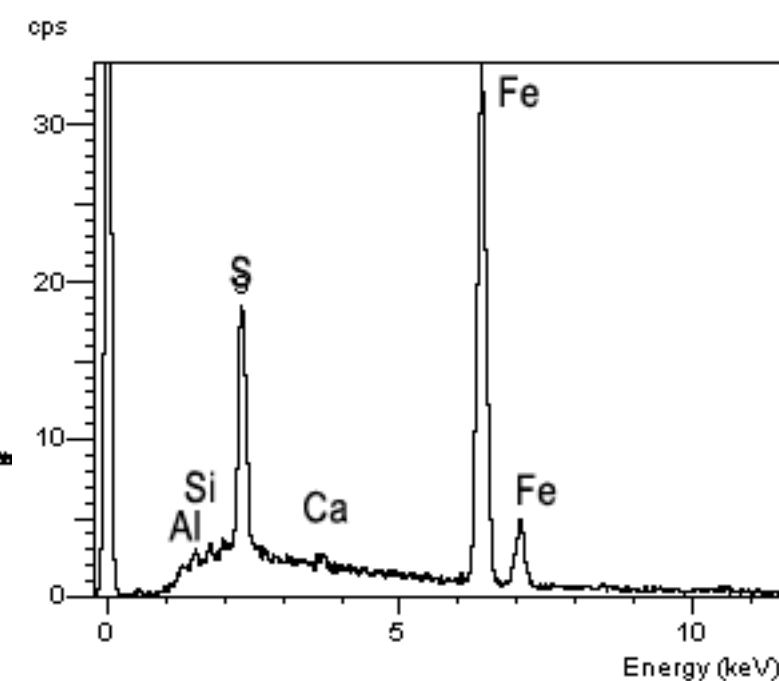
suelo con carbonatos



schwertmanita ?



fibroferrita



Neoformación mineral

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

● Alteración

Neoformación
mineral

Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



suelo con carbonatos

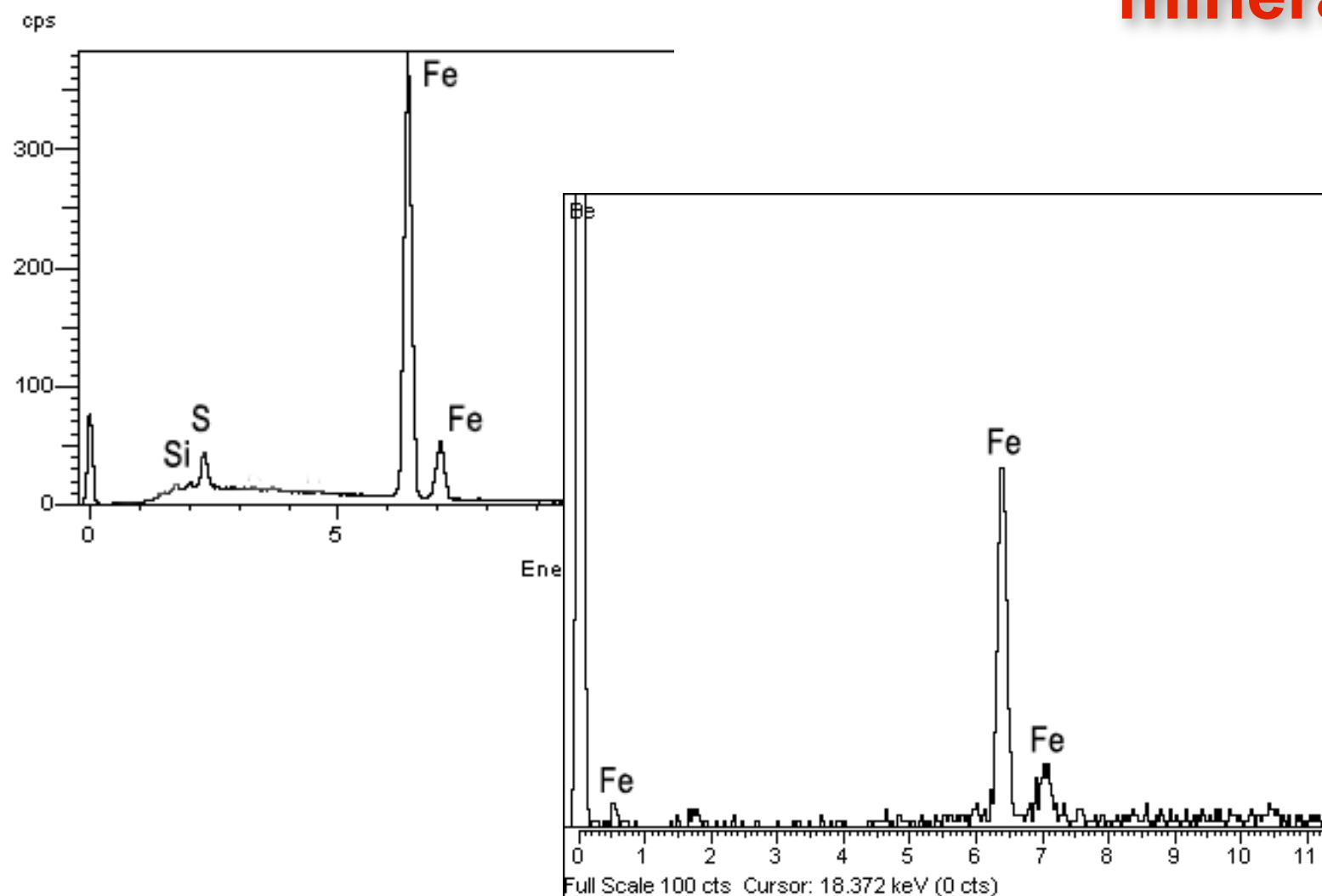
Alteración

Neoformación mineral

Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



suelo con carbonatos



Alteración

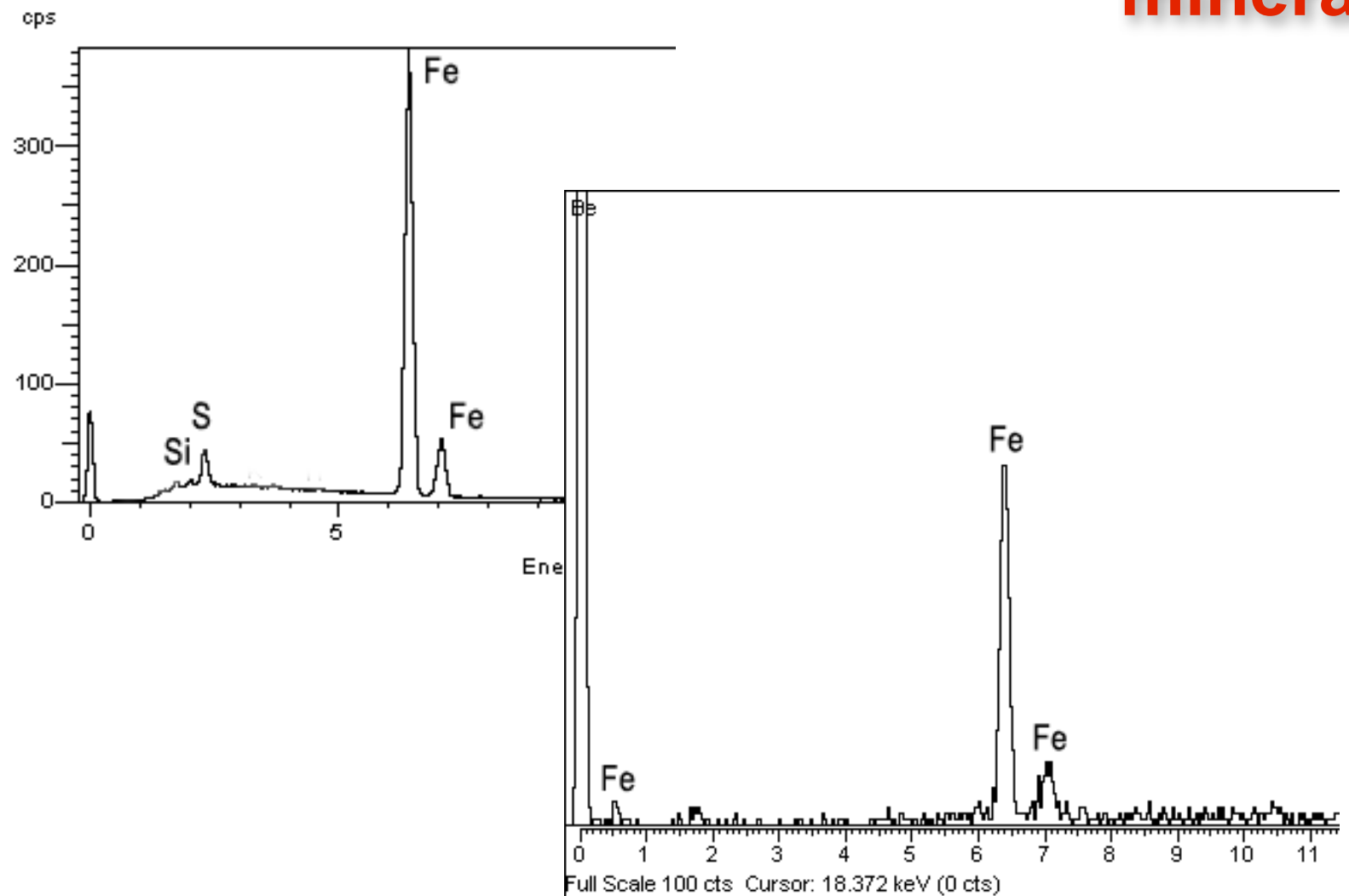
Neoformación mineral

Fe/S	pH
1,3	2,2
1,5	3,4
1,9	4,3
2,3	5,4
3,3	6,1
9,8	7,2



ferrihidrita, goethita, hematites

suelo con carbonatos



neofomados originales



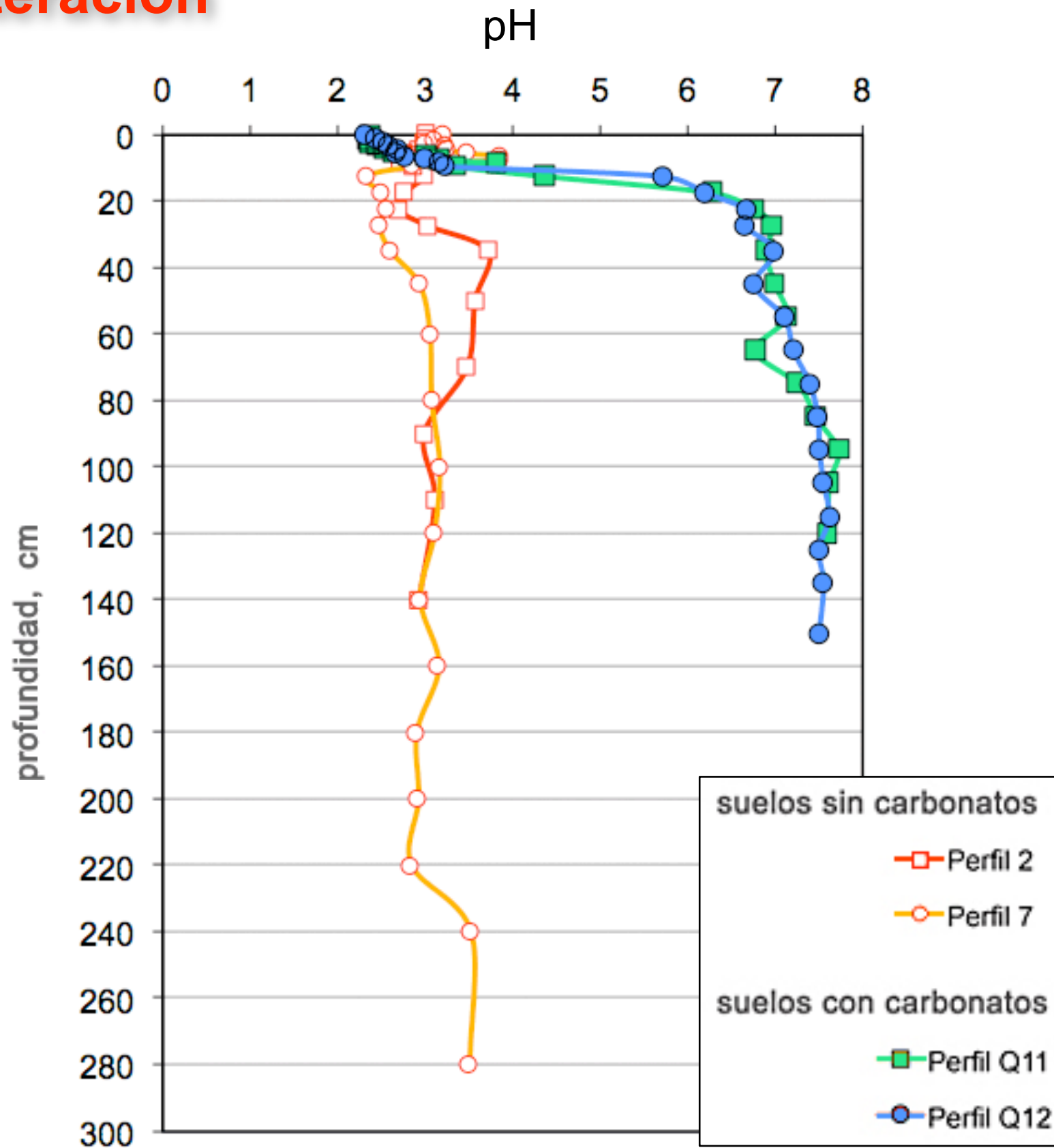
Alteración

	Suelo no contaminado	2 meses	15 meses	4 años
Cuarzo	45%	45%	45%	50%
Feldespatos	20%	20%	15%	10%
Filosilicatos	20%	20%	20%	10%
Carbonatos	15%	5%	0%	0%
Yeso	0%	5%	10%	15%
Jarosita	0%	0%	5%	15%
oxihidróxisulfatos de Fe	—	—	n. d.	n. d.
oxihidróxidos de Fe	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.

n. d. = porcentaje no determinado



Alteración

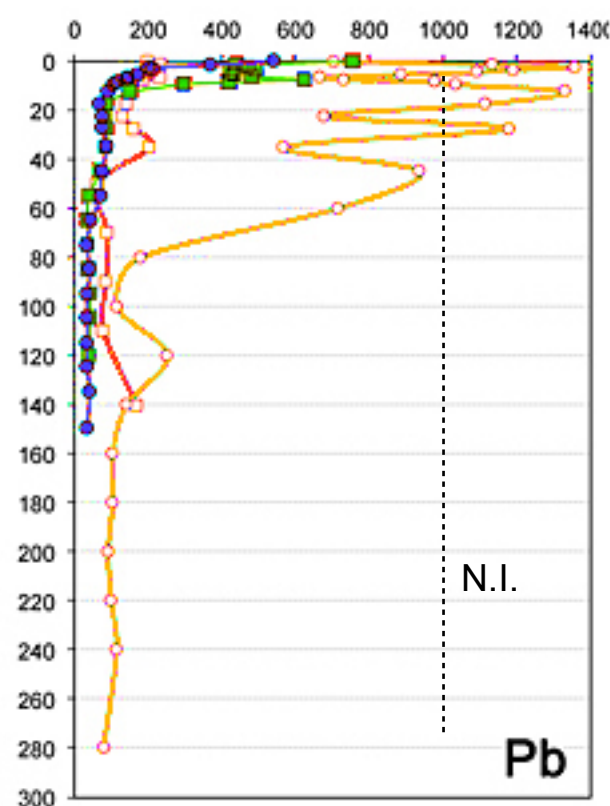
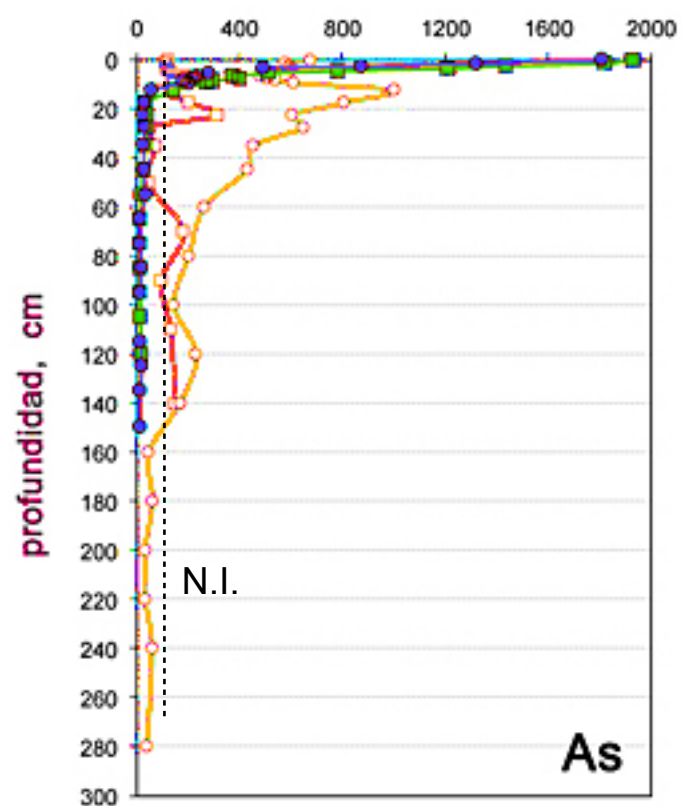
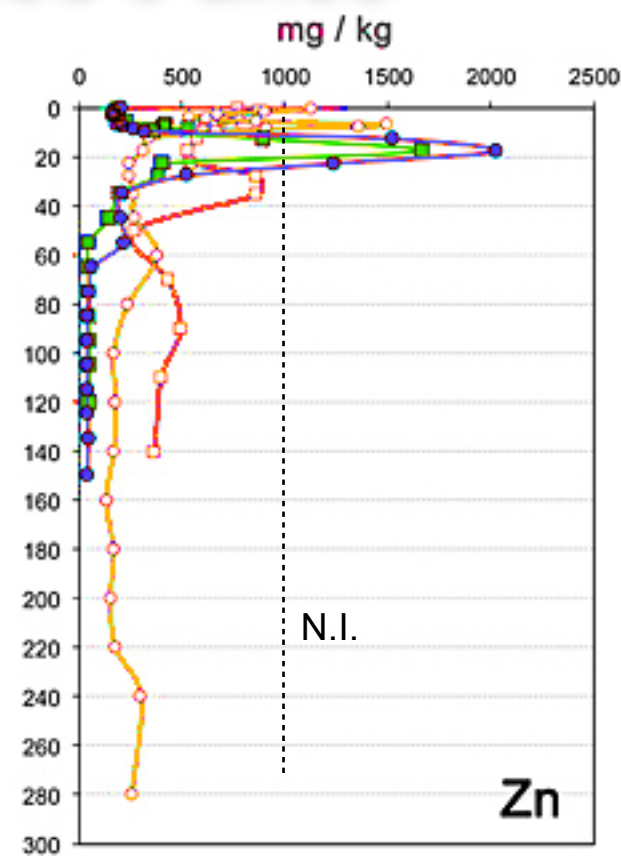
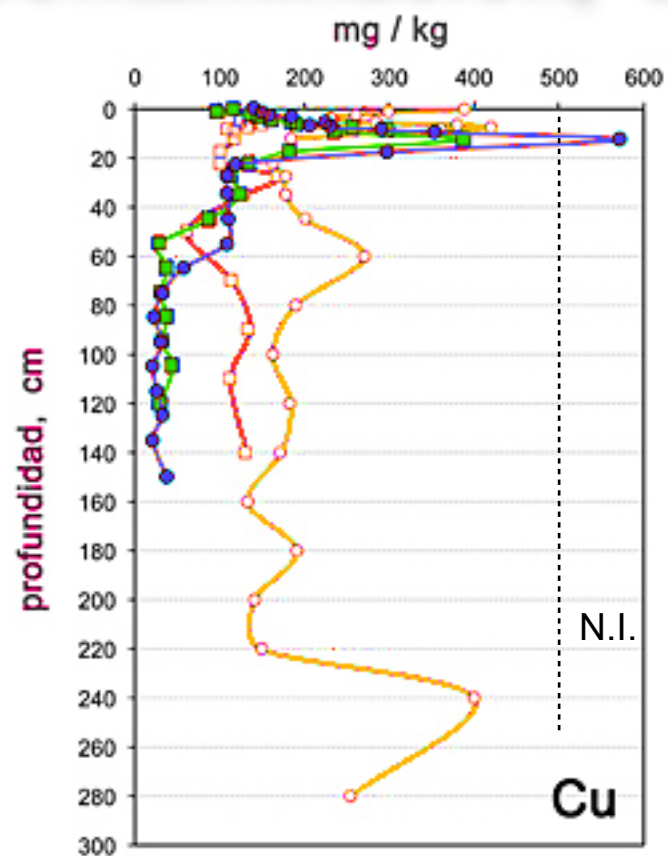


