



# ECOTOXICOLOGÍA DEL ARSÉNICO EN SUELOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

AUTOR: ISMAEL PÉREZ MÍNGUEZ  
TUTOR: MIGUEL ÁNGEL CASERMEIRO  
DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA

## INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El Arsénico es un metaloide que aparece de manera natural y ubicua en el medio ambiente. Aparece normalmente combinado con más de 150 elementos diferentes (cobre, plomo, azufre, níquel, hierro, cobalto, zinc, etc...).<sup>1</sup>

Lo podemos encontrar de diferentes formas (compuestos inorgánicos y orgánicos), Los compuestos inorgánico son más tóxicos. Aparecen sobre todo en aguas (su principal vía de transporte en el ambiente), donde se encuentran principalmente en sus dos estados de oxidación: As (III) y As (V), en forma de  $As_2O_5$  y  $As_2O_3$ . Las fuentes de arsénico en el medio ambiente son por tanto naturales y antropogénicas. Generalmente aparecen por disolución de minerales, aunque también pueden aparecer por contaminaciones industriales, uso de plaguicidas o deposición atmosférica.<sup>2,3</sup>

El contenido de arsénico es muy variable, aunque las mayores concentraciones se han encontrado en aguas subterráneas.<sup>3</sup>

## OBJETIVOS

El objetivo general es contribuir al conocimiento de las causas de la contaminación por arsénico de los suelos de la Comunidad de Madrid, así como los factores que influyen en su movilización y transferencia a aguas subterráneas, que son las que realmente ponen en peligro la salud del ser humano.

