

EVALUACION DE LOS NIVELES DE METALES PESADOS EN ECOSISTEMAS ENDORREICOS

CECILIA DE NOVALES¹, J. M. RECIO² y M. MEDINA¹

RESUMEN

Se lleva a cabo una evaluación de los contenidos de Cu, Zn, Cd, Pb y Ni acumulados en los sedimentos de tres ecosistemas endorreicos de la región andaluza, en concreto en las lagunas de El Conde, Tíscar y Jarales situadas al Sur de la provincia de Córdoba.

De los resultados obtenidos se deduce la presencia de estos metales pesados en el sustrato geológico donde se ubican estas lagunas (evaporitas del Keupper), así como la de Zn y Cu como derivados, además, de las labores agrícolas que se efectúan en las inmediaciones de estas lagunas. Todo ello hace extremar, junto al alto contenido en sal, las condiciones ambientales de estos ecosistemas.

INTRODUCCION

Los ecosistemas acuáticos continentales en zonas semiáridas constituyen espacios de alto interés ecológico al servir de áreas de nidificación y permanencia de gran multitud de aves acuáticas, al mismo tiempo que poseen una vegetación halófila singular, dadas las condiciones edafoambientales en las que se desarrollan. En la región andaluza, este tipo de ecosistemas puede estar bien representado por las lagunas de Salobral (o El Conde), Tíscar y Jarales situadas en la provincia de Córdoba (RECIO, 1985; RECIO *et al.*, 1985) y declaradas en la actualidad Reservas Naturales.

Estas lagunas presentan una génesis relacionada con el endorreísmo, causante de la formación de la mayoría de las laguna de Andalucía. Las características semiáridas de las zonas de ubicación y su escasa profundidad (menos de un metro) les comunican un carácter estacional muy acusado; la formación de sus cubetas se relaciona con fenómenos de disolución en evaporitas triásicas, por lo que presentan un elevado contenido en sales (MOYA *et al.*, 1989).

Al actuar como niveles de base para sus respectivas redes hidrográficas (MOYA, 1989) se muestran

como zonas favorables para poder evaluar la acumulación de algunos metales pesados usados con asiduidad en los cultivos que se desarrollan en su cuencas hidrológicas (fundamentalmente olivar), o bien la de poder estimar la contribución a estos niveles del propio sustrato geológico (ABERNATHY *et al.*, 1984).

A nivel mundial es abundante la bibliografía relativa a la presencia de metales pesados en sedimentos lacustres y otros ecosistemas acuáticos entre los que cabe citar los trabajos efectuados por BORTLESON y LEE (1972); ALLAN y BRUNSKILL (1976), MÜLLER (1981), GÓMEZ (1983), JONES (1983), BEREFULL y DE LA GUARDIA (1984), MANRIQUE *et al.* (1984), CORDON (1985), etcétera. En la actualidad no se poseen datos relativos a los contenidos en metales pesados que pueden presentar estos ecosistemas endorreicos de características bien distintas a los anteriormente citados. Con este objetivo, en el presente trabajo se lleva a cabo una evaluación de la presencia y niveles de metales pesados retenidos por los sedimentos de las tres lagunas antes citadas.

MATERIAL Y METODOS

Como se ha comentado anteriormente, la zona de estudio está situada en la provincia de Córdoba, y comprende tres lagunas de carácter estacional: Salobral (con una extensión de 47 hectáreas y una profundidad máxima de 0,71 m), Tíscar (con una

¹ Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Córdoba.

² Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Córdoba.