a los 9 años



Contaminación, a los 9 años

pH



suelos sin carbonatos

—□— Perfil 2

—○— Perfil 7

suelos con carbonatos

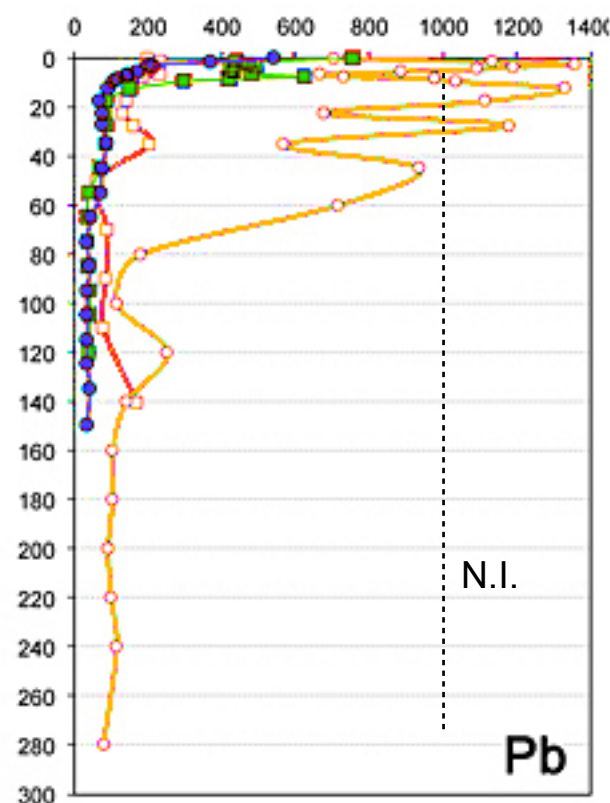
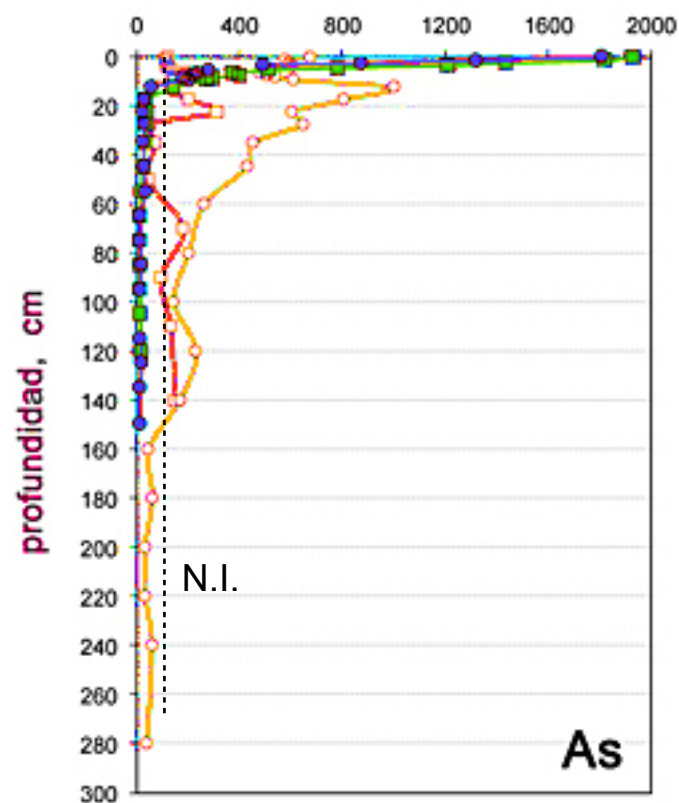
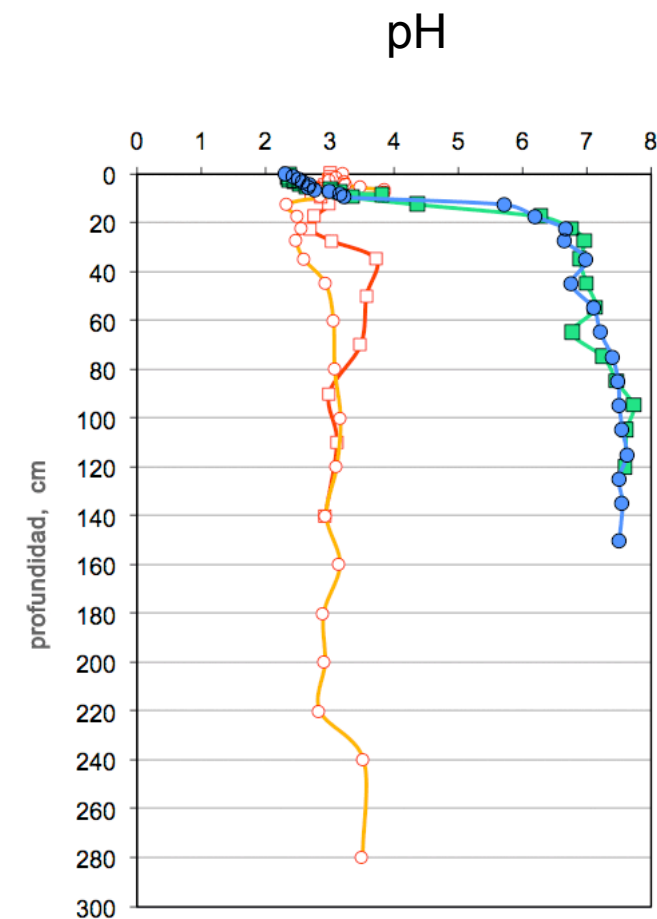
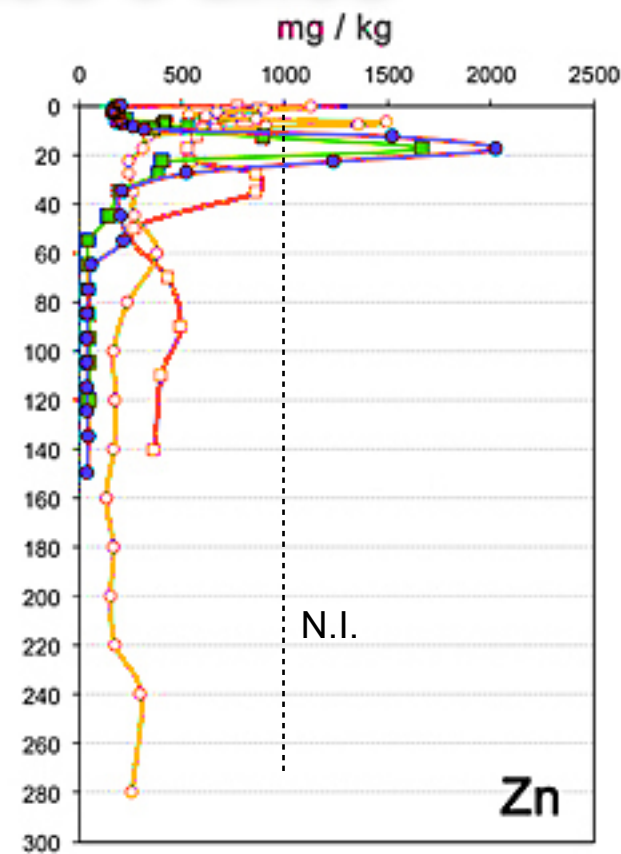
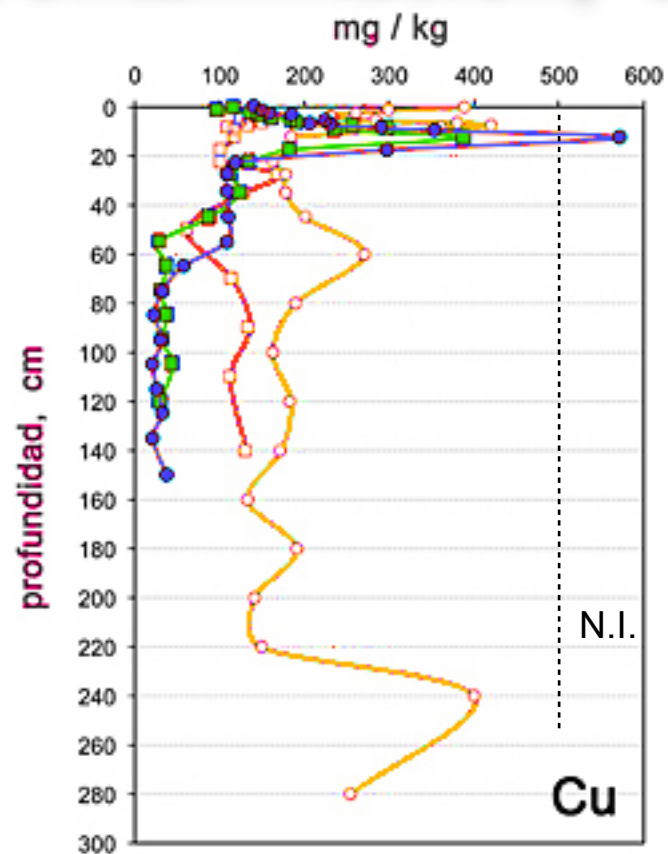
—■— Perfil Q11

—●— Perfil Q12

N.I. = Nivel de intervención



Contaminación, a los 9 años



suelos sin carbonatos

—□— Perfil 2

—○— Perfil 7

suelos con carbonatos

—■— Perfil Q11

—●— Perfil Q12

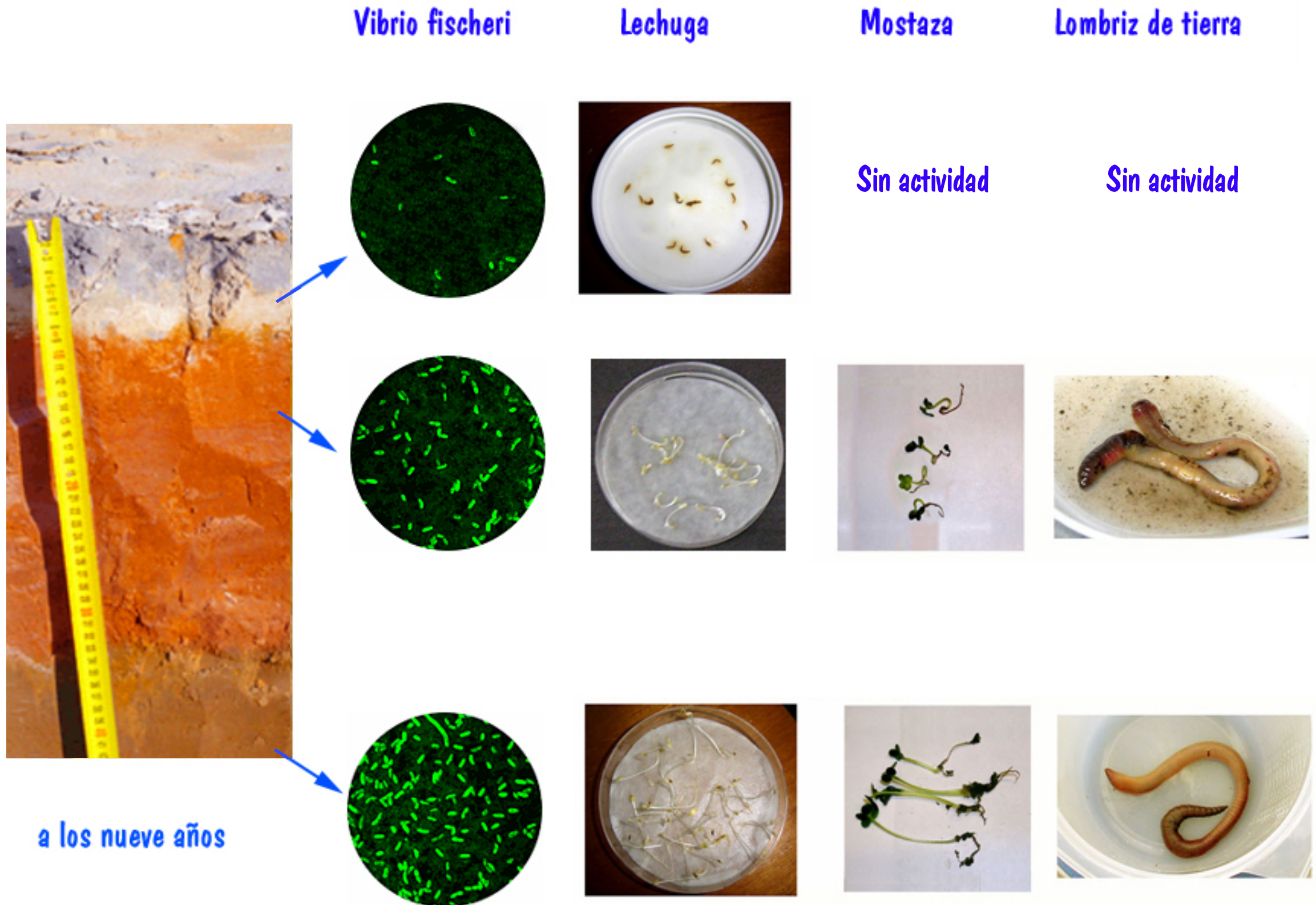
N.I. = Nivel de intervención

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Parcelas sin intervención



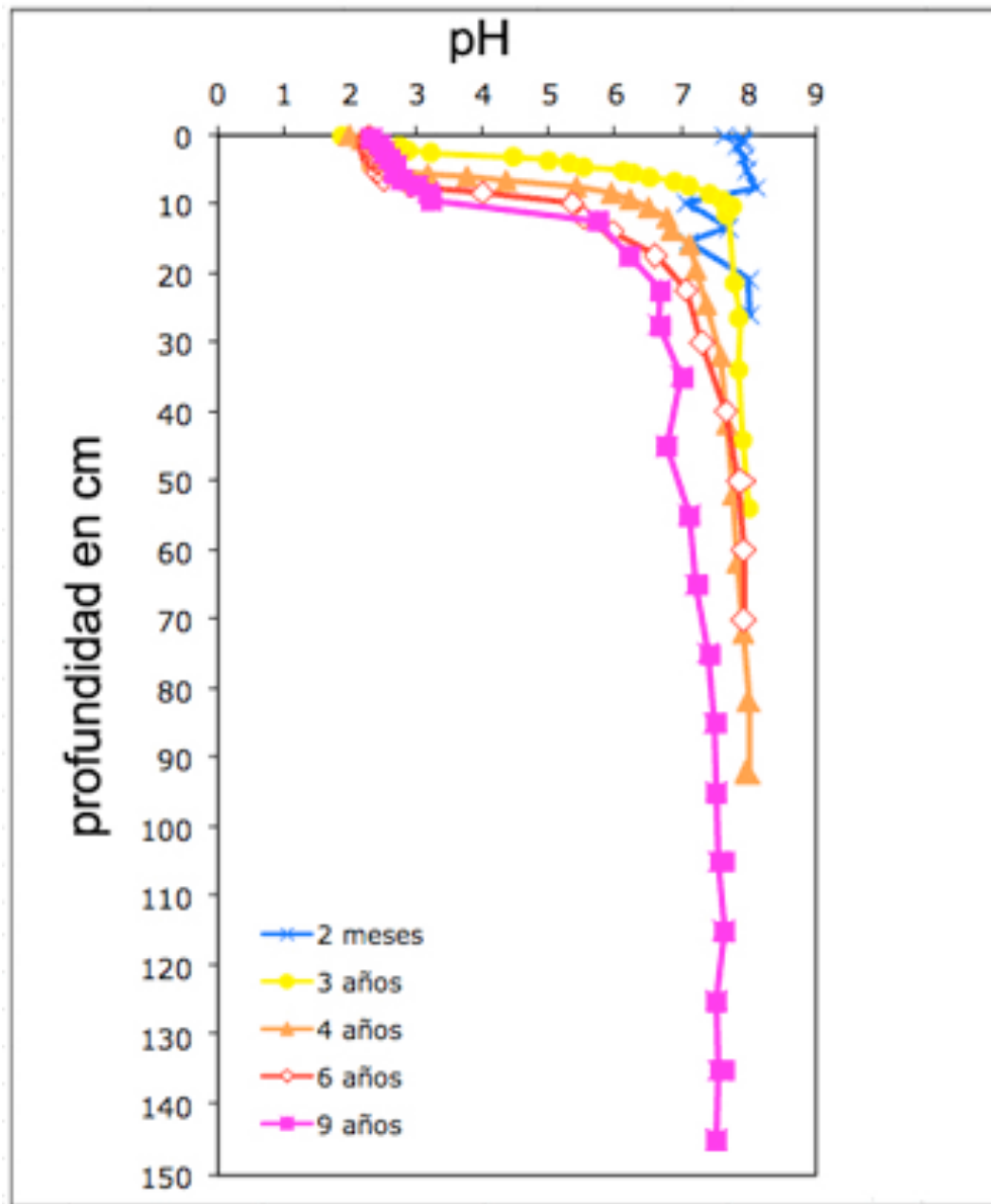
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

