

IMPACTO DE LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA SOBRE EL APORTE DE METALES PESADOS EN SUELOS DEL PARQUE NATURAL DE LA ALBUFERA DE VALÈNCIA

E. Gimeno-García,¹ V. Andreu¹ i R. Boluda^{1,2}

RESUM

En aquest treball s'estudien quantitativament les entrades de metalls pesants degudes a l'activitat agrícola, als sòls dedicats al conreu de l'arròs al Parc Natural de l'Albufera de València.

La solució del sòl és la major font de metalls pesants i la via d'entrada més ràpida cap als conreus. Per a determinar la fitotoxicitat que poden arribar a originar aquestes acumulacions, és indispensable conèixer les vies d'entrada, quantificar-les i dilucidar els mecanismes fisicoquímics que regulen els processos de solubilització.

Els resultats demostren l'existència important de Cd, Co, Cu, Zn, Fe i Mn, en fertilitzants, i de Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe i Mn, en pesticides normalment emprats en aquesta zona i en aquest tipus de conreu. L'estimació demostra que els metalls majoritàriament aportats

són el Fe, Cu i Zn en unes quantitats entre 1 i 15 kg/ha/any, i els minoritaris són Cd, Co i Ni en quantitats entre 150 i 450 mg/ha/any.

PARAULES CLAU: arròs, fertilitzants, plaguicides, contaminació agrícola.

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia el contenido de metales pesados en muestras de fertilizantes y plaguicidas que se utilizan en las prácticas agrícolas, en los suelos dedicados al cultivo del arroz en el norte del Parque Natural de la Albufera de València, con objeto de conocer el impacto de la actividad agrícola en la contaminación por metales pesados en el suelo.

En los agroecosistemas, el equilibrio entre fracciones de elementos solubles, absorbibles y no absorbibles por las plantas, indica que la solución del suelo es travesía obligatoria para muchos elementos traza. Una vía importante para la entrada de estos elementos en los sistemas agrícolas son los fertilizantes y los plaguicidas.

Los resultados demuestran la exis-

1. Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE). CSIC. Universitat de València. Generalitat Valenciana.

2. Departament de Biologia Vegetal. Av. Vicent Andrés Estellés, s/n. 46100 Burjassot (València). Telf 96 386 42 86 Fax 96 386 49 26. Adreça electrònica: rafael.boluda@uv.es.

tencia importante de Cd, Co, Cu, Zn, Fe y Mn, en los fertilizantes y de Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe y Mn, en plaguicidas normalmente empleados en esta zona y en este tipo de cultivo. Este estudio demuestra que los metales mayoritariamente aportados al suelo son Fe, Cu y Zn en cantidades entre 1 y 15 kg/ha/año y los minoritarios corresponden a Cd, Co y Ni en cantidades entre 150 y 450 mg/ha/año.

PALABRAS CLAVE: arroz, fertilizantes, plaguicidas, contaminación agrícola.

ABSTRACT

In this study, the heavy metals content in samples of fertilizers and pesticides applied in the soils cropped with rice in the northern part of Valencia's Albufera Natural Park are studied with the aim of establishing the impact of agricultural activities on the heavy metal pollution of the soil.

In the agro-ecosystems, the balance between elements into soluble, absorbable and non-absorbable fractions by the plants shows that the soil solution is an obligatory path for many trace elements.

The results shown an important level of Cd, Co, Cu, Zn, Fe and Mn in the fertilizers and Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe and Mn in the pesticides commonly applied in this area and to this type of crop. This study shows that the metals applied to the soil in larger quantities are Fe, Cu and Zn with amounts between 1 and 15 kg/ha and year and the lowest are Cd, Co and Ni with amounts between 150 and 450 mg/ha and year.

KEY WORDS: rice, fertilizers, pesticides, agricultural pollution.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El suelo es un sistema complejo que, por su origen, y diciéndolo en términos sencillos, es la respuesta de la litosfera a la acción conjunta de la atmósfera e hidrosfera, que tiende a alcanzar un equilibrio con su entorno y, por lo tanto, evoluciona en el tiempo y en el espacio.

En todo el mundo existe una gran preocupación por la degradación del suelo, que en último término, siempre repercute sobre la productividad agrícola, el medio ambiente y sobre otros aspectos económicos y sociales. En el ámbito europeo, la Declaración de Estrasburgo de 1972, que establece la Carta Europea del Suelo y la Comisión y Oficina Europea del Medio Ambiente, también han manifestado su preocupación por este recurso, por su uso y, riesgo de degradación o destrucción.