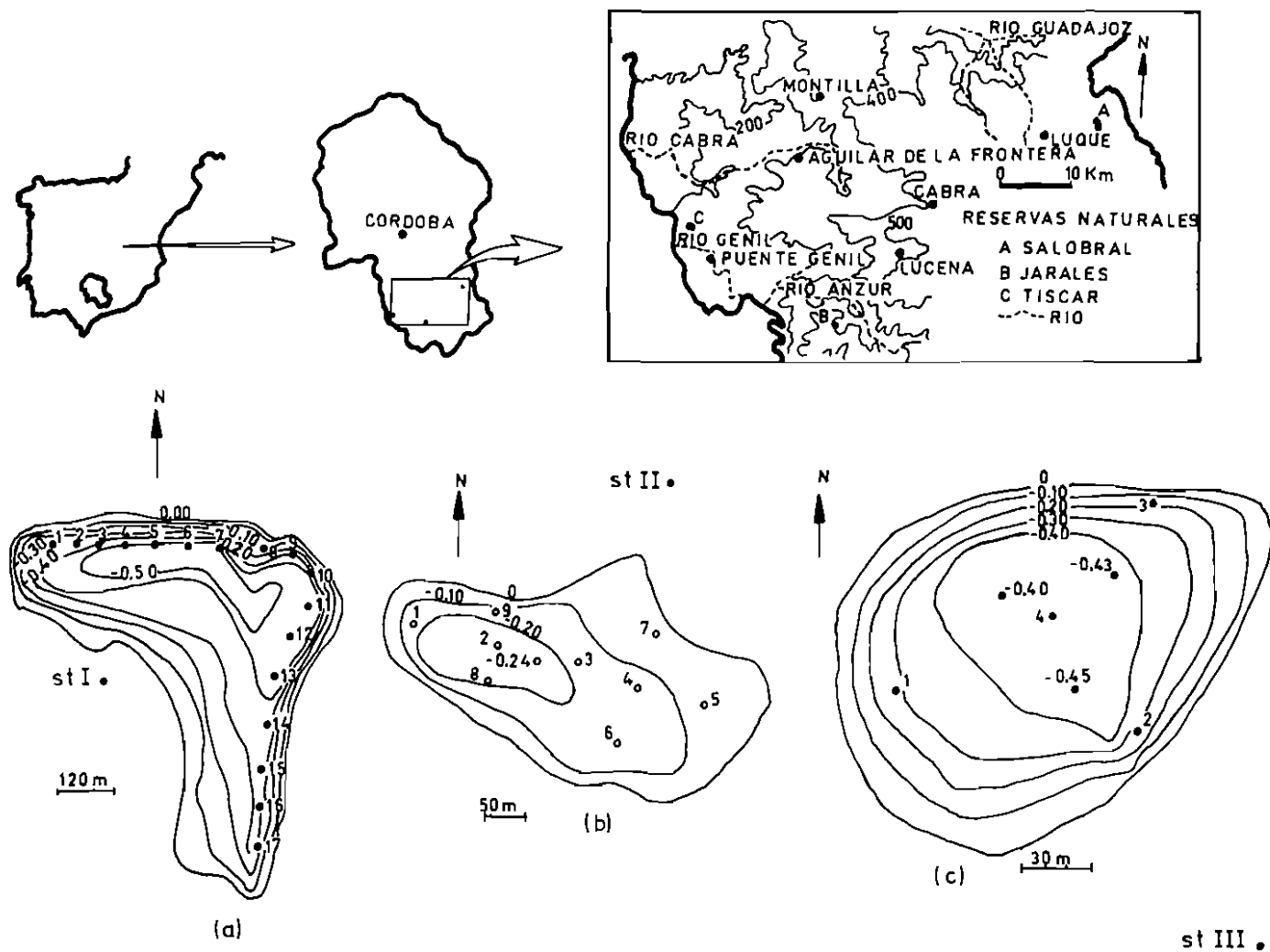


Fig. 1. Situación de sondas y perfiles de suelos: a) Salobral b) Tiscar c) Jarales

TABLA I
DATOS MEDIOAMBIENTALES Y PROPIEDADES MORFOLOGICAS DE LOS PERFILES DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