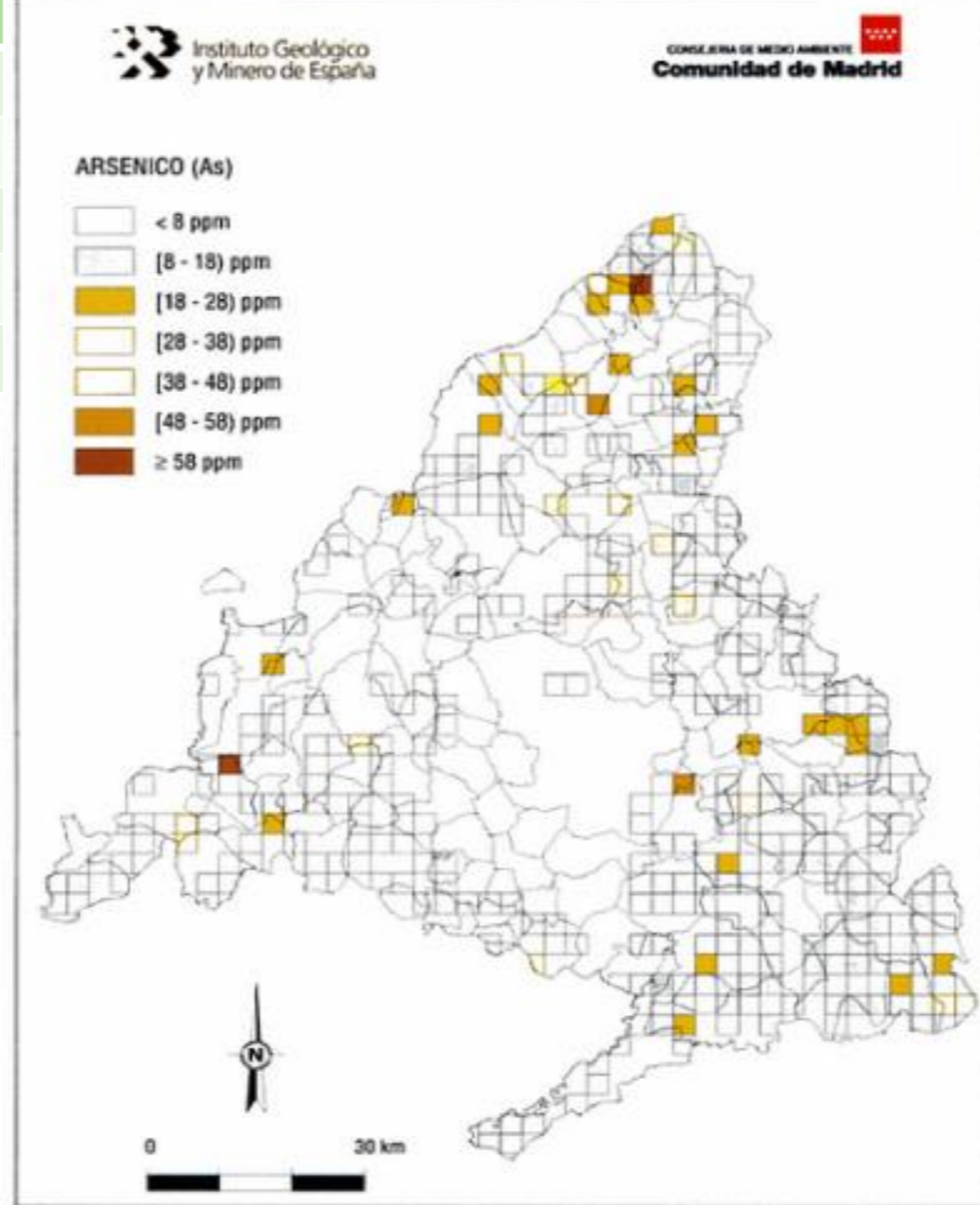
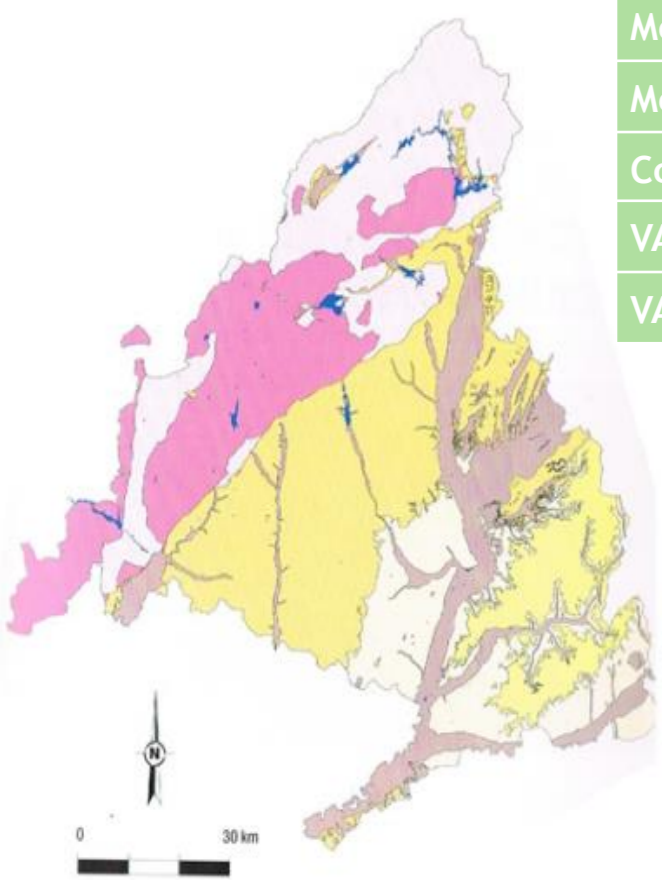
## RESULTADOS