La contaminación es uno de los procesos que, junto con la erosión y la salinización, contribuye a degradar el suelo.

En las últimas dos décadas, se han multiplicado el número de estudios científicos sobre la cuantificación y la importancia que presentan determinados metales pesados en los procesos químicos, que tienen lugar en el medio ambiente, ya sea en aguas (dulces o marinas), aire (partículas sedimentables o en suspensión), sedimentos, suelos o

materiales biológicos (vegetales o animales).

Tras una primera etapa de obtención y valoración de datos sobre diferentes elementos (principalmente Hg, Pb, Cd, Cr, Cu, Mn, V, Se y As), se han podido establecer con un cierto nivel de seguridad balances de materia y mecanismos físico-químicos para algunos de ellos, y se han descrito cualitativamente los llamados *ciclos biogeoquímicos* para cada elemento. Esta información ha puesto en evidencia el importante papel que muchos de estos metales desempeñan como catalizadores en los procesos biológicos, tanto en aspectos beneficiosos como perjudiciales.

Aunque los metales pesados no suelen abundar en estado natural, salvo en zonas muy localizadas (explotaciones mineras), el creciente uso de fertilizantes, plaguicidas y productos residuales en la actividad agrícola es una vía de entrada importante de estos contaminantes en el sistema suelo (Swaine, 1962; Kabata-Pendias y Pendias, 1984; Webber *et al.*, 1984; O'Riordan *et al.*, 1986; Alloway, 1990; Gimeno-García *et al.*, 1996). Desde este punto de vista, los contaminantes ambientales más importantes entre los metales son Sb, Bi, Cd, Zn, Ni y Pb (Nicholas, 1983; Tiller, 1989).

Las concentraciones de los elementos traza en los vegetales están relacionadas frecuentemente de forma directa con su abundancia en suelos y rocas. Esta relación puede constituir ventajas o inconvenientes para las plantas y animales. Por ello, y dado que la produc-

ción de alimentos y la calidad del medio ambiente son aspectos que preocupan cada vez más a la población, es importante analizar su comportamiento en el sistema suelo-planta. Para esto, hay que considerar que el suelo es el tercero de los principales componentes medioambientales y un componente muy específico de la biosfera, en el que intervienen numerosos procesos biogeoquímicos, de tal manera que constituye el medio receptor de sustancias de diferente naturaleza que circulan por la atmósfera y la hidrosfera.

En los agroecosistemas, el equilibrio entre fracciones de elementos solubles, absorbibles y no absorbibles por las plantas, indica que la solución del suelo es travesía obligatoria para muchos elementos traza (Gimeno-García *et al.*, 1995). Existen dos vías importantes para la entrada de estos elementos en los sistemas agrícolas: aérea (aerosoles, polvo...) y terrestre (fertilizantes, plaguicidas, residuos sólidos...). Las vías de salida son recolección de cosechas, pastoreo, lixiviado, erosión y volatilización. Debido a los constantes cambios en las entradas y salidas, los ecosistemas agrícolas se encuentran prácticamente en «no equilibrio» con respecto al ciclo elemental. Dependiendo de varios factores, un agroecosistema, en muchos casos, está enriquecido o es deficiente en uno o más elementos traza. Raramente, estos suelos agrícolas pueden sostener una productividad máxima durante varios años sin la adición suplementaria de algún micronutriente (Adriano, 1986).

El suelo es un sistema dinámico que

potencialmente posee una elevada capacidad tampón respecto a los factores externos, además de su capacidad de transporte y almacenamiento de nutrientes, su capacidad de filtro biológico del agua subterránea, etc. La contaminación aparece en muchos casos al exceder esta capacidad tamponadora. Además, por lo que se refiere a los metales pesados, su persistencia en este medio es más prolongada que en otros puntos de la biosfera, su efecto es acumulativo y se concentra en la fase sólida, por lo que son muy difíciles de eliminar a corto plazo.

Por todo lo expuesto anteriormente, llegar a conocer los principales aportes de contaminantes, y en particular de los metales pesados, en los agroecosistemas puede servirnos para ejercer un mejor control sobre su uso y de algún modo, paliar sus efectos adversos.