Perfil (cm)	Hori-zonte	Profun.	Color	Estructura (seco/humedo)	Consistencia	Reacción	Límite
I: Typic Pelloxererts (Alt.: 420 m; S: 0-25%; Pp: Pendiente; E: Erosión hídrica; G: Cuaternario sobre margas triásicas).							
	A _p	0-25	2,5 Y 7/2	Granular/gruesa	No pegajoso/blando	Fuertemente calcáreo	Difuso/plano
	B _w	25-55	2,5 Y 6/2	Poliédrica	Pegajoso/duro	Fuertemente calcáreo	Difuso/plano
	B _k	55-70	2,5 Y 6/2	Media/gruesa	Pegajoso/duro	Fuertemente calcáreo	Difuso/plano
	C ₁	70-100	2,5 Y 6/2	Media/gruesa	—	Fuertemente calcáreo	—
II: Typic Xerorthents (Alt.: 185 m; S: 0-2%; Pp: Pendiente; E: Erosión hídrica; G: Cuaternario sobre margas del Mioceno).							
	A _p	0-15	7,5 YR 5/4	Medio/granular	No pegajoso/blando	Fuertemente calcáreo	Difuso/ondulado
	A/C	15-32	5 YR 5/3	Poliédrico	No pegajoso/duro	Fuertemente calcáreo	Gradual/ondulado
	C ₁	32-52	2,5 YR 5/2	—	—	Fuertemente calcáreo	—
	C ₂	52-90	2,5 YR 5/2	—	—	Fuertemente calcáreo	—
III: Typic Xerorthents (Alt.: 428 m; S: 0-2%; Pp: Pendiente; E: Erosión hídrica; G: Cuaternario sobre margas triásicas).							
	A _p	0-5	7,5 YR 7/6	Granular/fina	No pegajoso/muy blanda	Fuertemente calcáreo	Claro/plano
	A/C ₁	5-65	7,5 YR 4/4	Granular/gruesa	No pegajoso/dura	Fuertemente calcáreo	Difuso/plano
	C ₁	65-110	10 YR 5/4	—	—	Fuertemente calcáreo	—

Alt.: Altitud; S: Pendiente; Pp: Posición fisiográfica; E: Erosión; G: Geología.