- 5 Una mirada al futuro

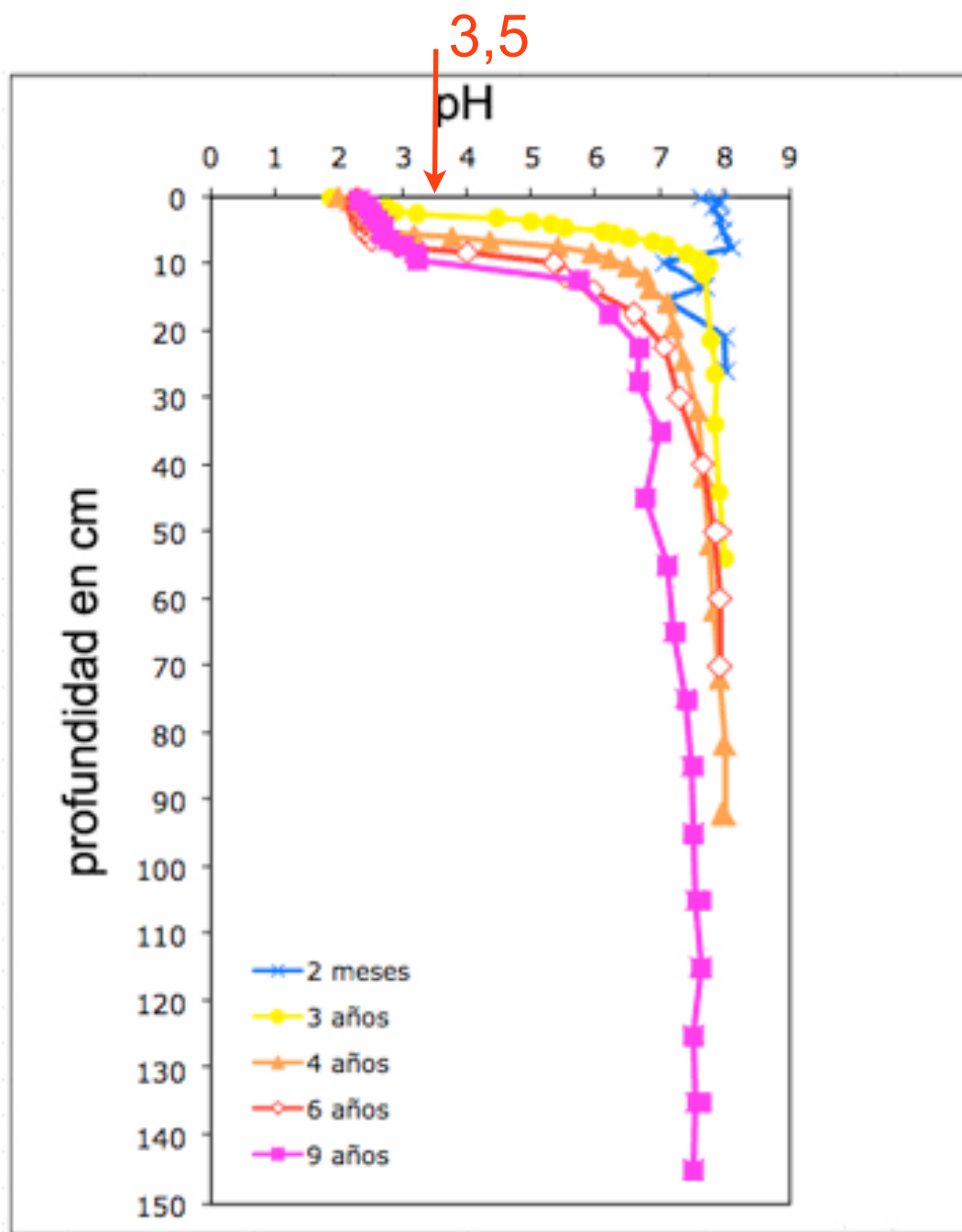
Parcelas sin intervención

● Alteración



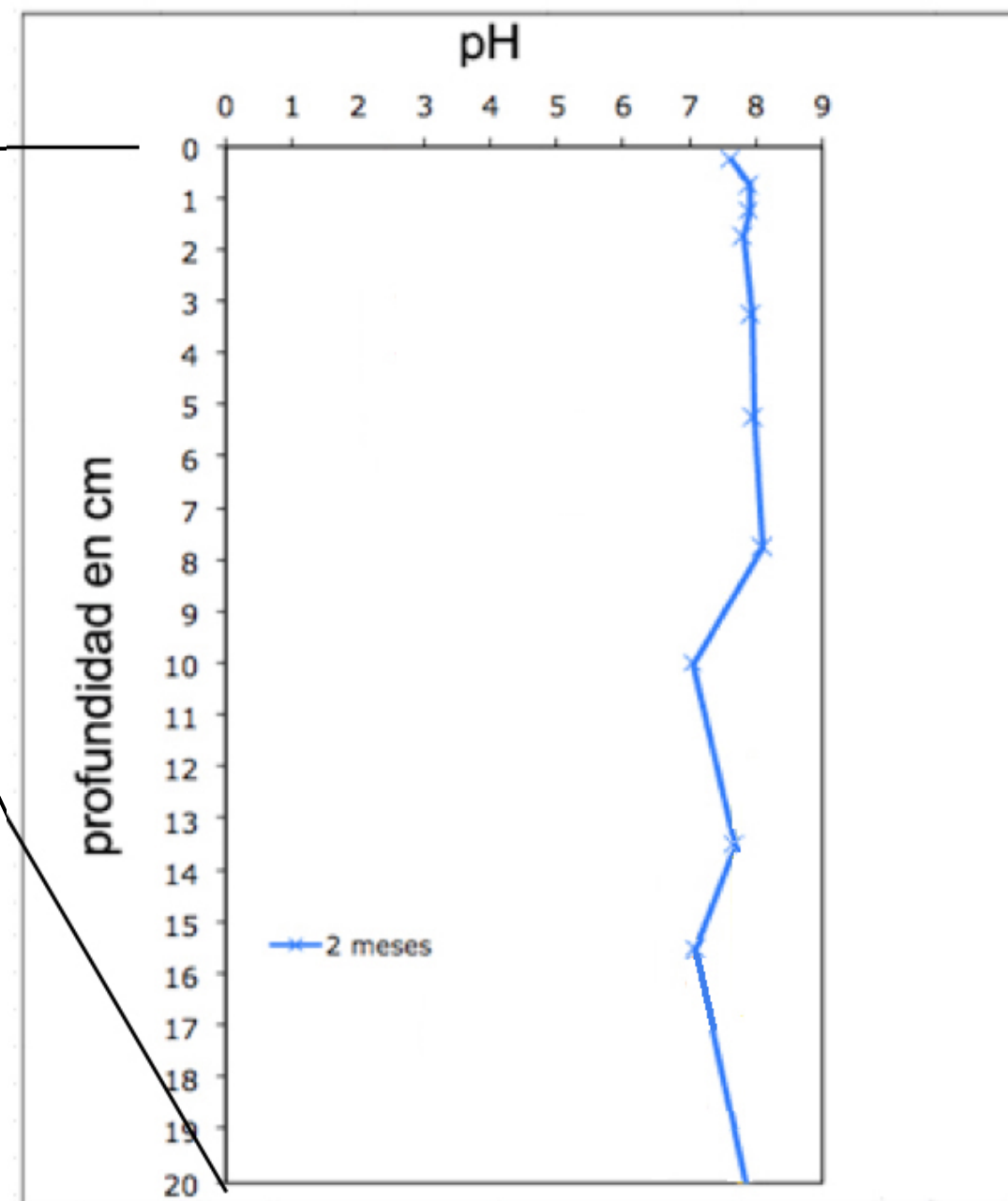
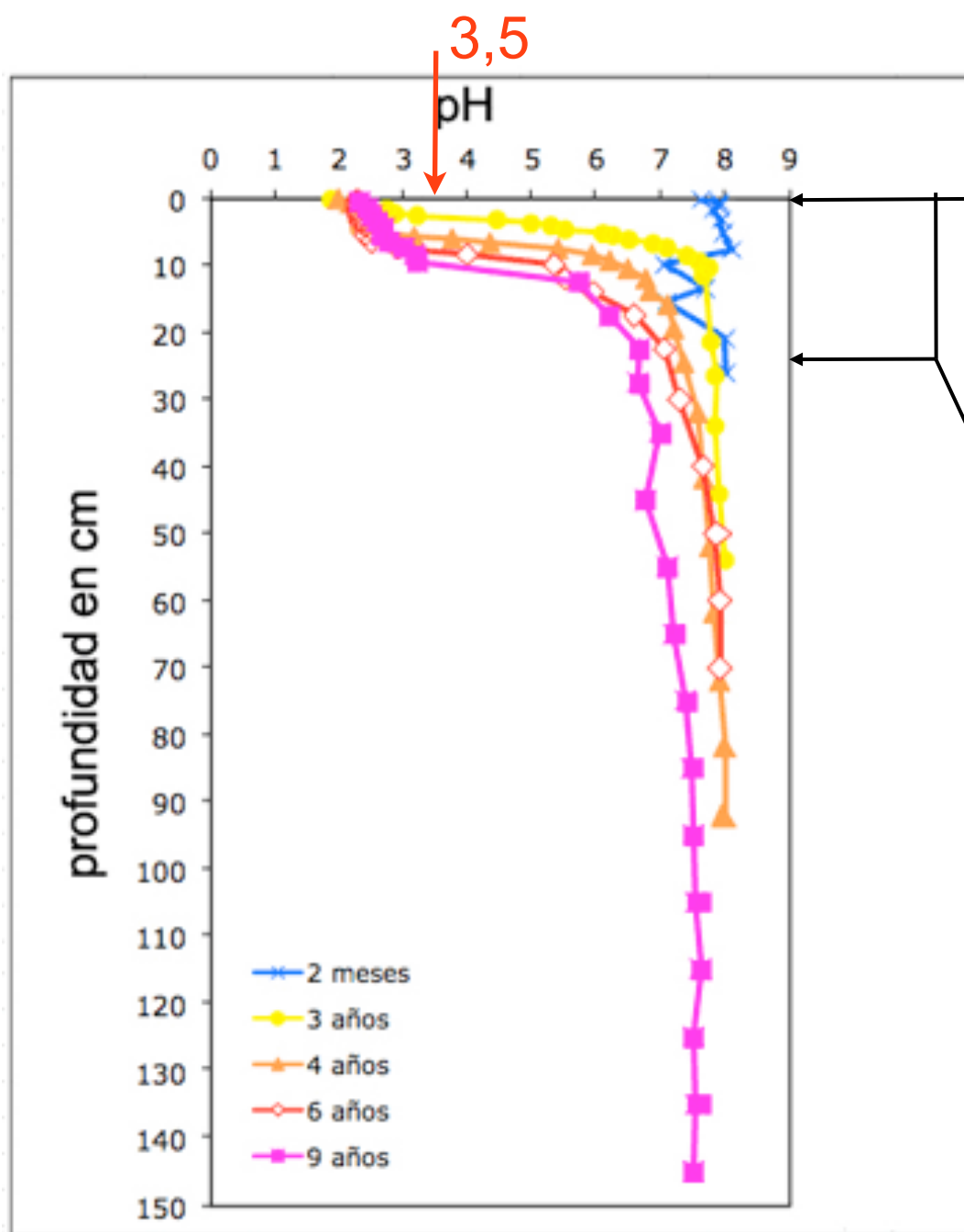
Parcelas sin intervención

● Alteración



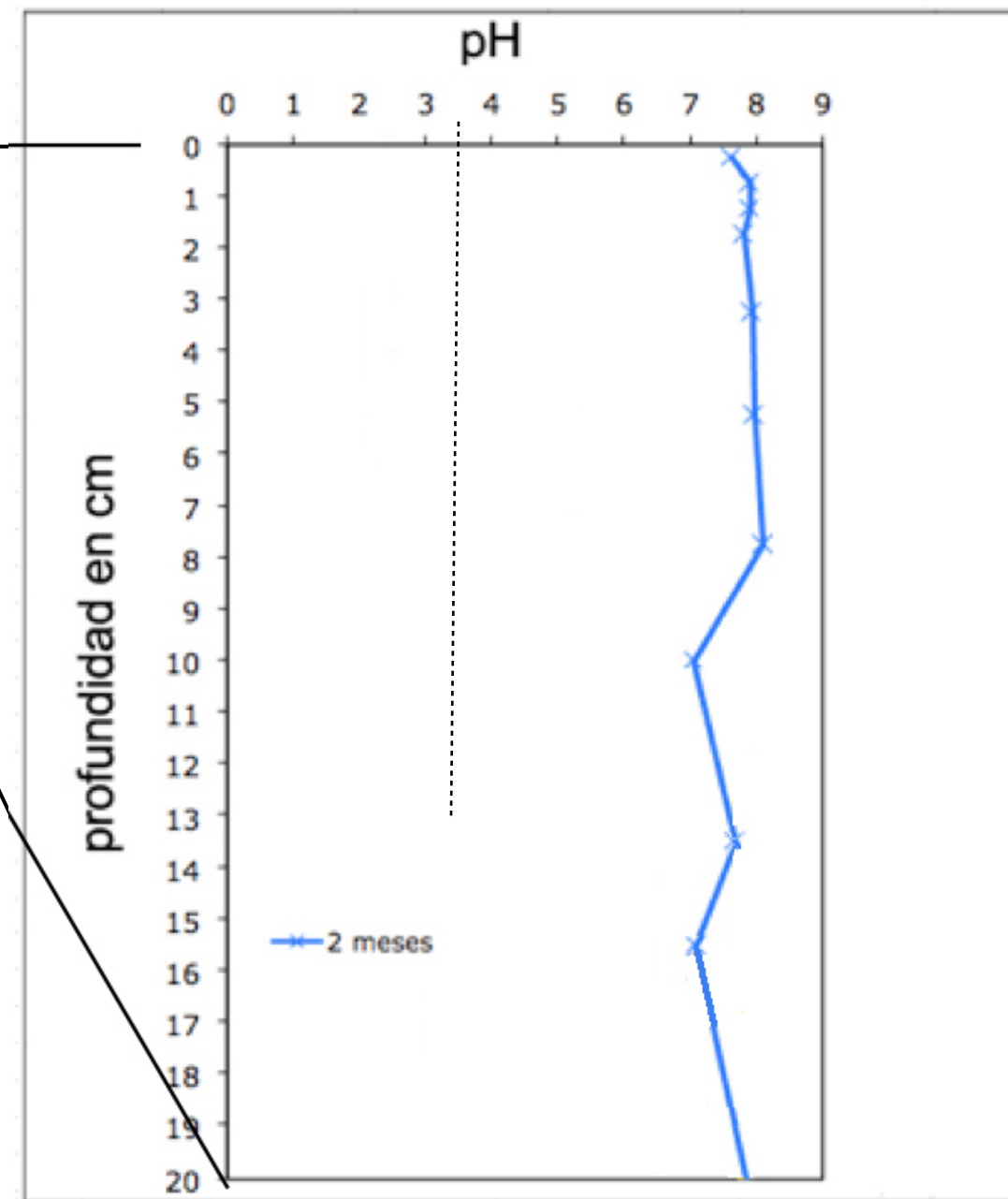
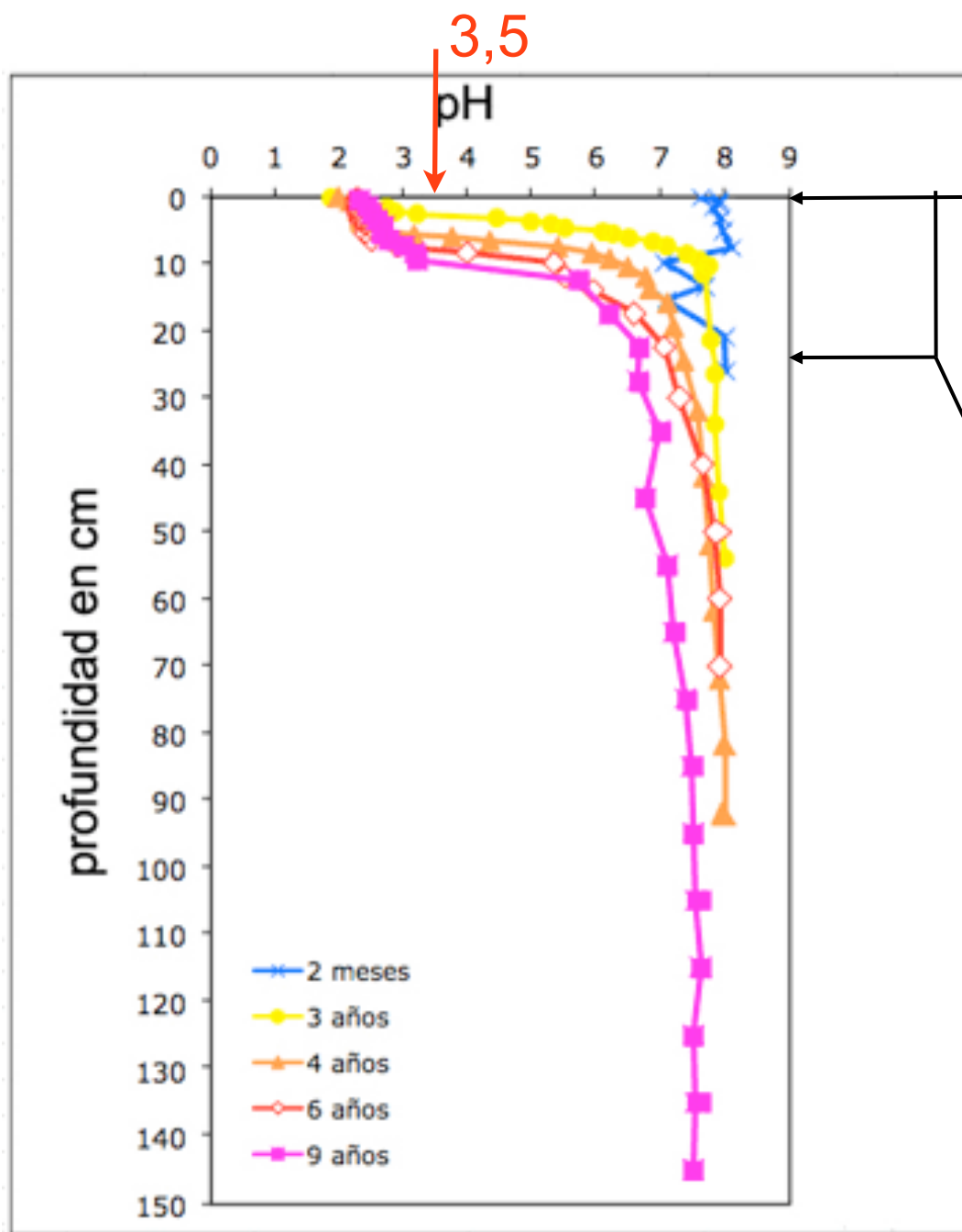
Parcelas sin intervención