En el presente trabajo se estudia el contenido de Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe y Mn, en muestras de fertilizantes y plaguicidas normalmente utilizados por las prácticas agrícolas en suelos dedicados al cultivo del arroz en el norte del Parque Natural de la Albufera (Valencia), con objeto de realizar una estimación del impacto de la actividad agrícola en la contaminación por metales pesados en el suelo.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El Parque Natural de la Albufera de Valencia es una de las escasas zo-

nas húmedas de la Europa mediterránea y centro de reunión de multitud de especies de aves de paso hacia otras latitudes. Además, es el sujeto pasivo de una larga serie de agresiones ecológicas de todo tipo, que ya dieron comienzo en el siglo pasado con la implantación del cultivo del arroz y la permisividad de los aterramientos que han continuado hasta el momento, aunque con la denominación legal de Parque Natural (Decreto 89/1986) hayan sido prohibidos. Sin embargo, las mayores agresiones que ha sufrido y sufre corresponden a cuatro sucesos básicos: expansión industrial de las zonas limítrofes (creación de polígonos que agrupan multitud de industrias), cuyos residuos desaguan en las acequias que riegan los arrozales; explosión demográfica de las poblaciones circundantes, cuyo alcantarillado vierte en las acequias y el lago; expansión urbanística en la zona costera, y una red vial densa que ocupa más de 40 ha. Además, hay que añadir las prácticas agrícolas con la utilización desmesurada de fertilizantes y plaguicidas (Generalitat Valenciana, 1991).

Los suelos se desarrollan sobre sedimentos finos del Holoceno (limos negros de albufera), característicos de las zonas costeras con encharcamiento estacional. Corresponden a fluvisoles calcáreo-gleycos en fase salina y cambisoles gleycos (FAO, 1988; Ministerio de Agricultura, 1990) con fuerte antropización debida al uso tradicional a que se dedican (cultivo del arroz). Son muy escasamente pedregosos, de textura franca o francoarcillosa y de pH ligeramente alcalino.

2.2. Determinación de metales pesados

Se ha determinado el contenido total y la fracción extraíble de Cd, Zn, Cu, Ni, Pb, Mn y Fe. A excepción del Cd (total y extraíble) y del Co (extraíble), que se determinan por cámara de grafito usando el método estándar de las adiciones, los elementos restantes se determinan por EAA-llama (Boluda *et al.*, 1993b).

Para evaluar el impacto de la actividad agrícola se determina el contenido de estos elementos en los fertilizantes y plaguicidas normalmente utilizados en esta zona y en el cultivo del arroz. La extracción se realiza por ataque fuertemente ácido en reactores de teflón y se utilizan las mismas condiciones de medida anteriormente indicadas.

todos estos compuestos se tomaron muestras representativas, que se analizaron para conocer el contenido de metales pesados en cada uno de ellos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan las cantidades de metales que posee cada uno de los fertilizantes analizados correspondientes a los más utilizados en el suelo de los arrozales del norte del Parque Natural de la Albufera de València.

Destaca el superfosfato de calcio por presentar los máximos valores de Cd (2,2 mg/kg), de Co (4,5 mg/kg), de Cu (12,5 mg/kg) y de Zn (50 mg/kg) como impurezas. El sulfato de Cu es el que contiene mayor cantidad de Pb (11 mg/kg), seguido del sulfato de hierro

FERTILIZANTES MINERALES	RIQUEZA	ABONADO kg/ha/año
Urea	46 % N	300
Superfosfato de calcio	18 % P	600
Sulfato de hierro 7 hidrato	18,5 % Fe	200
Sulfato de cobre 5 hidrato	25 % Cu	35

PRODUCTOS FITOSANITARIOS

NOMBRE COMERCIAL	PRINCIPIO ACTIVO	UTILIZACIÓN	ABONADO kg/ha/año
Ordram	Molinato	Herbicida	4
Antracol	Propineb 70 %	Fungicida	4
SaturnG	Tiobencarb 10 %	Herbicida	7

El calendario de abonado y tratamientos fitosanitarios es el siguiente: última semana de abril (campo seco), urea y superfosfato; 1ª semana de mayo (campo inundado), Antracol; 2ª semana de mayo, $\text{SO}_4\text{Fe} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 4ª semana de mayo, Saturn-G, y 2ª semana de julio, Ordram y Saturn-G. De

(10 mg/kg); además, únicamente en estos dos fertilizantes se ha detectado Ni (0,6 y 0,5 mg/kg, respectivamente). En ninguno de ellos se han encontrado cantidades de Fe y Mn, a excepción del sulfato de hierro, que contiene 220 mg/kg de Mn, y obviamente, 209 g/kg de Fe.