### SUELOS<sup>4</sup>

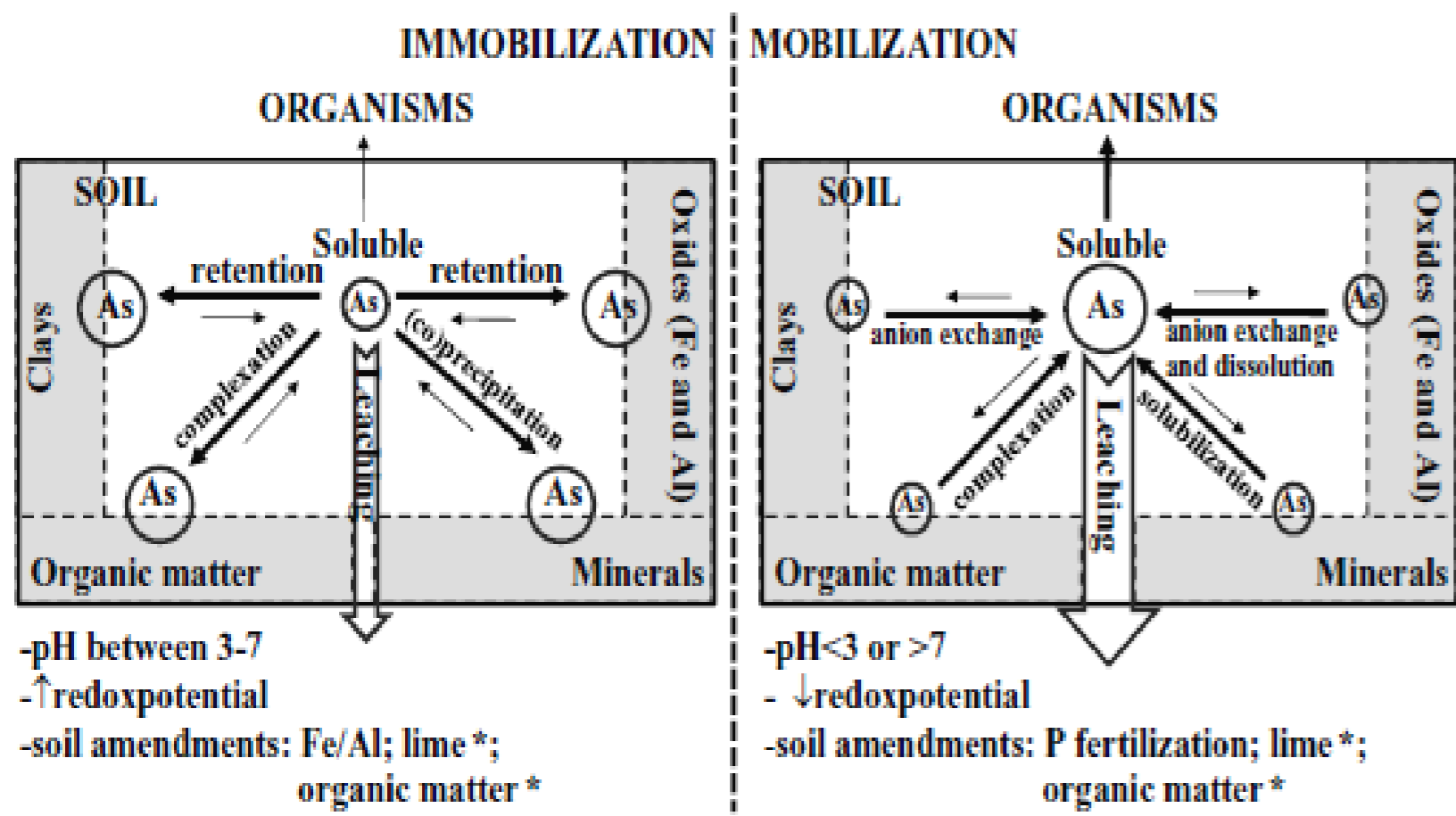
[Arsénico] $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	U.T.1	U.T.2	U.T.3	U.T.4	U.T.5	U.T.6
Media	17.851	4.185	6.684	10.179	11.225	9.698
Mediana	12.300	2.300	3.000	10.050	9.300	8.400
Cota superior mediana	14.369	2.8	4	10.393	10.285	9.123
VALORES DE FONDO	14	3	4	10	10	9
VALORES DE REFERENCIA	57	10	17	19	33	24

[Arsénico] $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	GLOBAL
Media	9.925
Mediana	7.633
Mínimo	0.4
Máximo	86.2
VALORES DE FONDO	8
VALORES DE REFERENCIA	24



### Movilidad y solubilidad de Arsénico en el suelo<sup>5</sup>



### Legislación actual

Aguas de consumo humano: 10 $\mu\text{g}/\text{L}$   
Niveles genéricos de referencia en función del tipo de suelo:  
• 40mg/Kg (Uso industrial)  
• 24mg/Kg (Uso urbano)  
• 24mg/Kg (Otros usos del suelo)