Alteración



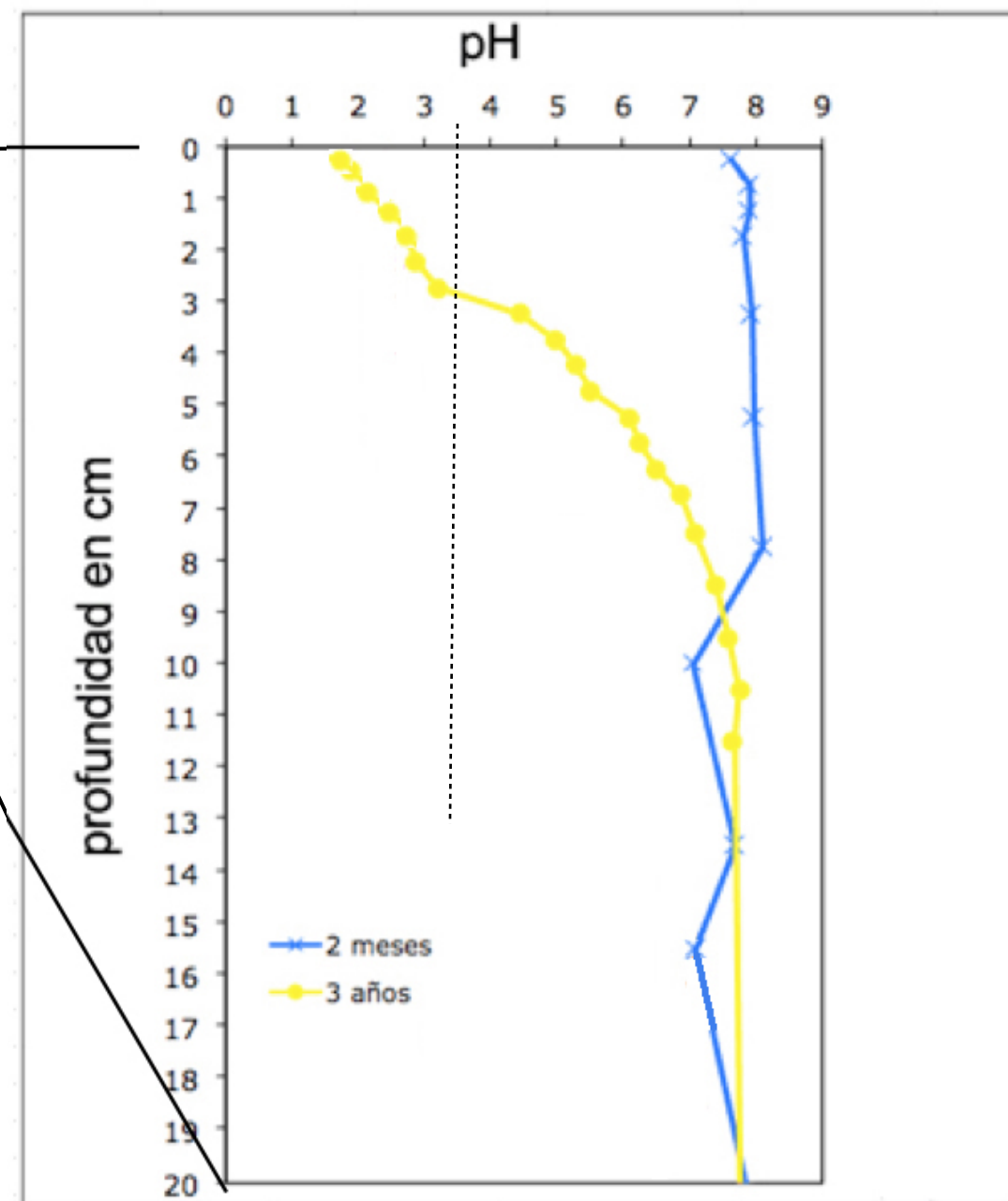
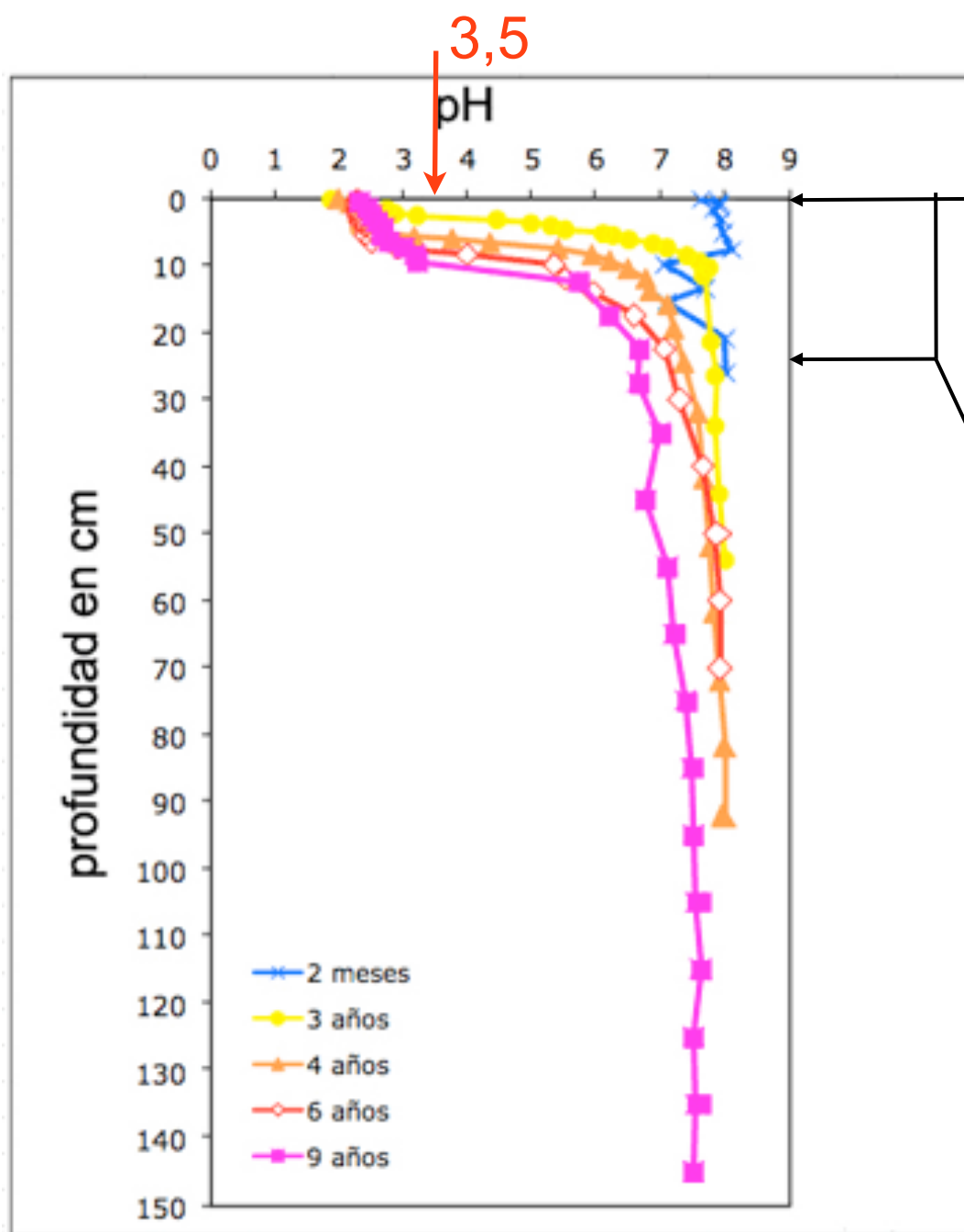
Parcelas sin intervención

Alteración



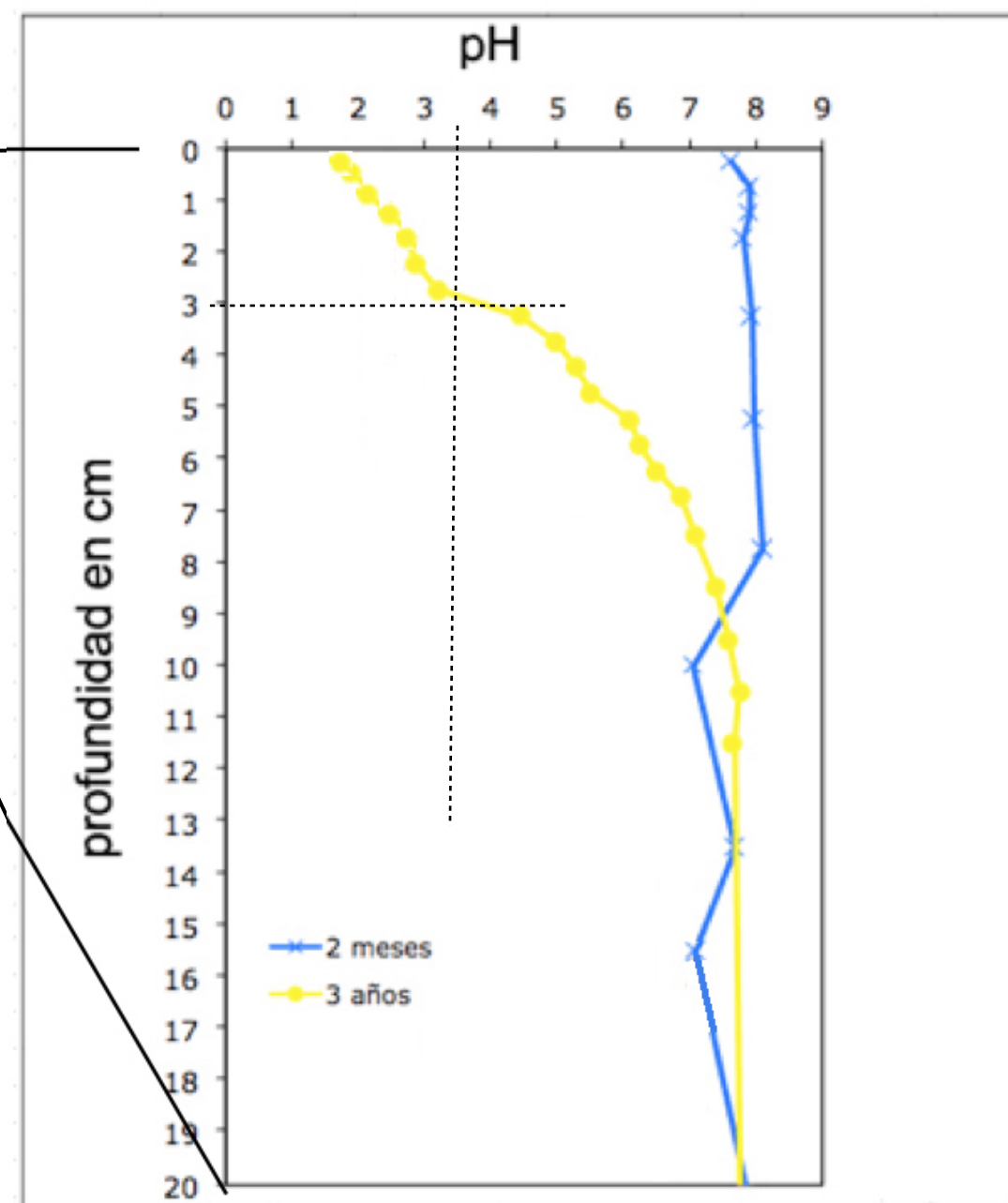
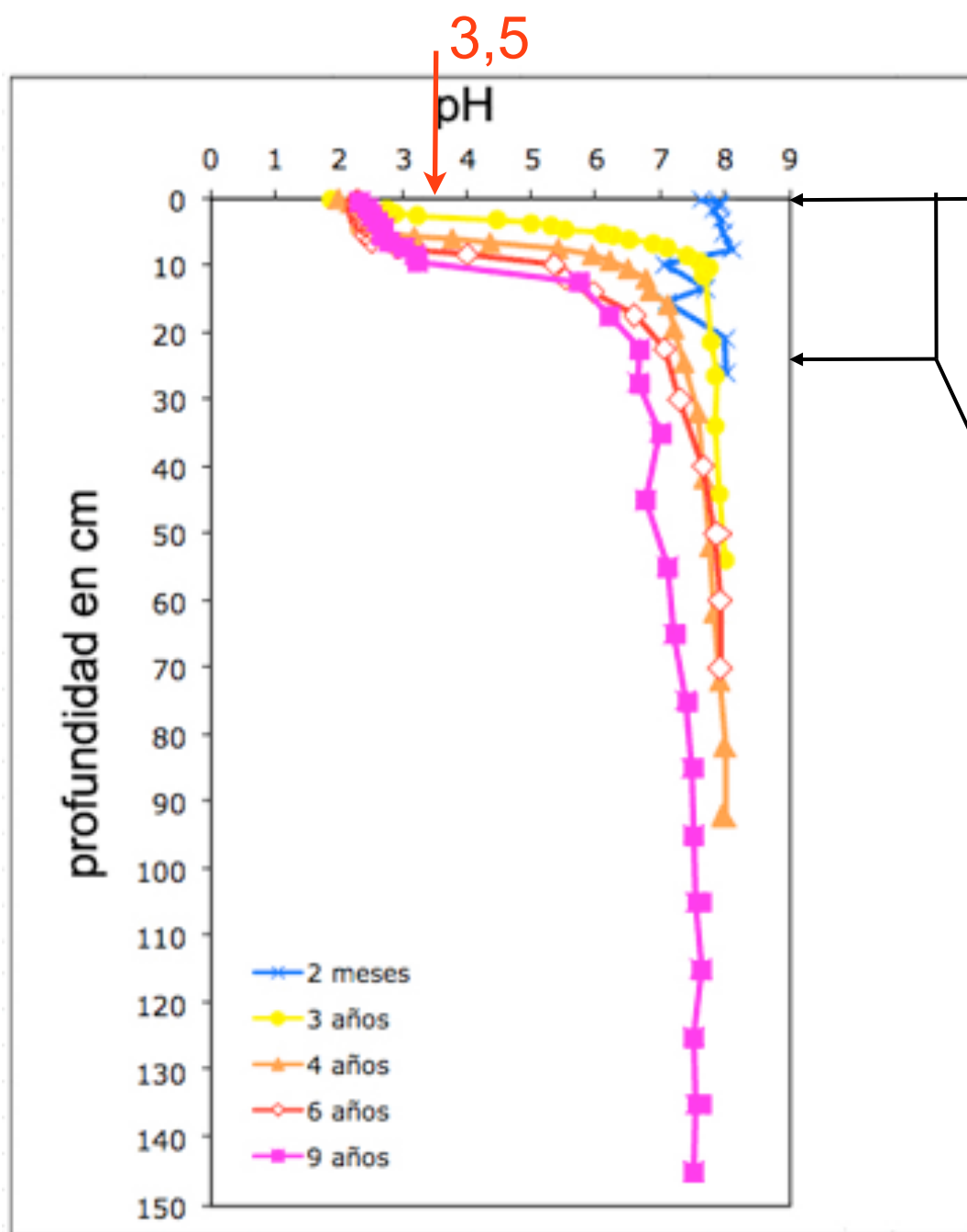
Parcelas sin intervención

Alteración



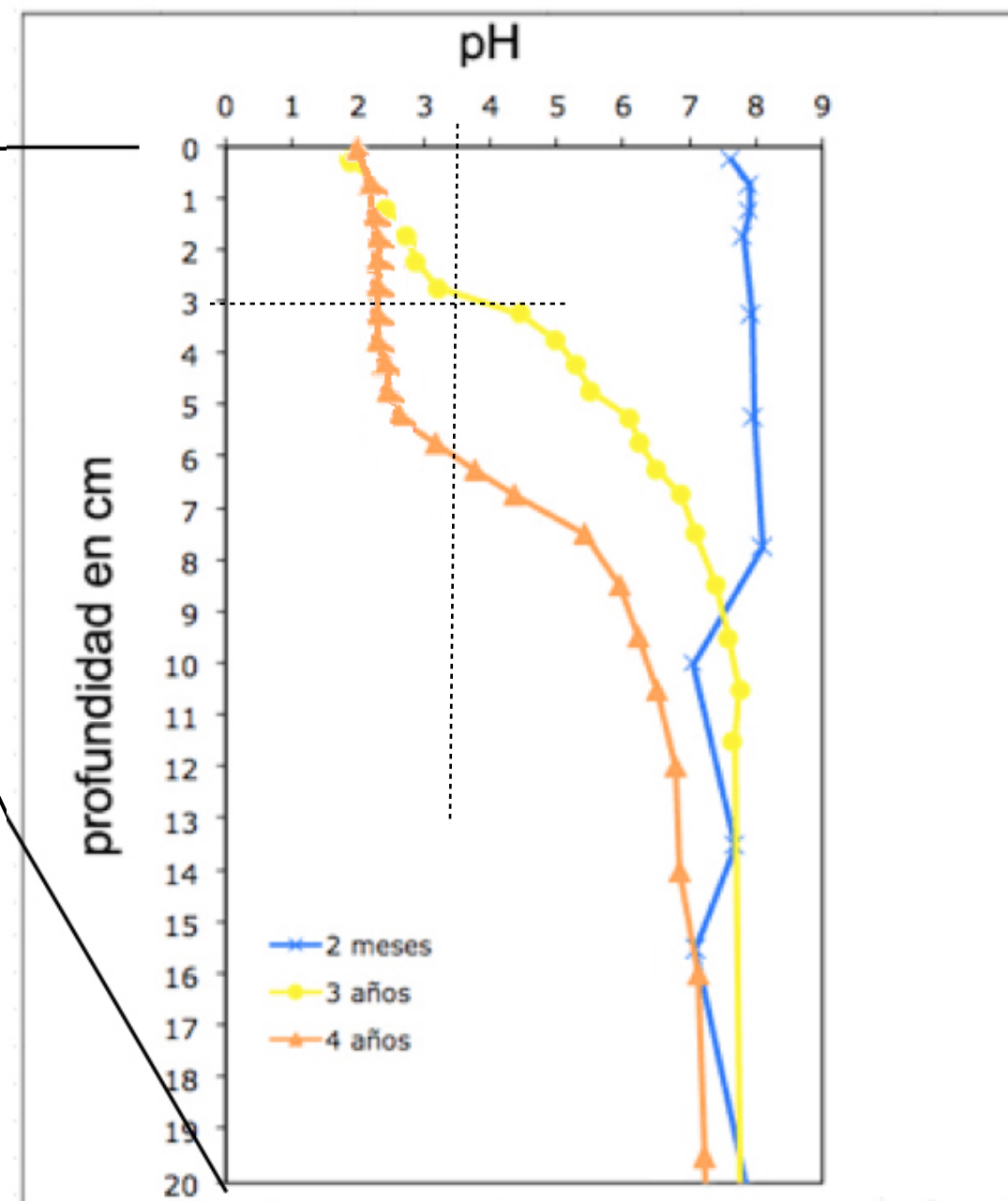
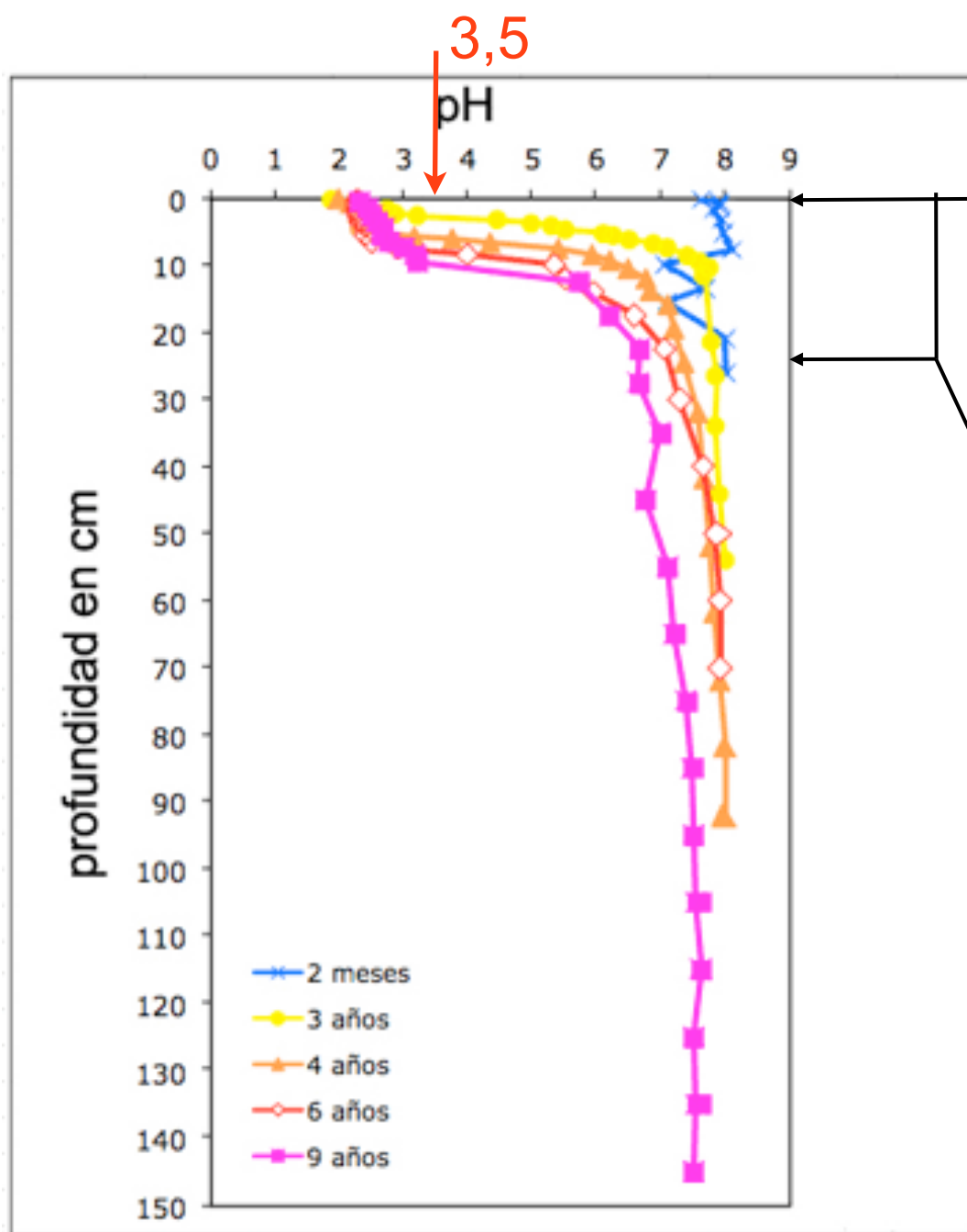
Parcelas sin intervención