TABLA II
 CARACTERIZACION FISICO QUIMICA DE SEDIMENTOS Y SUELOS EN LAS LAGUNAS: SALOBRAL, TISCAR Y JARALES

Laguna	MO	CO ₃ ²⁻	pH	Arena	Limo	Arcilla	Conductiv.	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	
Sedimento SALOBRAL	0-25	2,47 ± 0,89	37,8 ± 5,71	7,73 ± 0,14	19,3 ± 3,75	34,2 ± 4,05	55,4 ± 5,37	57,4 ± 18,8	624 ± 189,1	2,19 ± 0,98	29,7 ± 5,20	225 ± 91,8	672 ± 286	181 ± 37,8
	5-50	1,85 ± 0,72	35,1 ± 4,59	7,59 ± 0,28	19,7 ± 4,84	35,9 ± 6,36	54,2 ± 7,83	36,7 ± 9,41	388 ± 78,3	1,63 ± 0,46	17,0 ± 2,57	135 ± 48,6	389 ± 96,8	142 ± 21,6
	50-75	1,14 ± 0,29	34,5 ± 4,27	7,11 ± 0,24	19,8 ± 3,94	33,6 ± 5,75	55,2 ± 6,55	29,9 ± 7,14	310 ± 90,3	1,27 ± 0,45	15,5 ± 1,66	115 ± 27,6	319 ± 85,6	125 ± 34,7
Suelo SALOBRAL	0-25	1,43	34,8	7,73	16	48	36	2,68	19,2	0,48	11,5	6,80	17,0	16,0
	25-55	1,27	38,2	7,81	24	40	36	2,42	10,1	0,43	15,0	7,30	11,0	18,0
	55-70	0,79	40,0	7,74	20	48	32	2,63	15,1	0,99	12,5	6,80	12,5	24,0
	70-100	1,11	38,2	7,60	12	36	52	3,04	19,9	0,38	12,5	9,60	10,0	27,0
Sedimento TISCAR	0-25	1,73 ± 0,36	29,9 ± 3,33	7,25 ± 0,25	28,4 ± 10,1	36,4 ± 14,3	35,1 ± 13,0	56,2 ± 14,3	638 ± 182	2,31 ± 0,66	44,2 ± 14,8	73,6 ± 27,0	642 ± 216	195 ± 33,4
	25-50	1,57 ± 0,44	32,2 ± 4,10	7,14 ± 0,19	29,7 ± 8,68	43,5 ± 13,5	26,6 ± 12,7	37,2 ± 13,8	413 ± 169	1,61 ± 0,58	24,7 ± 6,97	69,7 ± 22,2	415 ± 166	89,4 ± 25,3
	50-75	1,33 ± 0,18	28,6 ± 2,74	7,19 ± 0,19	32,8 ± 6,93	54,4 ± 8,11	12,6 ± 3,31	27,5 ± 6,76	273 ± 66,7	1,13 ± 0,23	29,7 ± 6,34	58,6 ± 15,2	289 ± 67,9	59,9 ± 22,1
Suelo TISCAR	0-15	3,05	14,4	8,20	60	24	16	1,10	4,34	0,41	5,75	0,66	5,01	4,80
	15-32	3,97	20,8	8,32	68	16	16	1,61	1,59	0,32	4,40	0,31	2,24	4,05
	32-52	2,75	18,8	7,17	44	32	24	0,55	2,17	0,29	3,55	1,08	3,55	3,63
	52-90	2,44	24,6	8,24	36	28	36	0,44	1,08	0,21	3,75	0,47	2,01	3,54
Sedimento JARALES	0-25	1,91 ± 0,10	26,9 ± 5,53	7,14 ± 0,39	34,9 ± 17,8	59,5 ± 14,8	15,5 ± 5,74	51,9 ± 19,9	699 ± 74,5	1,59 ± 0,94	86,1 ± 15,3	158 ± 46,7	662 ± 125	166 ± 19,2
	25-50	1,58 ± 0,14	25,6 ± 5,88	7,28 ± 0,41	28,5 ± 8,69	51,9 ± 14,8	29,5 ± 9,29	35,3 ± 6,14	435 ± 47,8	0,96 ± 0,33	51,8 ± 25,8	199 ± 17,3	460 ± 64,4	195 ± 3,16
	50-75	1,56 ± 0,24	23,9 ± 6,49	7,15 ± 0,42	29,5 ± 11,3	45,9 ± 10,1	25,5 ± 8,38	27,1 ± 4,99	332 ± 87,2	0,75 ± 0,34	25,3 ± 17,1	83 ± 14,1	337 ± 93,5	83 ± 9,77
Suelo JARALES	0-5	1,72	30,1	7,97	36	36	28	0,41	5,03	0,14	1,87	0,05	5,03	1,23
	5-65	2,23	28,4	7,91	28	52	20	0,44	2,00	0,13	2,02	0,12	2,54	1,82
	65-120	2,75	26,2	7,80	48	36	16	0,51	2,78	0,11	2,08	0,08	3,00	1,23

Materia orgánica, carbonatos y textura (%); Conductivity (mmhos/cm); Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl²⁻ y SO₄²⁻ (mEq/l).

extensión de 10 hectáreas y una profundidad máxima de 0,26 m) y la laguna de Jarales (con extensión de 2,5 hectáreas y una profundidad máxima de 0,71 m).