TABLA I. Contenido de metales pesados en fertilizantes y plaguicidas (mg/kg)

	Cd	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	Fe	Mn
FERTILIZANTES								
Cu Sulfato	0,204	0,064	255*	0,6	11,0	21,4	n.d.	n.d.
Fe Sulfato	0,031	1,351	0,3	0,5	10,0	13,3	201*	220
Urea	0,008	0,051	0,4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Superfosfato	2,22	4,50	12,5	n.d.	n.d.	50	n.d.	n.d.
PLAGUICIDAS								
Antracol	1,94	1,85	n.d.	0,75	5,0	274*	0,275*	15
Saturn-G	1,48	1,81	13,0	12,25	10,0	55,0	10,2*	205
Ordram	1,38	0,17	n.d.	14,25	7,5	32,5	10,1*	195

n.d. No detectado por AAS-llama

* g/kg

Si se comparan los resultados obtenidos con los que presentan otros autores (Swaine, 1962; Kabata-Pendias y Pendias, 1984; Webber *et al.*, 1984; O'Riordan, 1986; Alloway, 1990), encontramos que, en cuanto a los fertilizantes fosfatados, contienen entre 0,1-170 mg/kg de Cd, 1-12 mg/kg de Co, 1-300 mg/kg de Cu, 7-38 mg/kg de Ni, 7-225 mg/kg de Pb, 50-1.450 mg/kg de Zn y 40-2.000 mg/kg de Mn. Por lo tanto, los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos por dichos autores.

En cuanto a la urea, los autores anteriormente citados, establecen que los fertilizantes nitrogenados contienen entre 0,05-8,5 mg/kg de Cd y 5,4-12 mg/kg de Co, mientras que los resultados que se han obtenido al analizar este fertilizante son inferiores (0,008 y 0,051 mg/kg de Cd y Co, respectivamente). Adriano (1986) obtiene que el contenido de Cu en la urea es de 0,6 mg/kg, un resultado similar a 0,4 mg/kg. Para el resto de los elementos los contenidos se encontraban por debajo del límite de detección de las técnicas empleadas.

Los aportes más significativos de metales corresponden al Fe y Cu debido a las prácticas de abonado. En cuanto a los aportes debidos a las impurezas que presentan los fertilizantes, las mayores cantidades corresponden a Mn, Zn y Pb, y las menores, a Co, Cd y Ni.

Los contenidos de Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe y Mn encontrados en los productos fitosanitarios analizados, se muestran también en la tabla I. El Saturn-G y el Ordram son los que presentan mayor cantidad de Fe (10.000 mg/kg), de Mn (205 y 195 mg/kg, respectivamente), de Zn (55 y 32,5 mg/kg), de Pb (10 y 7,5 mg/kg) y de Ni (12,25 y 14,25 mg/kg, respectivamente). En cuanto al Cd, los tres compuestos analizados presentan contenidos similares, entre 1 y 2 mg/kg. El Antracol y el Saturn-G contienen prácticamente la misma cantidad de Co (1,8 mg/kg).

La mayor entrada de metales pesados se debe al Zn. Esto es lógico ya que se utiliza como uno de los elementos base del fungicida Antracol. Como impurezas destacan Mn, Ni, Pb y Fe.

Los menores aportes se deben a Cd, Co y Cu.

En la bibliografía consultada no se ha encontrado ninguna referencia que estime la cantidad de metales pesados que llegan al suelo a través de la utilización de plaguicidas.

En la tabla II se muestran las estimaciones de las cantidades de metales pesados que llegan al suelo procedente de esta vía.

El balance global de las entradas de metales pesados debidas a las prácticas agrícolas indica que el Fe, Cu y Zn son los elementos que llegan al suelo en mayor cantidad, con valores del orden de kg/ha/año de cultivo, que se debe a la utilización directa de los mismos en las prácticas agrícolas. Les sigue el Mn y Pb con valores del orden g/ha/año de cultivo. Las menores entradas son las de Ni, Co y Cd, que representan valores del orden de mg/ha/año de cultivo.