Alteración



Parcelas sin intervención

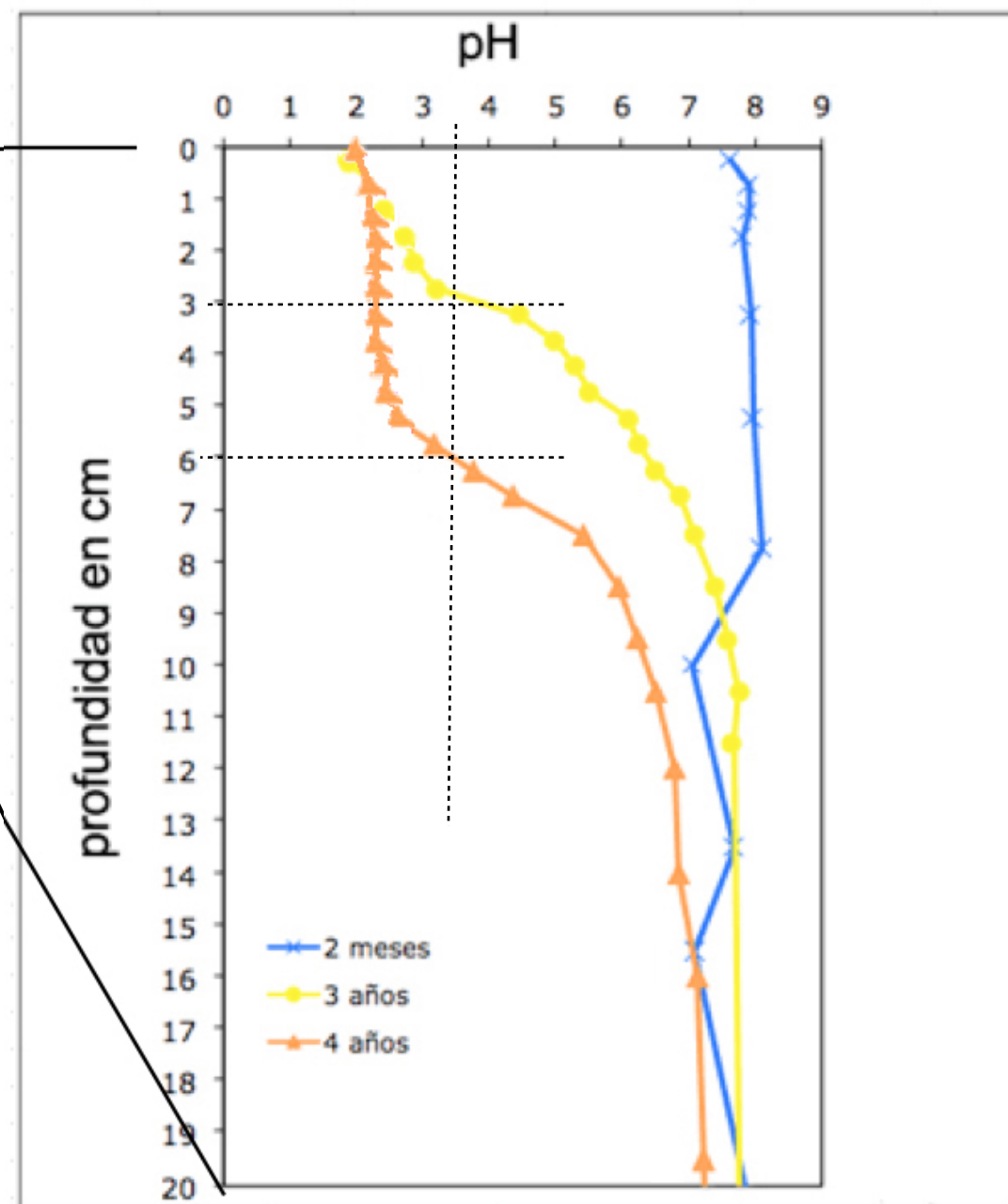
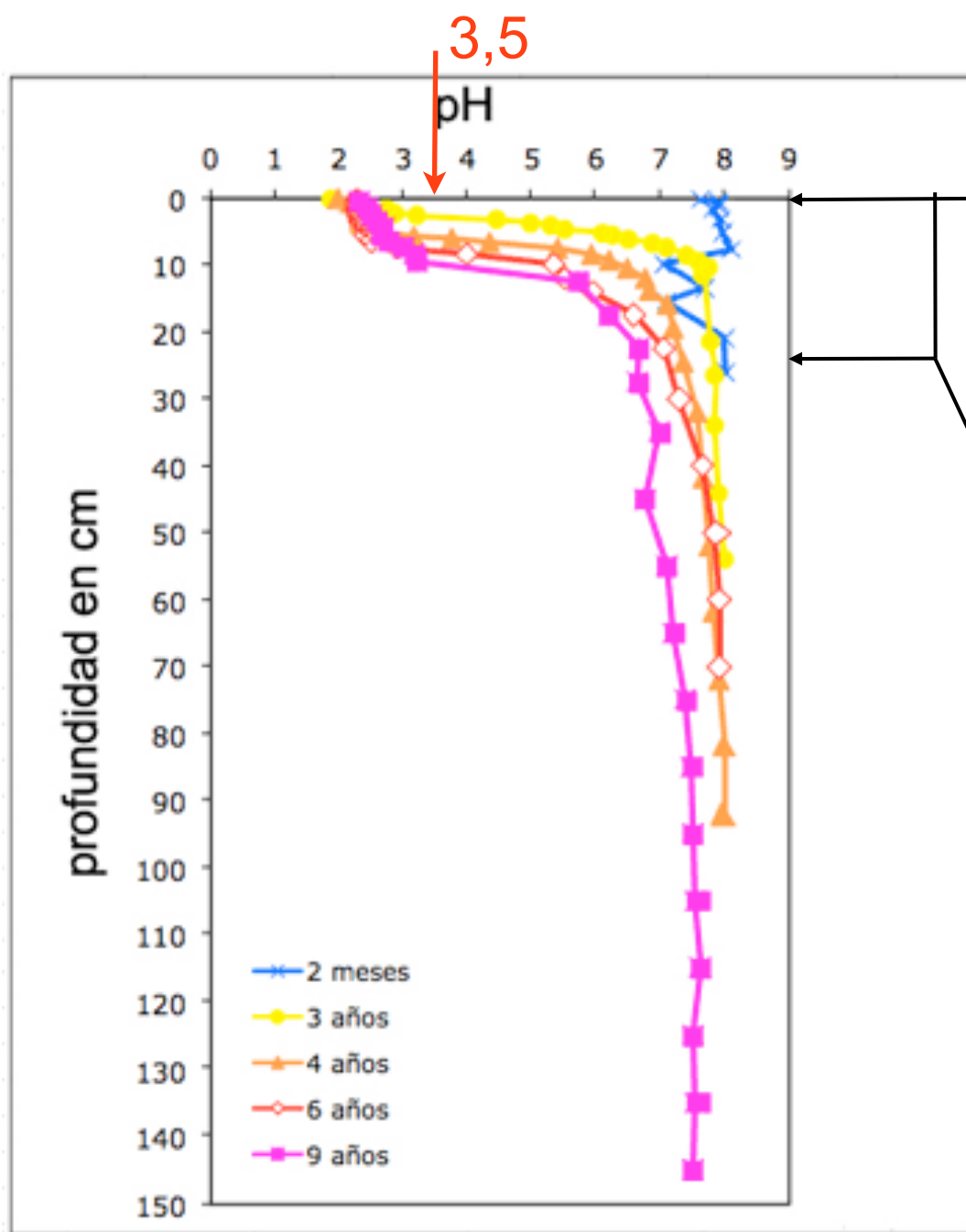
Alteración



Parcelas sin intervención

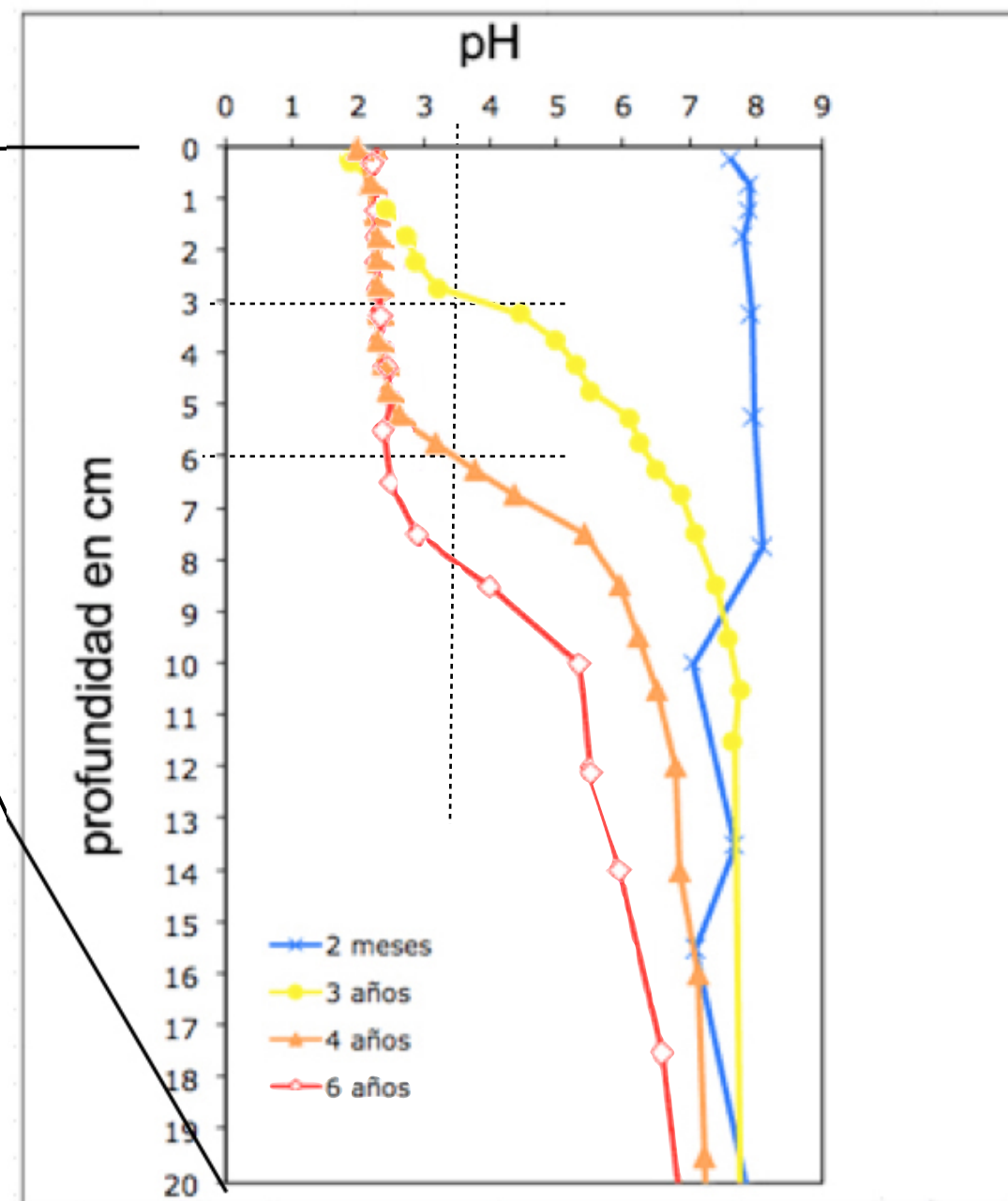
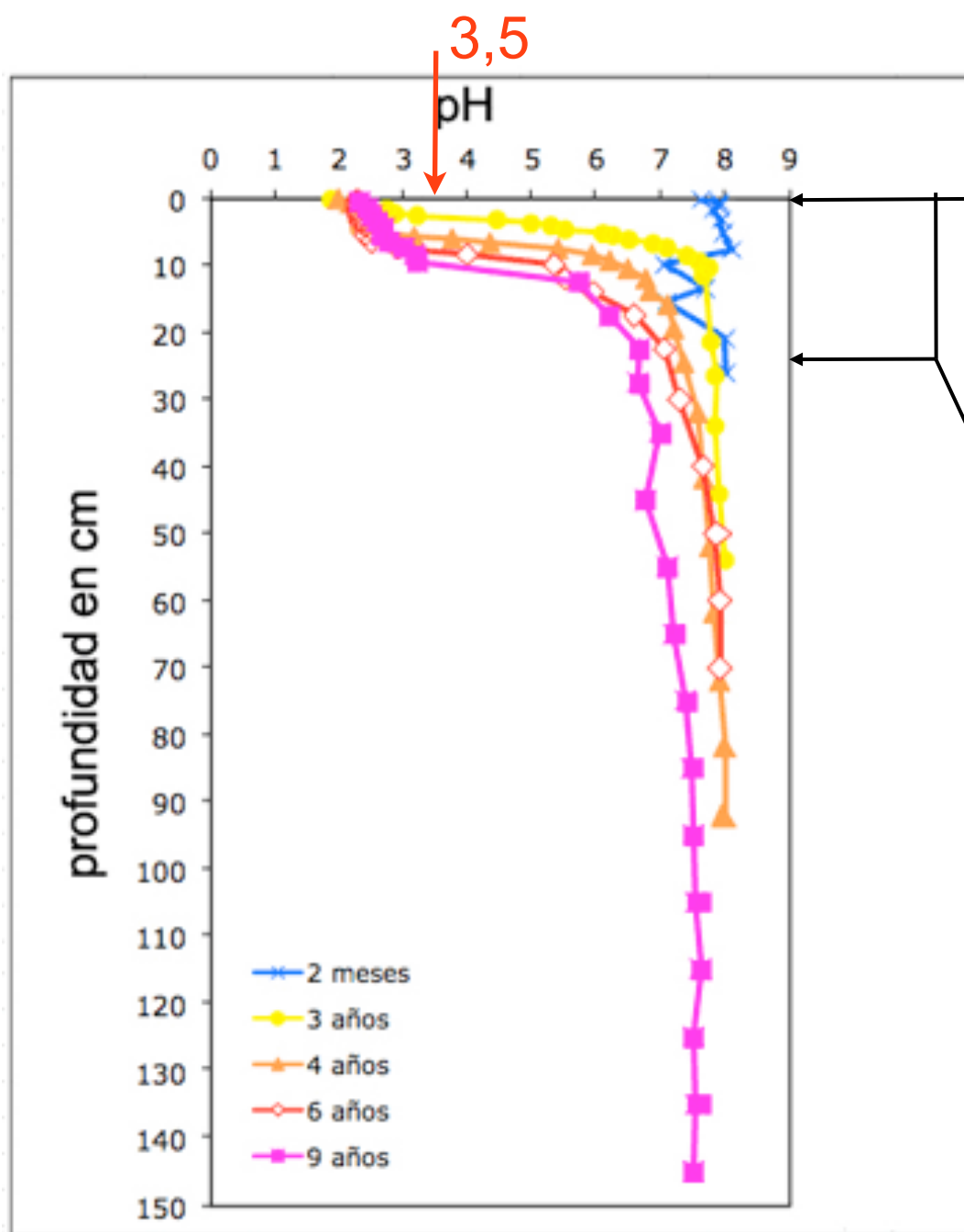