En la época estival se procedió a la toma de muestras de sedimentos en un número proporcional a la superficie que ocupa cada laguna (17 en Salobral, 9 en Tíscar y 4 en los Jarales), y a tres niveles de profundidad (0-25 cm, 25-50 cm, 50-75 cm), estando este último nivel delimitado por la presencia del nivel freático (Fig. 1). Como suelos de referencia, se procedió a la apertura de perfiles localizados en el área madre de cada laguna, situados a 100 m del borde máximo de la lámina de agua, que fueron descritos siguiendo los criterios expuestos por FAO (1977) (Tabla I).

Como paso previo se efectuó una caracterización fisicoquímica de los mismos, determinándose los parámetros de: pH materia orgánica (SIMS y HABY, 1971), carbonatos totales (DUCHAUFOR, 1975), textura (PRIMO y CARRASCO, 1973) C.E. y cationes y aniones solubles en agua (USDA, 1973; PINTA, 1971). El fraccionamiento de los contenidos metálicos (Zn, Cu, Cd, Pb y Ni) en sedimentos y suelos fue realizado según la técnica propuesta por TESSIER *et al.* (1979) y TESSIER y CAMPBELL (1988).

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla I muestra las características morfológicas y medioambientales de los suelos de referencia, y la Tabla II los niveles medios de los parámetros fisicoquímicos determinados en suelos y sedimentos.

Los sedimentos presentan un pH moderadamente básico que se relaciona con el contenido en carbonatos que poseen; el contenido en materia orgánica es bajo, dada la alta mineralización que sufre ésta en la época estival, donde llegan a desaparecer por completo los restos de la población algal que tapiza sus fondos en la época de existencia de la lámina de agua. Los suelos testigos muestran unos valores para estos parámetros típicos de los suelos que se desarrollan en esta zona (CEBAC, 1971). Los sedimentos muestran una lógica granulometría más fina que los suelos de sus alrededores, con predominio de las fracciones limo y arcilla en aquéllos, y de la arena en éstos (DE NOVALES, 1989).

El asentamiento de estas lagunas sobre materiales margosos ricos en sales de Keupper (MOYA, 1988) y los procesos anuales de desecación que experimentan, hace que presenten un elevado contenido en sales, sobre todo si se las compara con los suelos de sus inmediaciones (RECIO *et al.*, 1988). Predominan en éstas los iones Cl^- y Na^+ , seguidos de SO_4^{2-} y del ion Mg^{2+} , el cual predomina frente al Ca^{2+} dada la mayor solubilidad de las sales magnésicas que la del yeso (ILLING y WELLS, 1964). En profundidad, se observa una clara disminución de los valores de C.E. dado los lógicos ascensos que por capilaridad sufren estas sales durante el verano.

La Tabla III muestra los valores totales de Zn, Cu, Cd, Pb y Ni presentes en suelos y sedimentos de estos ecosistemas. El Zn muestra niveles medios totales entre 100 y 150 ppm, no alcanzando niveles que puedan considerarse como contaminantes (MCINTOSH, 1978; HAMILTON-TAYLOR, 1979), al no rebasar el límite de las 190 ppm señalado por autores como ISKANDAR y KEENEY (1974), MOORE (1980). La intensa utilización de este metal como elemento integrante de los productos fitosanitarios aplicados al olivar, se deja notar en los niveles encontrados para los suelos de la laguna de Salobral, así como del Cu, siempre en condiciones superiores fuera que dentro de las lagunas, con valores de hasta 60 ppm frente a los de 24 ppm en sedimentos. Comparando estos niveles con los encontrados más frecuentemente (20-60 ppm) (HAMILTON-TAYLOR, 1979; WATLING, 1979; MOORE, 1980), puede considerarse que este elemento no ejerce tampoco efecto contaminante en estos ecosistemas.

El Cd es el metal que se encuentra a niveles más bajos (7-11 ppm) y con una distribución más uniforme. No obstante, estos valores pueden considerarse como altos en base a la bibliografía consultada (MCINTOSH, 1978).