El efecto del pH y Eh	Fe, Al, óxidos de Mn y oxihidróxidos	Concentración de P	Tipo de suelo y materia orgánica
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\uparrow</math> pH del suelo provoca la liberación de arseniato y arsenito.</li> <li>• <math>\uparrow\uparrow</math> pH, en presencia de sulfatos y carbonatos produce por un lado una coprecipitación de arsénico que acaba formando oxihidróxidos y sulfatos.</li> <li>• En suelos alcalinos bien aireados, la solubilidad del Arsénico es limitada por su precipitación.</li> <li>• pH + PE &gt; 10 <math>\rightarrow</math> <math>\uparrow</math>As (V)</li> <li>• pH + PE &lt; 6 <math>\rightarrow</math> <math>\uparrow</math>As (III)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\downarrow</math> [O<sub>2</sub>] el As fijado a estos compuesto se libera por la rotura de la estructura de los hidróxidos de Fe.</li> <li>• Suelos con <math>\uparrow</math> [Fe] tienen una mayor capacidad de retención de arseniatos y arsenitos.</li> <li>• La adsorción de arsénico con óxidos depende la duración de la interacción entre el As y el óxido, la liberación del arsénico será más difícil a medida que aumenta el tiempo de interacción.</li> <li>• La adición de Fe al suelo inmoviliza el arsénico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• P es un análogo al arseniato. La aplicación de P al suelo provoca una liberación del As retenido.</li> <li>• Esto se debe a la competencia no específica entre ambos aniones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La disponibilidad de arsénico es mayor en los suelos de arcilla, aunque la retención de As en arcillas es menos eficaz que con óxidos.</li> <li>• <math>\uparrow</math> polimerización de compuestos húmicos <math>\downarrow</math> tamaño <math>\rightarrow</math> <math>\uparrow</math> proporción de grupos funcionales <math>\rightarrow</math> <math>\uparrow</math> solubilidad.</li> </ul>

## CONCLUSIONES

Hay que controlar la presencia de As en el medio ambiente. La mayoría del As se encuentra de manera natural. El riesgo no proviene de que exista As en el suelo, sino de que este puede moverse transfiriéndose a las aguas subterráneas, las cuales ya pueden entrar dentro de nuestra cadena trófica.

Según los estudios mencionados, en la Comunidad de Madrid existen ciertas áreas con mayor riesgo, por lo general suelen ser pozos privados, los cuales hay que controlar y regular.

Las autoridades sanitarias y ambientales regulan los niveles genéricos de referencia para suelos contaminados y los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Como conclusión final indicar que el As es un elemento natural en suelos y aguas y tenemos que convivir con él, evitando la movilización y transferencia hacia las cadenas tróficas.