Para realizar una estimación del

TABLA II. Estimación del aporte de metales pesados que recibe el suelo desde las actividades agrícolas

METAL	FERTILIZ. g/ha/año	PLAGUI. g/ha/año	TOTAL g/ha/año
Cd	1,347	0,125	1,472
Co	2,987	0,060	3,047
Cu	8.932,68	0,304	8,933*
Ni	0,121	1,144	1,265
Pb	2,385	0,704	3,09
Zn	33,85	1.103,24	1,14*
Fe	40.200	0,845	40,2*
Mn	44	16,493	60,49

* kg/ha/año

aporte de metales pesados que recibe el suelo comparable con el contenido total de metales pesados en el mismo, se ha utilizado el criterio dado por Chumbley (1971) basado en el *equivalente de Zn*.

$$Eq_{Zn} = Zn + 2Cu + 8Ni$$

Se asume, tal como indica Greenland i Hayes (1981), que 15 cm superficiales de suelo para una hectárea tienen un peso de 2,10⁶ kg.

Con estos datos se ha calculado que el aporte de metales pesados que recibe el suelo con las prácticas agrícolas, en función del equivalente de Zn, es aproximadamente 10 µg/g/año de cultivo. Esto supone el 3 % del equivalente de Zn total (332 µg/g) del horizonte superficial del suelo. Si se tiene en cuenta que Chumbley (1971) y Webber (1972) (ADAS) consideran que el valor máximo del *equivalente de Zn* que puede incorporarse al suelo dentro de los límites de seguridad es de 250 µg/g en una sola aplicación o en varias y pequeñas a lo largo de un periodo de treinta años (Greenland i Hayes, 1981), el aporte calculado en el presente trabajo para un año es bajo, pero si se considera el periodo de treinta años, se supera el límite de seguridad. Si se consideran los valores límite que puede recibir anualmente un suelo según la legislación de la CEE y española, el *equivalente de Zn* para treinta años sería de 1.155 µg/g, con lo cual la cantidad estimada en el presente trabajo es bastante más baja. Únicamente, la cantidad de Cu aportada se aproxima al valor límite establecido (9 y 12 kg/ha/año de cultivo respectivamente).

Aplicando estos mismos razonamientos y realizando cálculos semejantes para la relación Zn/Cd (Chaney, 1973), que sirve para establecer el antagonismo que el Zn ejerce sobre el Cd, a fin de disminuir la toxicidad de éste, y que debe ser próxima o mayor a 1.000, se ha obtenido una relación Zn/Cd igual a 39,33 para el suelo, y de 5.914 para el aporte implicado en la fertilización y en los productos fitosanitarios. Esto indica que el aporte debido a esta actividad agrícola no es peligroso; sin embargo, esta misma relación para el suelo es muy baja, con lo cual, en teoría, el antagonismo que debe ejercer el Zn sobre el Cd no debe ser demasiado efectivo. La relación Zn/Cd calculada a partir de los valores límite que pueden incorporarse al suelo, según lo establecido por la CEE y la legislación española, para un año sería de 200, por lo que la cantidad añadida al suelo que se ha obtenido sigue siendo poco peligrosa.

Todo lo anterior induce a pensar que la contaminación de Zn, Cu y Ni debida a la actividad agrícola es importante; no obstante es menos significativa para el Cd, por lo que deben existir otras vías de entrada más importantes para este elemento. Greenland (1981) y Alloway (1990) citan numerosos trabajos que indican la importancia de la deposición aérea en el aporte de Cd y Pb al suelo y cultivos en zonas de gran actividad urbana e industrial.

Otro aspecto importante se refiere a las diferencias de criterios, que son significativamente distintas según se trate de referencias bibliográficas sobre el tema o aplicando lo establecido por la

legislación. Por ello, es necesario incrementar este tipo de estudios para poder establecer criterios más reales a la hora de evaluar este tipo de impacto sobre el suelo.

4. CONCLUSIONES

El estudio del contenido de metales pesados en los fertilizantes inorgánicos y productos fitosanitarios analizados indica que las cantidades encontradas en los primeros están dentro de los rangos establecidos por la bibliografía consultada. Los elementos que se encuentran como impurezas en mayor cantidad son Fe, Mn, Zn y Ni en plaguicidas, y Mn y Zn en los fertilizantes. El contenido de Pb es semejante en el resto de los productos, excepto en la urea y en el superfosfato de calcio. El contenido de Cd más elevado aparece en el fertilizante fosfatado y en los plaguicidas.

La estimación de los aportes al suelo debidos a fertilizantes minerales y plaguicidas indica que las mayores entradas se deben a Fe, Cu y Zn con 14,07, 8,93 y 1,1 kg/ha/año de cultivo, respectivamente; mientras que los menores aportes corresponden al Co, Ni y Cd con 435,19, 187,5 y 184,36 mg/ha/año de cultivo, respectivamente.