Alteración



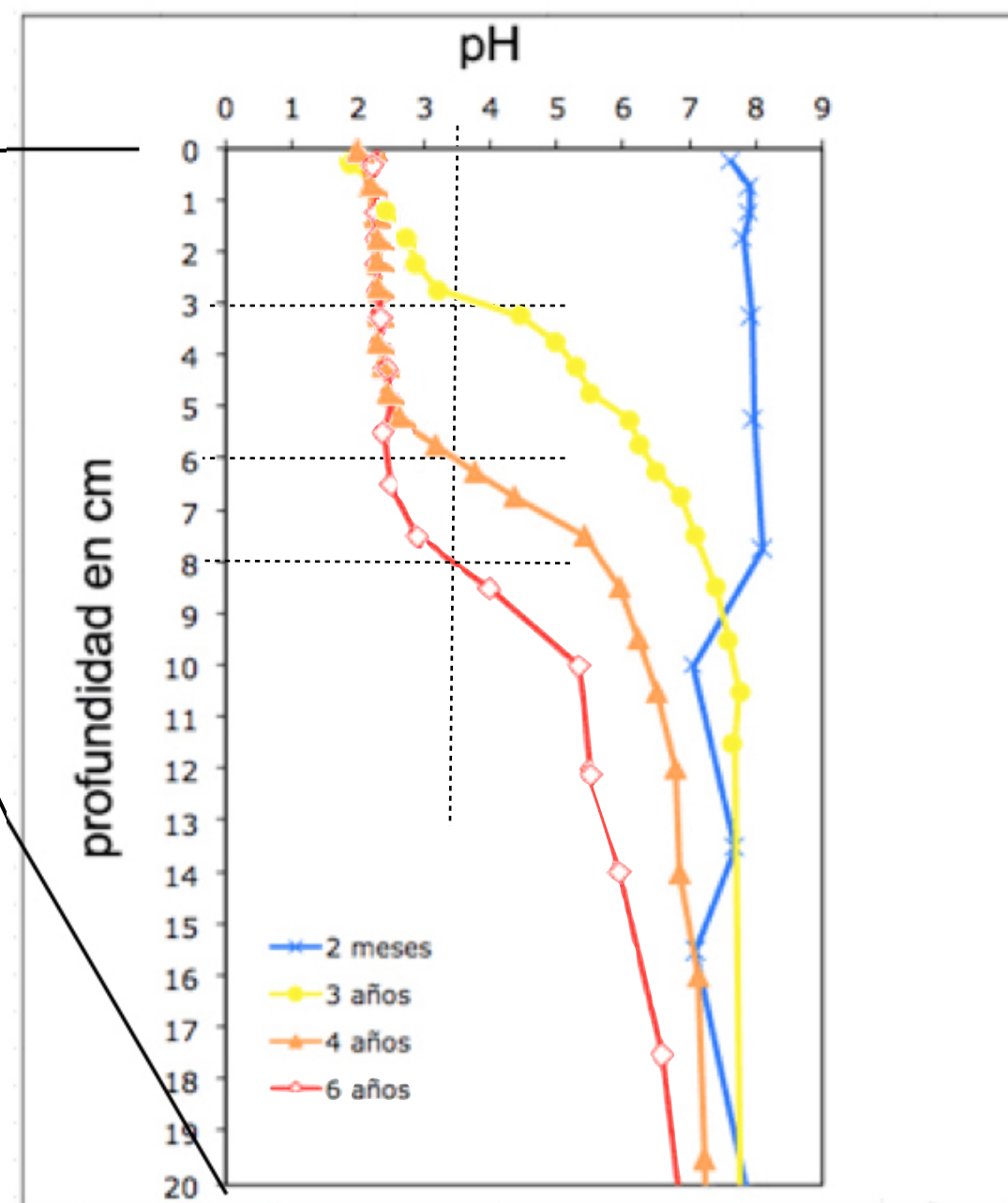
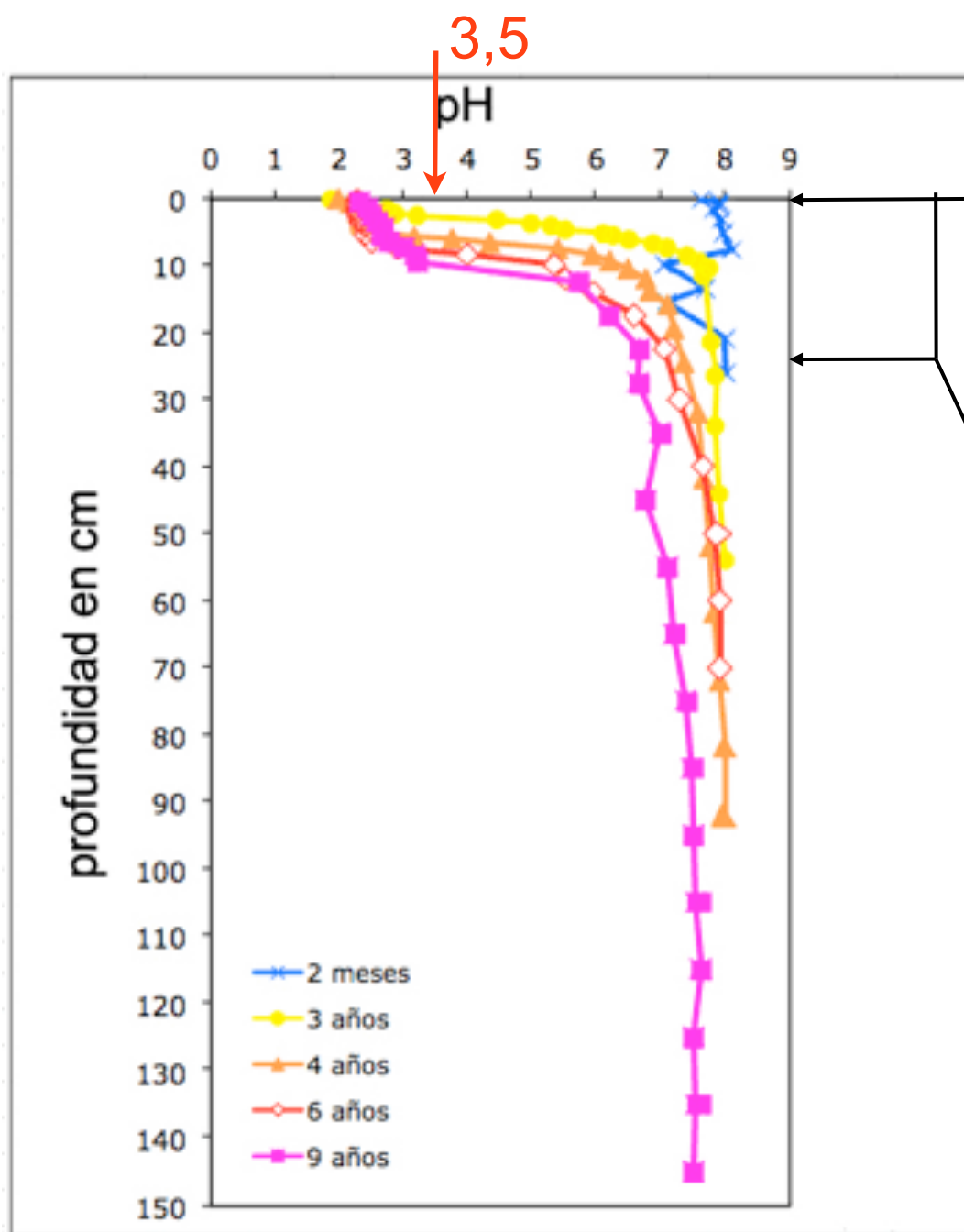
Parcelas sin intervención

Alteración



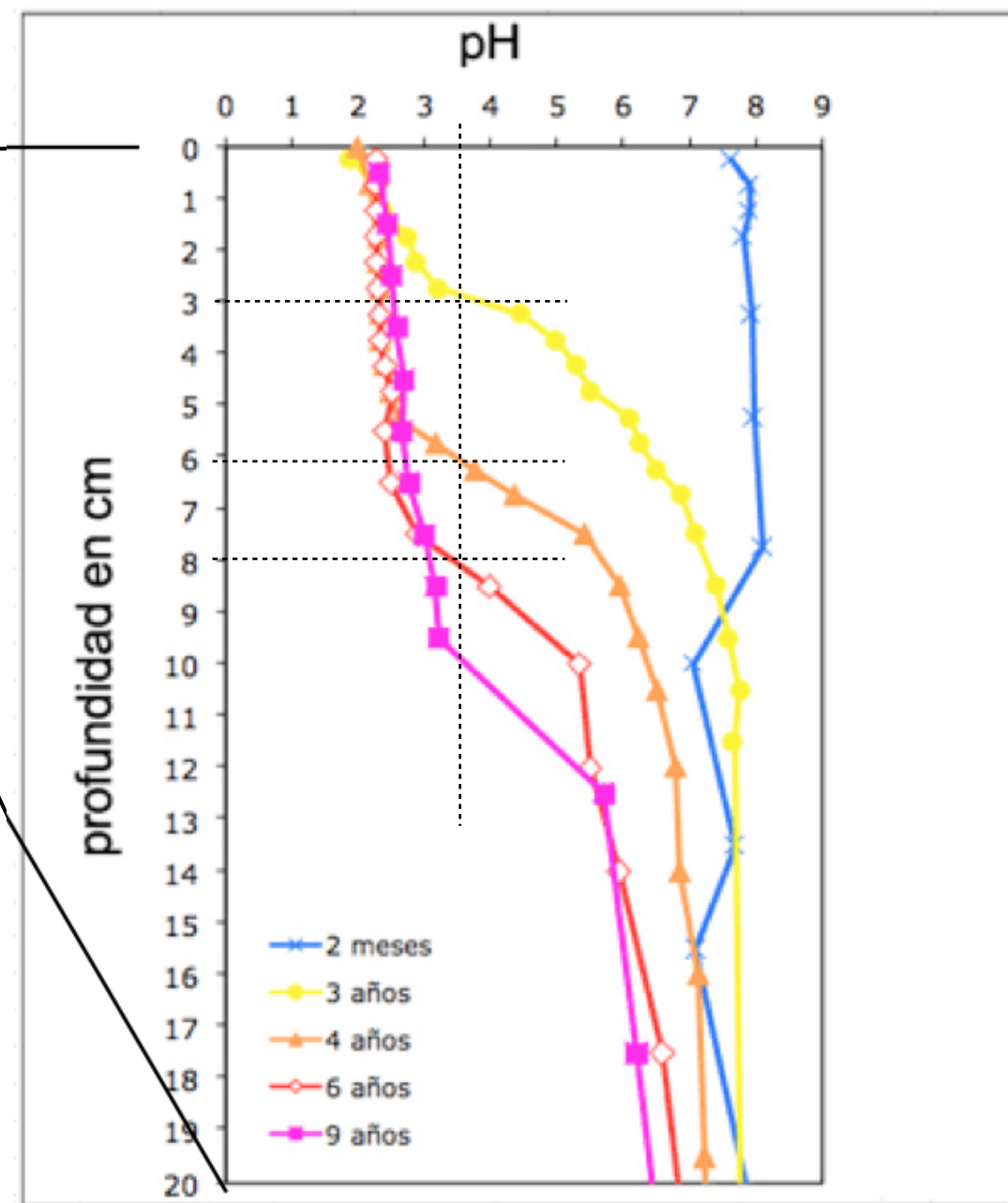
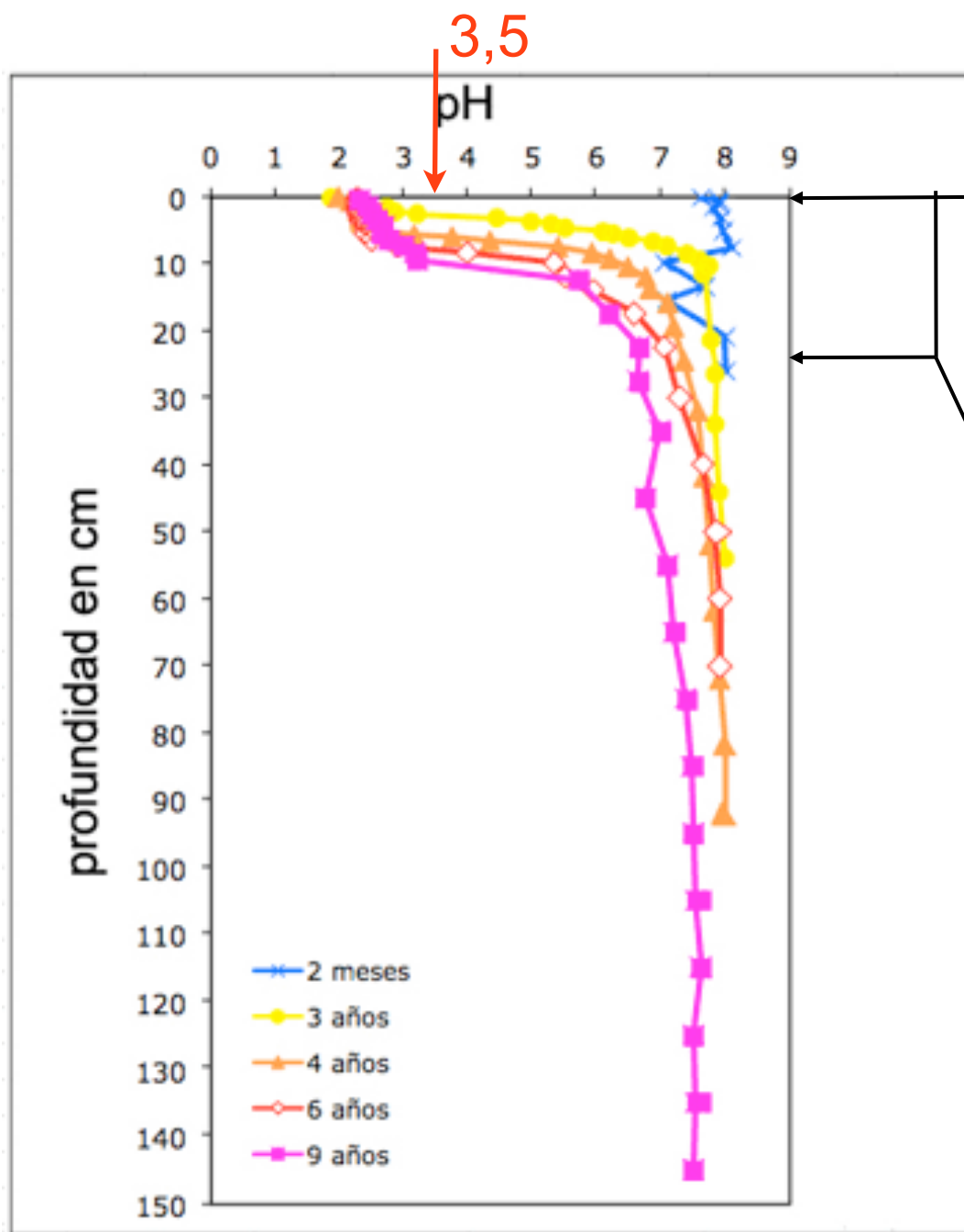
Parcelas sin intervención

Alteración



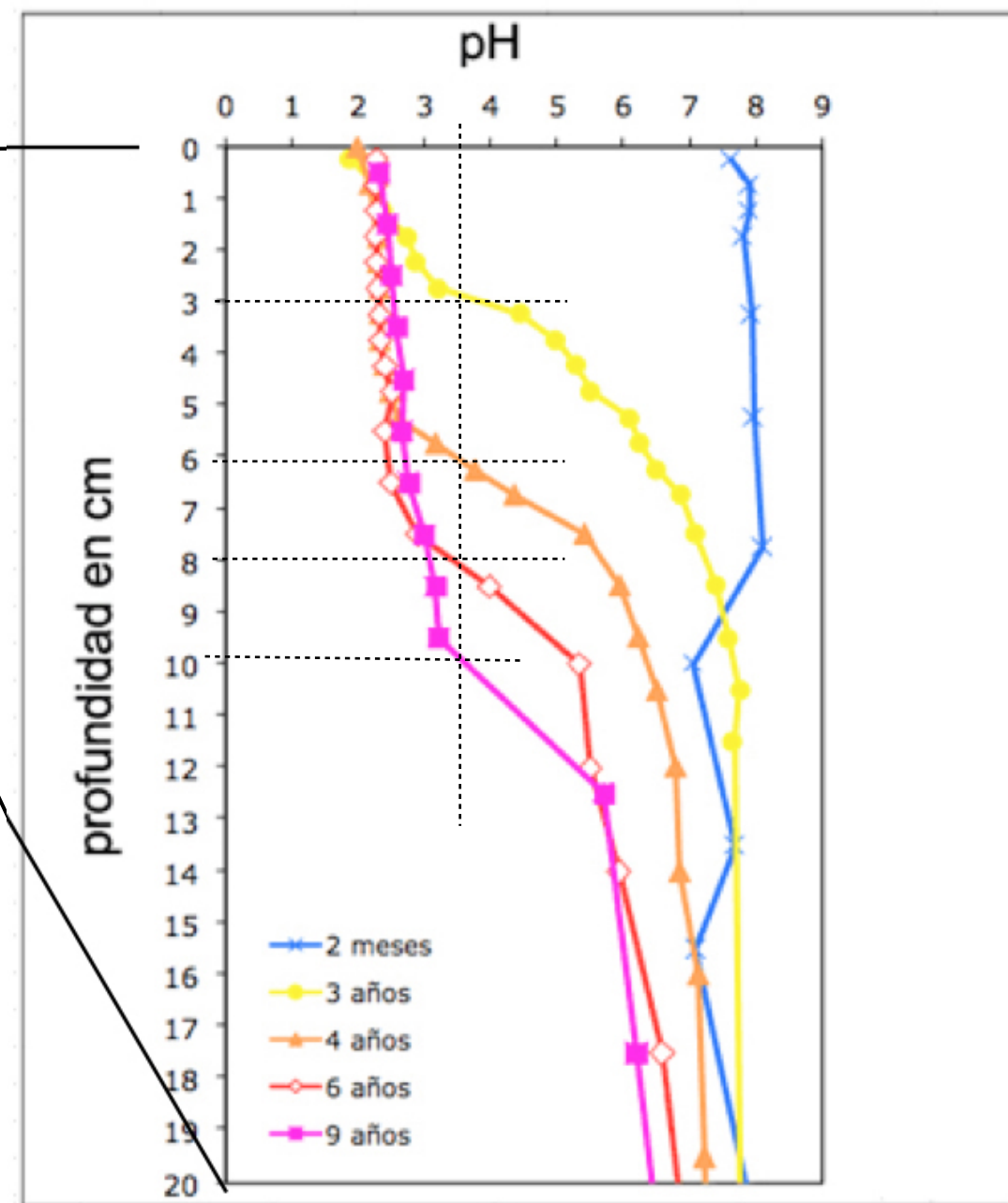
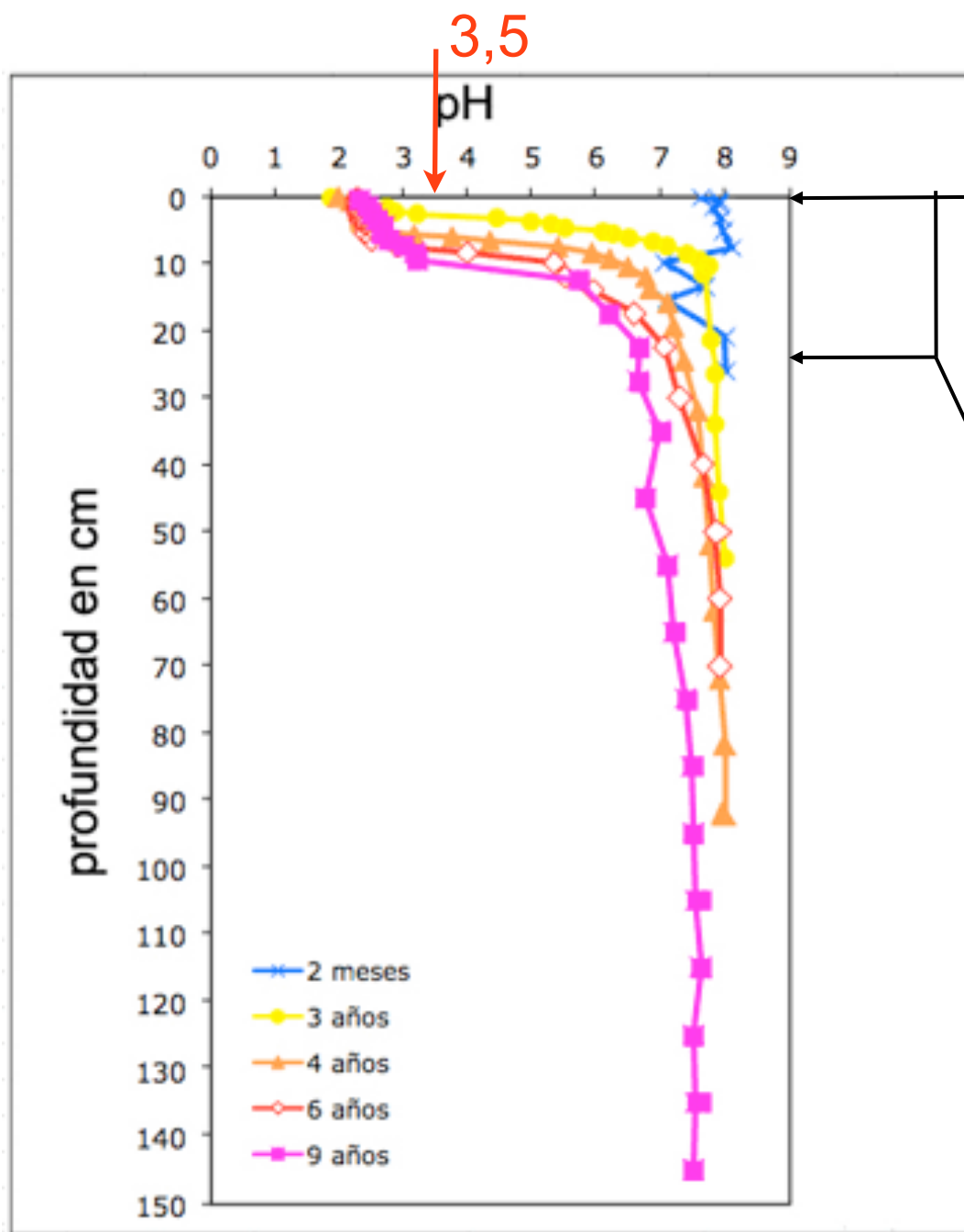
Parcelas sin intervención