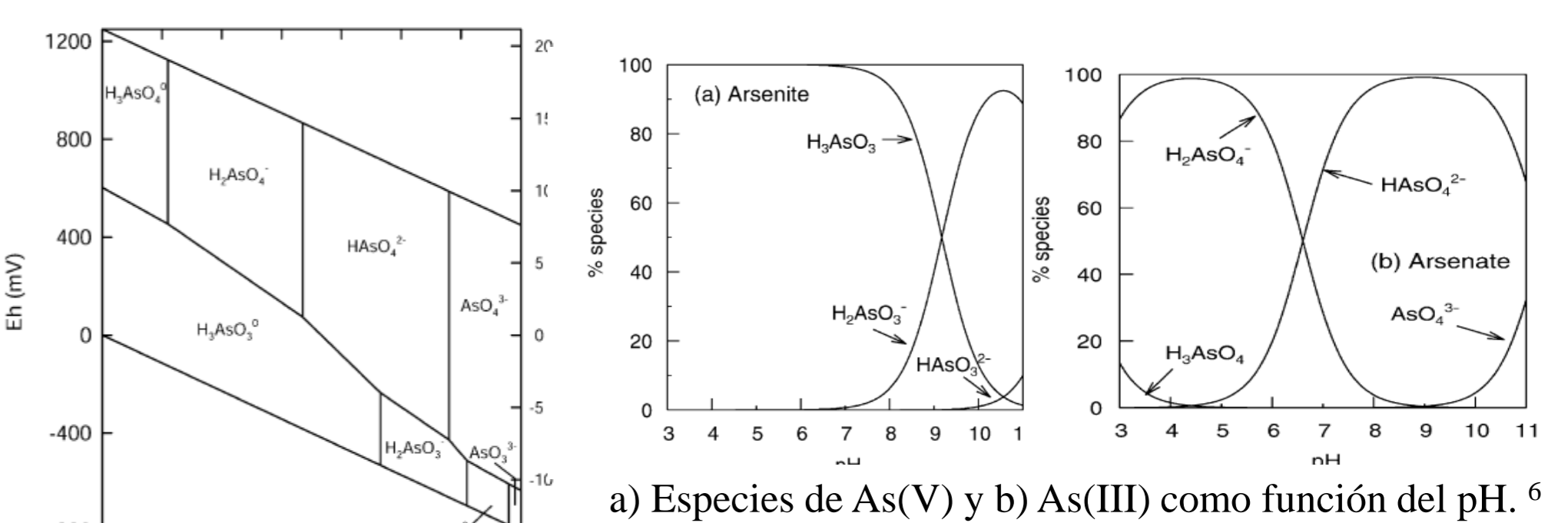
## BIBLIOGRAFÍA

- 1- Sanz, N. A. (2001). Arsenic levels in drinking water supplies from underground sources in the Autonomous Community of Madrid. *Revista Española de Salud*, 421-432.
- 2- García, S. (2013). *Estudios de especiación de Arsénico y acumulación de metales en muestras de interés medioambiental*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid
- 3- WHO. (2003). *Guidelines for Drinking-Water Quality. Volume 1: Recommendations*, 2nd ed. WHO. Geneva
- 4- De Miguel, E., & Callaba, A. (2002). *Determinación de niveles de fondo y niveles de referencia de metales pesados y otros elementos traza en suelos de la Comunidad de Madrid*. (D. Baretino, Ed.) (Medio ambi.). Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- 5- Moreno-Jiménez, E., Esteban, E., & Peñalosa, J. (2012). The fate of arsenic in soil-plant systems. *Reviews of environmental*, 215
- 6- Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters, *Pergamon* 17, 517-568.
- 7- Lillo, J. (2003). Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas. *Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Medio Ambiente*. from www.aulados.net. Temas Ambientales 2007.

## METODOLOGÍA

Se ha realizado un estudio bibliográfico, en el cual se han utilizado artículos científicos relacionados con el Arsénico, suelos y aguas. Estos artículos se han obtenido de la búsqueda en bases de datos como PubMed o ScienceDirect. Además, se ha usado como fuente de información libros, y páginas web.