El Pb es el metal que presenta niveles medios totales más elevados (alrededor de 250 ppm en Tíscar y Jarales, y 60 ppm en Salobral), encontrándose siempre niveles más elevados en el interior de las lagunas que en sus cuencas hidrológicas, aunque autores como PANDE y DAS (1980) y HAMILTON-TAYLOR (1979) encuentran niveles muy superiores en torno a las 500 ppm.

El Ni se encuentra en estos ecosistemas endorreicos a niveles medios totales de 50 a 70 ppm y de

TABLA III
NIVELES MEDIOS TOTALES Y DESVIACIONES TÍPICAS DE Zn, Cu, Cd, Pb Y Ni EN SEDIMENTOS
Y SUELOS DE LAS LAGUNAS SALOBRAL, TISCAR Y JARALES

Laguna	Profundidad (cm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)
Sedimento	0-25	111 ± 15,9	12,5 ± 1,85	7,33 ± 1,12	62,5 ± 7,24	50,8 ± 3,38
	25-50	110 ± 14,5	19,6 ± 4,58	7,28 ± 1,19	65,3 ± 7,45	54,4 ± 3,05
	50-75	104 ± 16,6	18,5 ± 3,53	7,14 ± 1,19	60,6 ± 7,80	51,4 ± 3,31
SALOBRAL						
Suelo	0-25	136	35,8	7,75	38,9	57,7
	25-55	243	22,7	9,19	26,2	53,1
	55-70	131	24,5	6,69	29,5	46,3
	70-100	99,0	31,9	6,87	23,6	36,3
Sedimento	0-25	111 ± 2,37	24,9 ± 1,75	11,6 ± 0,43	247 ± 31,7	56,2 ± 2,94
	25-50	144 ± 24,9	22,7 ± 1,28	10,5 ± 0,55	246 ± 21,8	56,3 ± 4,46
	50-75	116 ± 6,22	21,8 ± 0,98	10,6 ± 0,49	233 ± 27,9	58,7 ± 4,67
TISCAR						
Suelo	0-15	108	38,7	8,34	127	59,5
	15-32	153	59,8	8,70	142	55,7
	32-52	130	50,5	7,98	56,1	56,4
	52-90	155	33,2	9,34	186	54,6
Sedimento	0-25	147 ± 21,9	21,5 ± 1,58	8,97 ± 0,25	276 ± 16,5	60,0 ± 6,42
	25-50	107 ± 1,60	21,1 ± 0,46	8,26 ± 0,26	223 ± 33,2	61,8 ± 6,23
	50-75	156 ± 20,0	23,5 ± 1,21	8,26 ± 0,14	279 ± 16,9	63,8 ± 8,57
JARALES						
Suelo	0-5	60,1	17,9	8,94	127	40,4
	5-65	77,1	23,5	12,3	112	50,1
	65-120	181	15,0	10,1	99,9	55,2

forma muy uniforme en los tres ecosistemas. Como niveles máximos para sedimentos lacustres pueden citarse las 273 ppm encontradas por CROKET y KABIR (1981).

Del fraccionamiento llevado a cabo de estos metales pesados, en función de su presencia en los diferentes componentes de los sedimentos y suelos (TESSIER *et al.*, 1979), se deduce que, a pesar de los altos niveles encontrados para algunos de estos metales, la fracción cambiante, que representa aquella fracción que fácilmente puede pasar a la cadena trófica del ecosistema, es muy reducida (Fig. 2), siendo la fracción residual la fracción mayoritaria para elementos como Pb, Cd o Ni, y en menor medida para el Cu y Zn donde las fracciones ligadas a carbonatos, materia orgánica y óxidos de hierro y manganeso parecen jugar un papel más importante (DE NOVALES, 1989).