Alteración

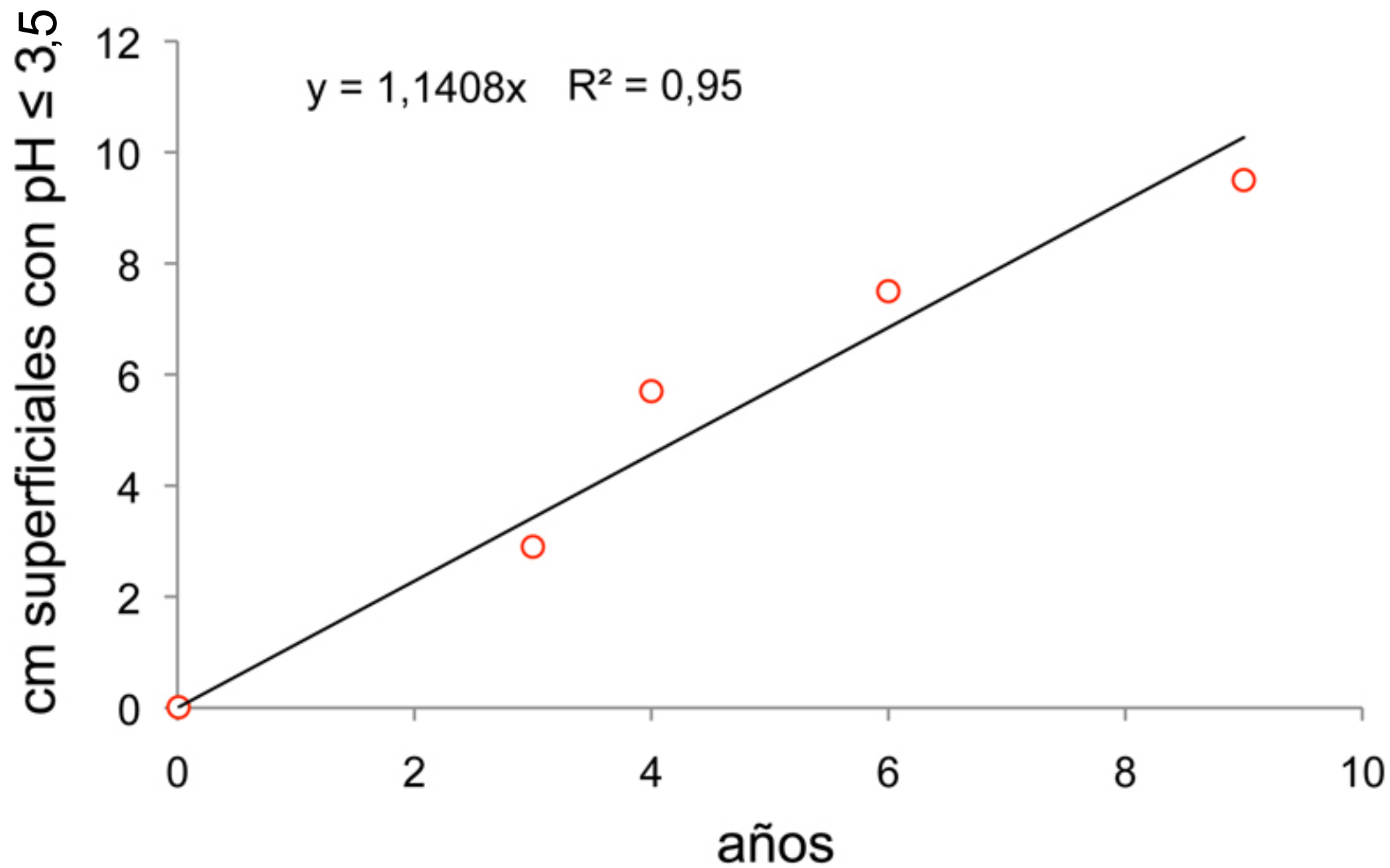


Parcelas sin intervención

Alteración



Parcelas sin intervención



Parcelas sin intervención

a los 14 años
del vertido



15 cm

anulación del suelo por profundización progresiva de la capa hiperácida ($\text{pH} \leq 3,5$)

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

Parcelas sin intervención

a los 20 años



23 cm

anulación del suelo por profundización progresiva de la capa hiperácida ($\text{pH} \leq 3,5$)

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Parcelas sin intervención

a los 30 años



Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

anulación del suelo por profundización progresiva de la capa hiperácida ($\text{pH} \leq 3,5$)

Parcelas sin intervención

a los 40 años



46 cm

anulación del suelo por profundización progresiva de la capa hiperácida ($\text{pH} \leq 3,5$)

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

Parcelas sin intervención

a los 50 años



57 cm

anulación del suelo por profundización progresiva de la capa hiperácida ($\text{pH} \leq 3,5$)

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Parcelas sin intervención

a los 60 años



68 cm

anulación del suelo por profundización progresiva de la capa hiperácida ($\text{pH} \leq 3,5$)

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

Parcelas sin intervención

a los 70 años



anulación del suelo por profundización progresiva de la capa hiperácida ($\text{pH} \leq 3,5$)

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Parcelas sin intervención

a los 80 años



91 cm

anulación del suelo por profundización progresiva de la capa hiperácida ($\text{pH} \leq 3,5$)

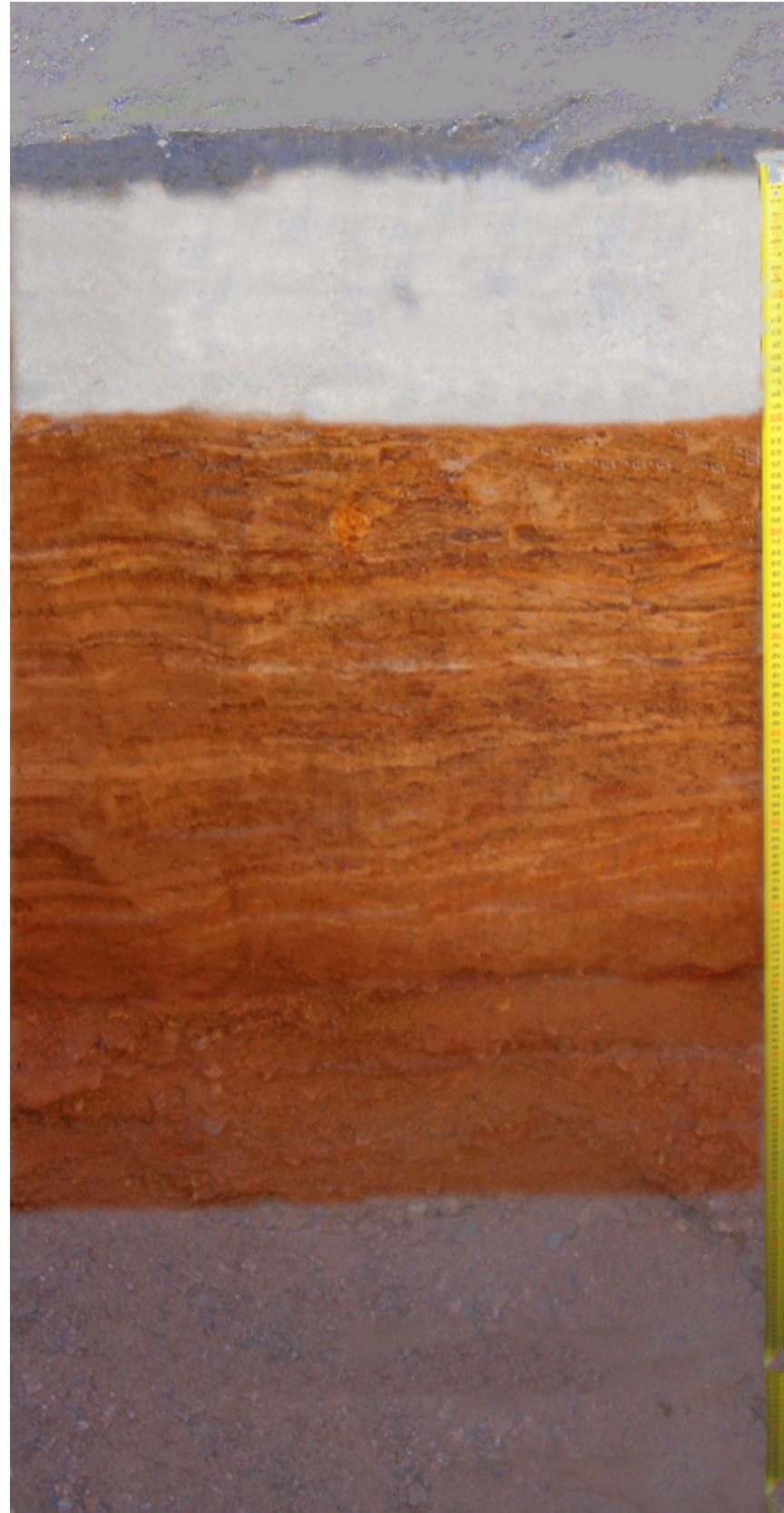
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Parcelas sin intervención

a los 90 años



103 cm

anulación del suelo por profundización progresiva de la capa hiperácida ($\text{pH} \leq 3,5$)

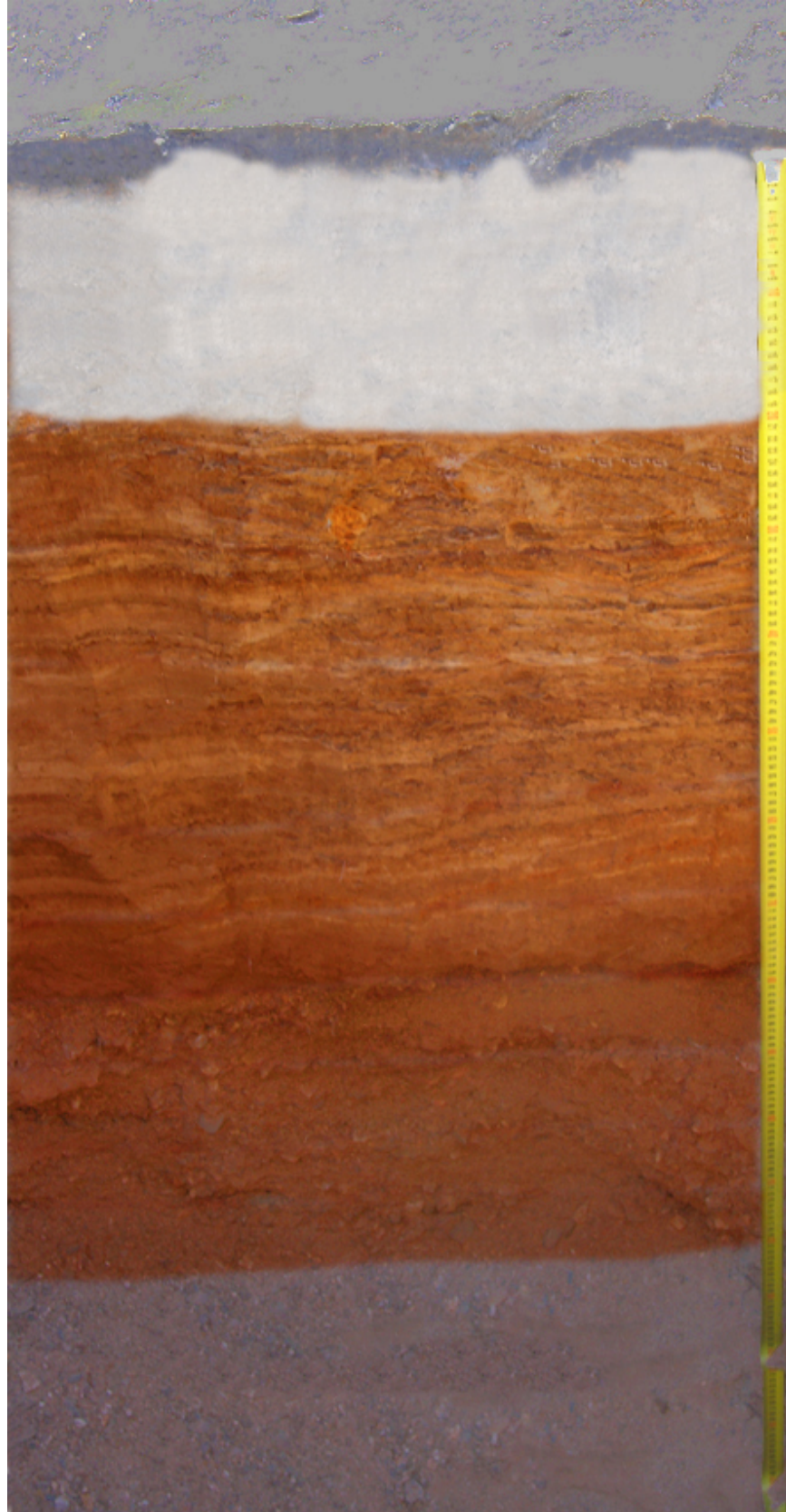
Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro



Parcelas sin intervención

a los 100 años



114 cm

anulación del suelo por profundización progresiva de la capa hiperácida ($\text{pH} \leq 3,5$)

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente
2. La contaminación
3. La remediación
4. La no intervención
5. El futuro

Parcelas sin intervención

a los 100 años



30 cm capa blanca

114 cm

anulación del suelo por profundización progresiva de la capa hiperácida ($\text{pH} \leq 3,5$)

Aznalcóllar, hoy.