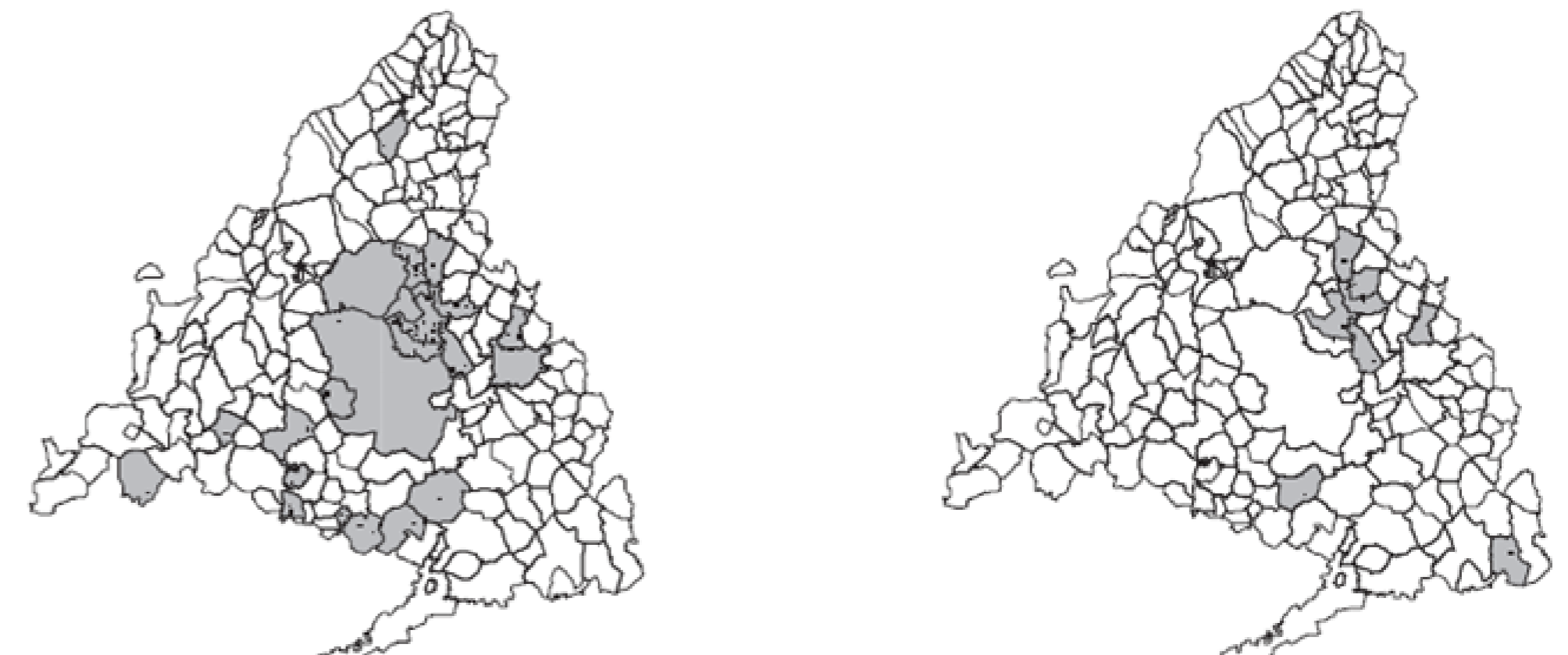
### AGUAS



a) Especies de As(V) y b) As(III) como función del pH.<sup>6</sup>

Diagrama Eh-pH de especies acuosas de As<sup>6</sup>

Abastecimientos con nivel de As entre 10-50 $\mu\text{g}/\text{l}$  o no detectable (80) Abastecimientos con nivel de As >50  $\mu\text{g}/\text{l}$  o tóxico (13)



Resultados del muestreo de abastecimientos en los que el contenido de As oscila entre 0 y 363 $\mu\text{g}/\text{L}$ .<sup>1</sup>

Origen natural de As en las aguas está controlado por tres factores: la fuente primaria de arsénico (geosfera y atmósfera); los procesos de movilización/retención; y el transporte de arsénico como especie acuosa en el seno del agua.<sup>7</sup>

### Mecanismos geoquímicos de liberación y movilización de As a las aguas<sup>7</sup>

Oxidación de sulfuros	Disolución de óxidos e oxihidróxidos de Fe y Mn con $\uparrow$ pH	Desorción en condiciones oxidantes a pH alto
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso local en áreas mineras con <math>\uparrow</math> de sulfuros.</li> <li>• Condiciones <math>\uparrow</math> [O<sub>2</sub>]</li> <li>• <math>\text{Fe}\downarrow \rightarrow \text{FeS} + \text{FeO} \rightarrow</math> readsorción y coprecipitación de As</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FeO y oxihidróxidos de Fe y Mn <math>\rightarrow</math> disuelven en condiciones <math>\uparrow\uparrow</math> pH.</li> <li>• El As adsorbido o coprecipitado <math>\rightarrow</math> moviliza durante la disolución.</li> <li>• Esto explica, las <math>\uparrow</math>[As] en el drenaje ácido de minas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\uparrow</math>[O<sub>2</sub>] <math>\rightarrow</math> desorción de arsénico <math>\uparrow</math> pH</li> <li>• <math>\downarrow</math>pH <math>\rightarrow</math> más efectiva la movilización.</li> <li>• Correlación + entre la [As] en la fase acuosa y los valores de pH.</li> </ul>
Desorción y disolución en condiciones reductoras	Desorción por $\downarrow$ de superficie específica en la fase sólida	Desorción por $\downarrow$ en la carga de superficie de la fase sólida
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismo importante</li> <li>• Paso As (V) adsorbido en condiciones <math>\uparrow</math>[O<sub>2</sub>] a As(III)</li> <li>• Estos minerales se disuelven en <math>\downarrow</math>[O<sub>2</sub>]</li> <li>• <math>\downarrow</math>[O<sub>2</sub>] pH <math>\approx</math> neutro <math>\rightarrow</math> pH no ejerce un control sobre la desorción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especial incidencia en los óxidos e hidróxidos de Fe</li> <li>• Agregados de micropartículas <math>\rightarrow</math> <math>\uparrow</math> tamaño <math>\rightarrow</math> <math>\downarrow</math> superficie específica <math>\rightarrow</math> movilización de As a la fase acuosa.</li> <li>• La Desorción es mucho más acusada para As(V) que para As(III).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenómenos que causan una <math>\downarrow</math> de la carga neta de superficie en los óxidos <math>\rightarrow</math> desorción de arsénico.</li> <li>• Estos fenómenos incluyen cambios estructurales en los óxidos de Fe.</li> <li>• Tienen lugar al pasar de condiciones <math>\uparrow</math>[O<sub>2</sub>] <math>\rightarrow</math> <math>\downarrow</math>[O<sub>2</sub>]</li> </ul>