Esto parece estar relacionado, por un lado, con el alto contenido de metales pesados que muestran las evaporitas, material parental tanto de las cubetas como de la mayoría de la superficie de las

cuenas hidrológicas de estas lagunas, tal como se deduce de los trabajos realizados por SAÉNZ DE GALDEANO *et al.*, (1983), SAÉNZ DE GALDEANO y FERNÁNDEZ (1983). Por otro lado, el uso tanto de Cu y Zn como productos agrícolas explicaría el mayor reparto en las distintas fracciones tanto en sedimentos como en suelos, al proceder de una fuente exógena independiente de los contenidos presentes en el material parental.

CONCLUSIONES

El fenómeno geomorfológico del endorreísmo provoca la formación de unos ecosistemas de alto valor ecológico, dada la fauna y vegetación que a ellos se asocia. La participación en la génesis de éstos de los materiales salinos del Keupper y la semiaridez climática motivan que estas zonas húmedas vengán caracterizadas por un alto contenido en sal, paralelo a un elevado contenido en metales pesados que hacen extremar las condiciones medioambientales para los organismos que en ellos habitan. Estos altos contenidos se ven aumentados

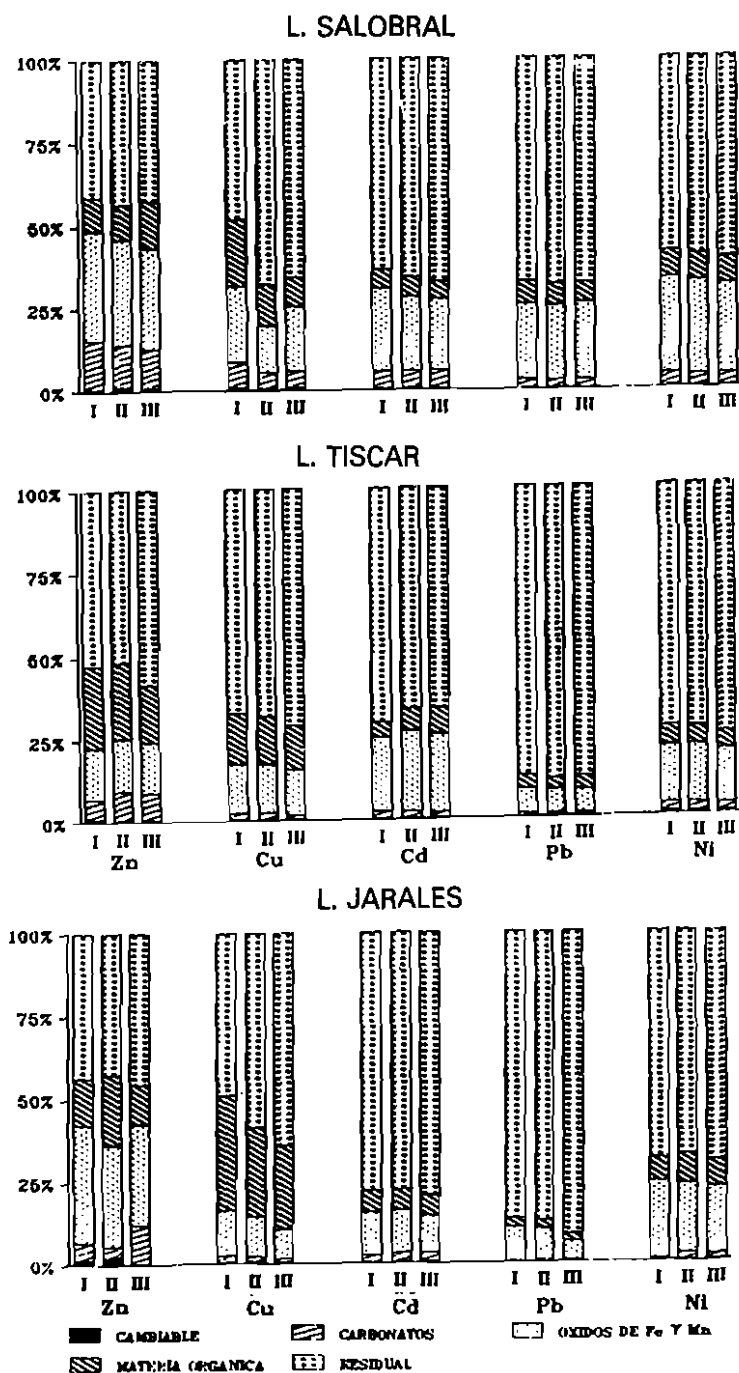


Fig. 2. Fraccionamiento de metales pesados en los sedimentos de las tres lagunas estudiadas.