1. El accidente 2. La contaminación 3. La remediación 4. La no intervención 5. El futuro

Zona remediada

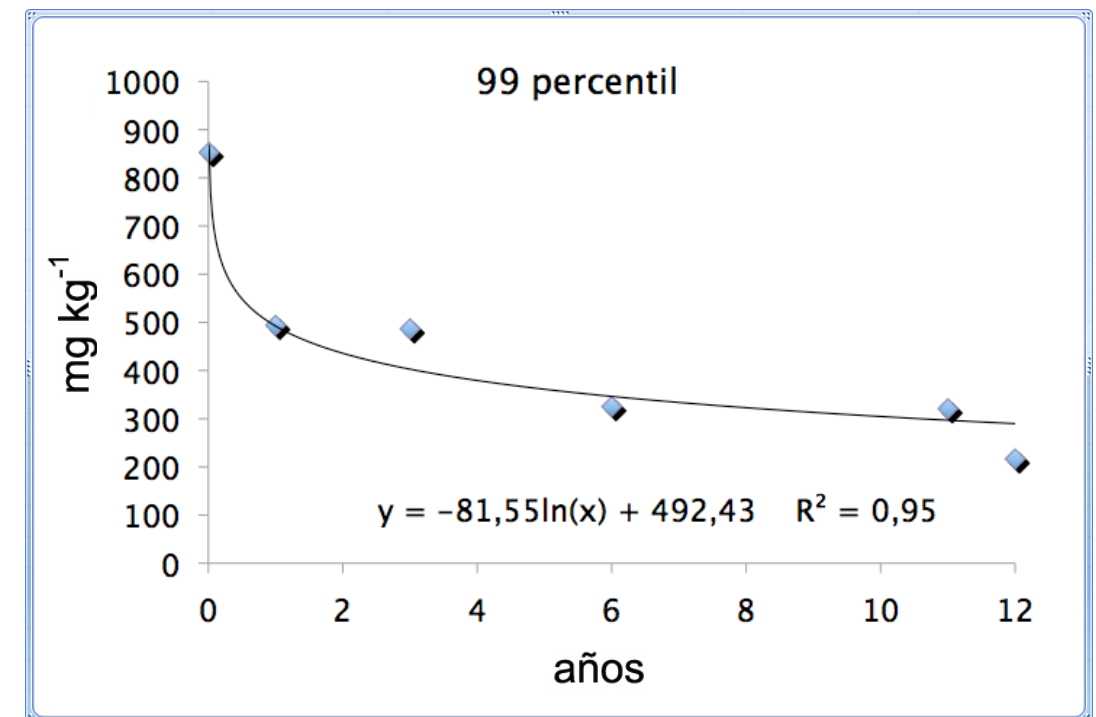
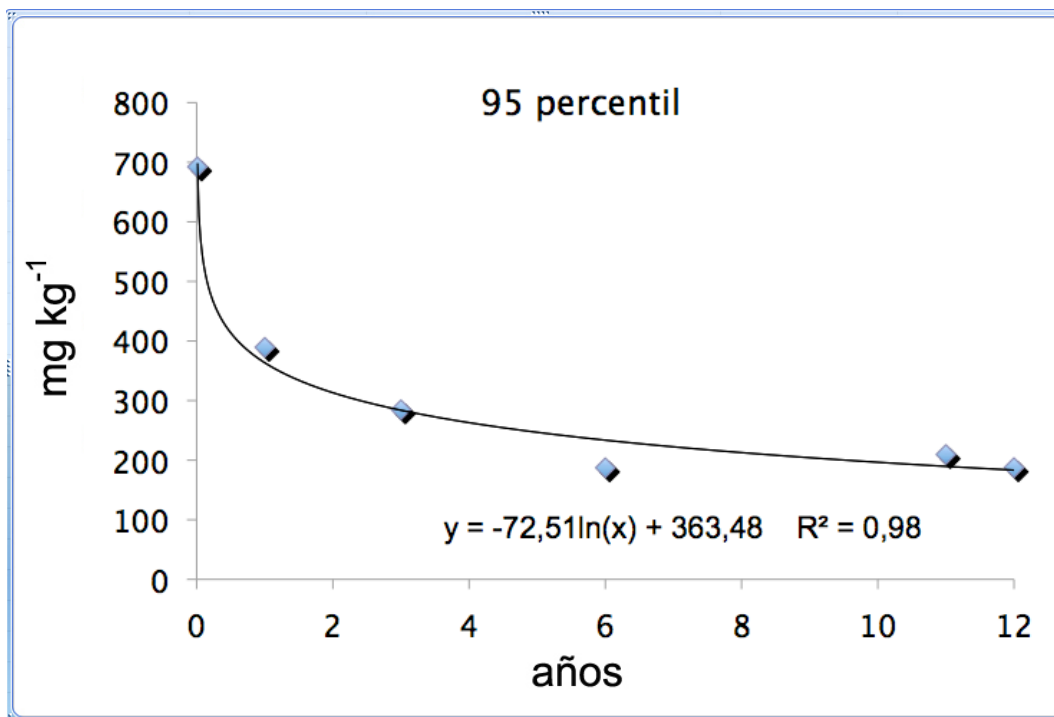
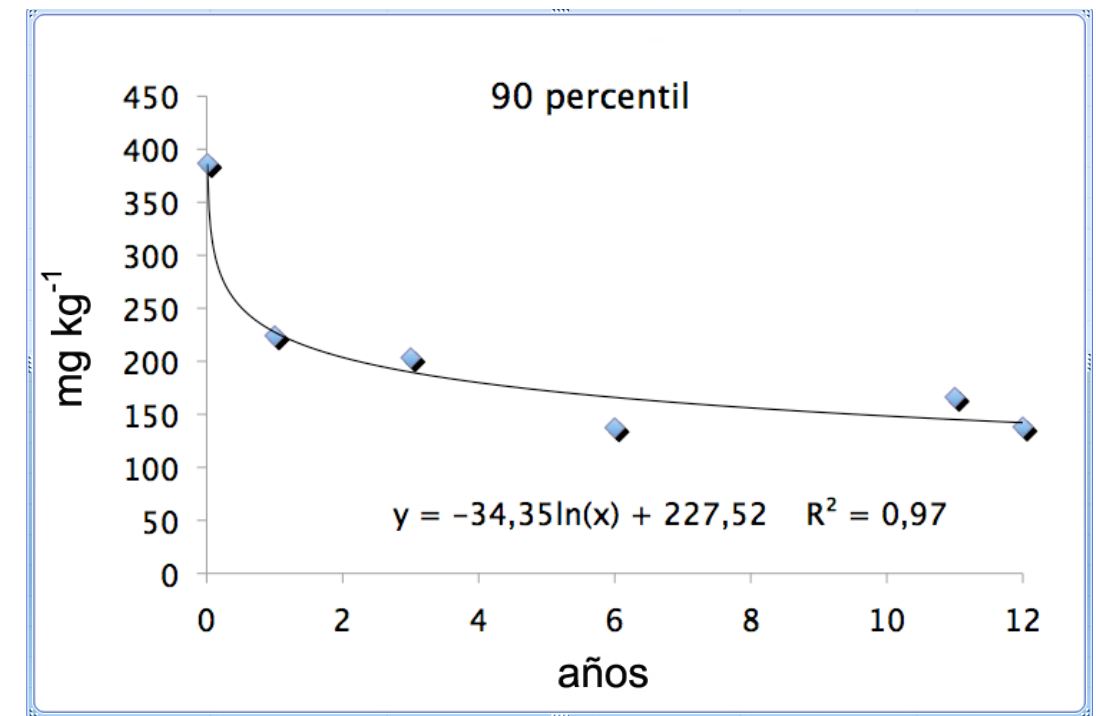
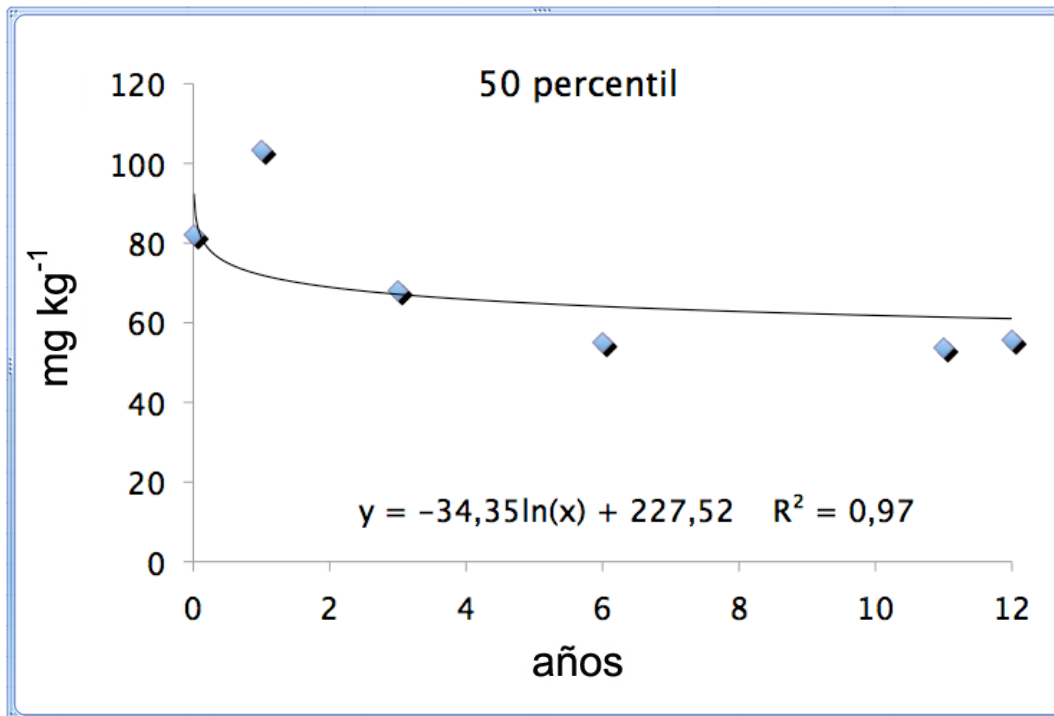
As, mg/kg

año	edad	50 percentil	75 percentil	90 percentil	95 percentil	99 percentil
1998	0	82,1	162,6	386,7	692,4	852,8
1999	1	103,4	157,9	224,2	389,5	494,0
2001	3	68,1	112,2	203,5	284,7	486,7
2004	6	55,1	88,8	137,5	187,4	325,3
2009	11	53,7	95,9	166,2	209,6	320,8
2010	12	55,7	93,6	138,2	187,7	261,6

fracción total, 0-10 cm

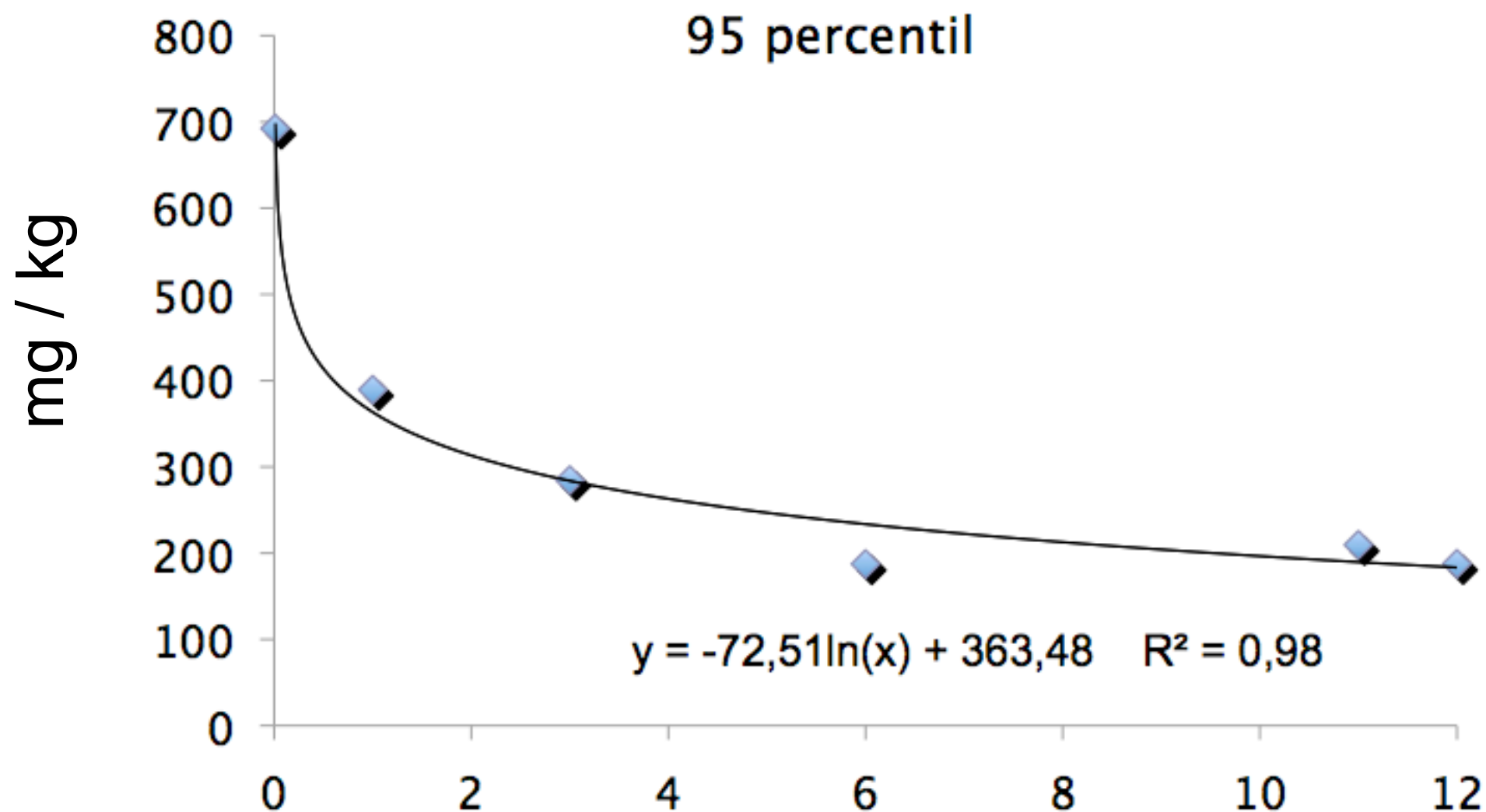
Zona remediada

As, total, 0-10 cm



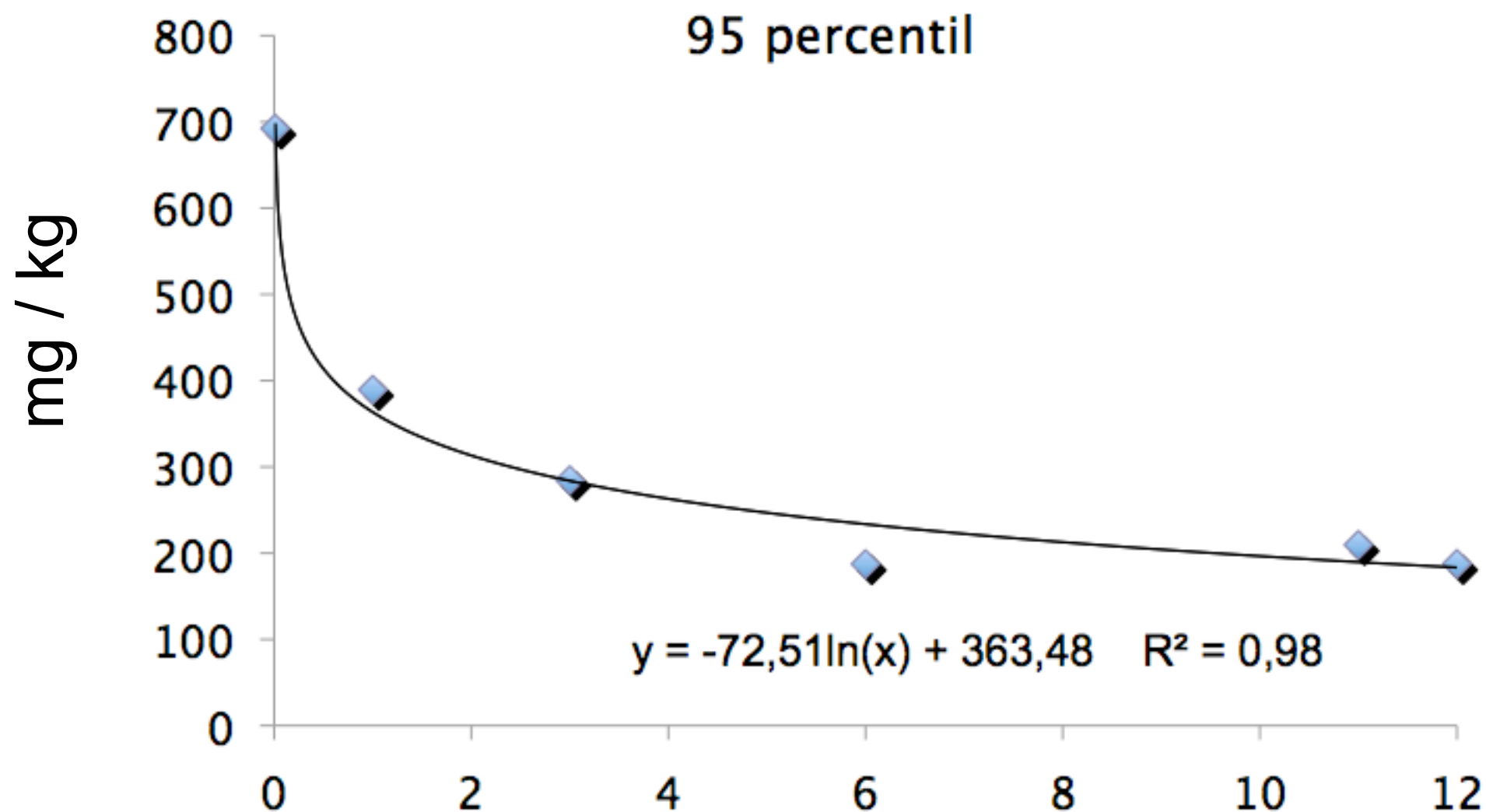
Zona remediada

As, total, 0-10 cm



Zona remediada

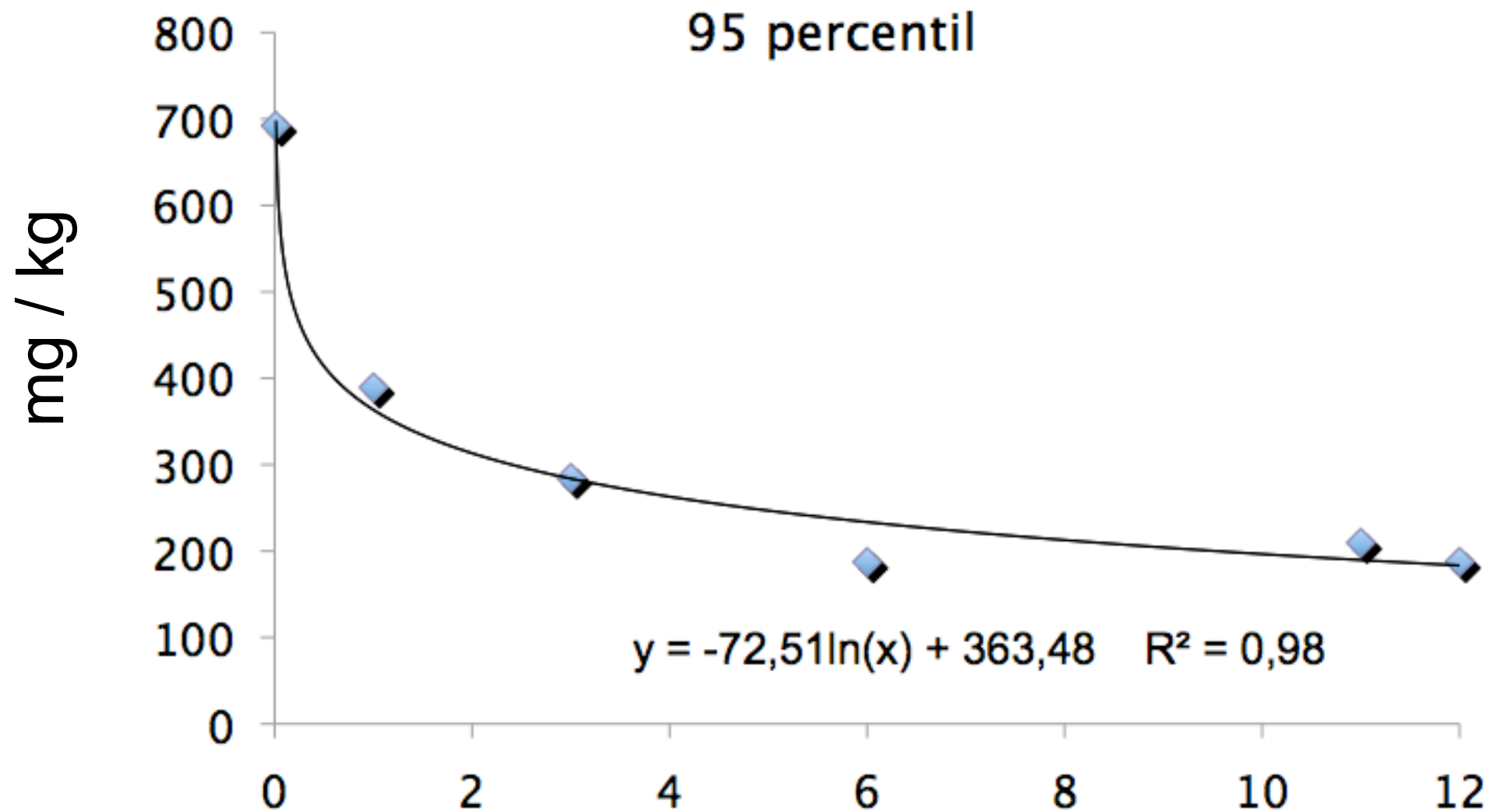
As, total, 0-10 cm



100 mg kg⁻¹ a los 38 años

Zona remediada

As, total, 0-10 cm



100 mg kg⁻¹ a los 38 años

18 mg kg⁻¹ a los 117 años

Muchas gracias por su atención

<http://edafologia.ugr.es/comun/confere.htm>

<http://www.edafologia.net/comun/confere.htm>