La contaminación de Zn, Cu y Ni debida a las actividades agrícolas es relativamente elevada, como lo demuestran los valores del *equivalente de Zn* obtenidos, que para un periodo de treinta años sería de 300 µg/g, cantidad que supera el límite de seguridad establecido por Chumbley (1971) y Webber (1972). Sin embargo, si se tiene en

cuenta la cantidad establecida por la CEE y la legislación española, este valor no se sobrepasa. Menos significativo es el aporte de Cd, si se tiene en cuenta el valor obtenido de 5.914 para la relación Zn/Cd procedente de dicha actividad. Estas discrepancias indican la necesidad de incrementar este tipo de estudios para establecer criterios más reales de evaluación del impacto de la actividad agrícola sobre la acumulación de metales pesados en el suelo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado, en parte, por el gobierno de la Generalitat Valenciana. Proyecto GV-2304/94.

BIBLIOGRAFÍA

- ADRIANO, D. C. (1986). *Trace Elements in the terrestrial environment*. Amsterdam: Elsevier.
- AGRICULTURAL DEVELOPMENT AND ADVISORY SERVICE (1982). *Extractable metals in soils, sewage sludge-treated soils and related materials*. London Her Majesty's Stationery Office.
- ALLOWAY, B. Y. (1990). *Heavy Metals in Soils*. Blackie and Son Ltd. Halsted Press.
- BOLUDA, R.; ANDREU, V.; GILABERT, M. A.; SOBRINO, P. (1993) «Relation between reflectance of rice crop and indices of pollution by heavy metals in soils of Albufera Natural Park (Valencia, Spain)». *Soil Technology*, 6, p. 1-13.
- BOLUDA, R.; ERRECALDE, F.; FARRE, R.; LAGARDA, M. J. (1993). «Determination of total content and extractable fraction of cadmium, zinc, cobalt, copper, nickel and lead in soils by atomic absorption spectrometry». Study of a method.
- CHANEY, R. L. (1973). «Crop and food chain effects of toxic elements in sludges and effluents». *Recycling municipal sludges and effluents on land*. Washington DC: National Associations of State Universities and Land-Grant Colleges.
- CHUMBLEY, C. R. (1971). «Permissible levels of toxic metals in sewage used on agricultural land». *ADAS Advisory Paper*, 10, Londres: MAFF.
- FAO/UNESCO (1988). «Soil Map of the World, revised legend». *Worlds Soils Resources Report*, 60, Roma: FAO.
- GENERALITAT VALENCIANA. (1991). *Plan Especial de Protección del Parque Natural de la Albufera*. Conselleria de Medi Ambient.
- GIMENO-GARCIA, E.; ANDREU, V.; BOLUDA, R. (1995). «Distribution of heavy metals in Rice Farming Soils». *Arch. of Environ. Cont. & Toxicol.*, 29, p. 476-483.
- (1996). «Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils». *Environmental Pollution*, vol. 1, núm. 92, p. 19-25.
- GREENLAND, D. J.; HAYES, M. H. D. (1981). *The chemistry of soil processes*. John Wiley & Sons.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. (1984). *Trace elements in soils and plants*. CRC Press Inc.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. (1990). «Proyecto LUCDEME. Mapa de suelos escala 1:100.000, Valencia 722». ICONA.
- NICHOLAS, A. D. J. (1983). «The function of trace elements in plants». A: Ni-

- CHOLAS, D. J. D.; EGAN, A. R. *Trace Elements in soil-plant-animal system*. Londres: Academic Press, p. 181-189.
- O'RIORDAN, E. G., DODD, V. A.; TUNNEY, H.; FLEMMING, G. A. (1986). *Irish J. Agric. Res.*, 25, p. 223-249.
- SWAINE, D. J. (1962). «The trace element content of fertilizers». *Comm. Bureau soils. Tech. Comm*, 52. Commonwealth Agricultural Bureau, Farham Royal, UK.
- TILLER, K. G. (1989). «Heavy Metals in Soils and Their Environmental Significance». *Advances in Soil Sci.*, vol. 9. Springer-Verlag.
- WEBBER, J. (1972). «Effects of toxic metals in sewage on crops». *Water Poll. Control*, 71, p. 404-413.
- WEBBER, M. D.; KLOKE, A.; TJELL, J. C. (1984). A: L'HERMITE, P.; OTT, J. D. [ed.]. *Processing and Use of Sewage Sludges*. p. 371-386.