por el uso agrícola de sus entornos, en concreto para el caso del Cu y Zn, únicos elementos que parecen ser modificados, aunque en la actualidad no llegan a límites de peligrosidad. Por otro lado, las escasas posibilidades de cambio de las condiciones

físicoquímicas y medioambientales de estos ecosistemas, dada la protección legal a la que están sometidos en la actualidad, hace que los niveles de estos metales pesados en la fracción cambiante no se vean incrementados.

SUMMARY

An evaluation is carried out of the contents and levels of Cu, Zn, Cd, Pb y Ni accumulated in the sediments taken from three closed-basin ecosystems in Andalusian region (Southern Spain).

The presence of these trace metals in the geological substrate, together with the high salt content, gives rise to extreme the environmental conditions of these ecosystems.

BIBLIOGRAFIA

- ABERNATHY, A. R.; LARSON, G. L., y MATHEUS, R. C., Jr., 1984: «Heavy metals in the surficial sediments of Fontana Lake, North Carolina». *Water. Res.*, 18 (3): 351-354.
- ALLAN, R. J., y BRUNSKILL, G. J., 1976: «Relative atomic variation (RAV) of elements in lake sediments: Lake Winhepeg and other Canadian lakes». (H. L. GOLERMAN ed.) *Proc. Int. Symp. Amsterdam.*, 6-10.
- BEREFULL, J. B., y DE LA GUARDIA, M., 1984: «Contenido de metales Traza en aguas de la albufera de Valencia y evolución de su salinidad y dureza». *Agroquim. Tecnol. Alim.*, 24: 3.
- BORTLESON, G. C., y LEE, G. F., 1972: «Recent sedimentary history of lake Mendota. Wisconsin». *Environ. Sci. Technol.*, 6: 799-808.
- CEBAC, 1971: *Estudio Agrobiológico de la provincia de Córdoba*, CSIC y Excma. Diputación Provincial de Córdoba, 401 pp. (España).
- CORDON, R., 1985: *Estudio comparativo de la contaminación por metales pesados en aguas, sedimentos y fauna piscícola de los estuarios de los ríos Guadalquivir y Barbate*. Tesina de licenciatura Cortijo del Cuarto. Sevilla (España).
- CROKET, J. H., y KABIR, A., 1981: «Geochemical pathway Studies of heavy metals in lake sediments from the Sudbury - Temagamy Area. Ontario». *Great. Lakes Res.*, 7 (4): 455-456.
- DE NOVALES, C., 1989: *Caracterización de sedimentos y niveles de algunos metales pesados en espacios lagunares de la provincia de Córdoba*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba (España).
- DUCHAUFOR, P. H., 1975: *Manual de Edafología*. Ed. Marson, S. A. Barcelona (España).
- FAO, 1977: *Guías para la descripción de los perfiles de suelos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma (Italia).
- GÓMEZ, A., 1983: *Determinación de los niveles de metales pesados y su evolución estacional, en los sedimentos de la bahía de Cádiz y sus zonas de esteros y marismas*. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz (España).
- HAMILTON-TAYLOR, J., 1979: «Enrichments of Zinc, Lead and Copper in recent sediments of Windermere, England». *ESPT* 13 (6): 693-697.
- ILLING, L. V., y WELLS, A. S., 1964: «Penecontemporaneous dolomite in the Persiam Gulf. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologist.* 48, 532.
- ISKANDAR, I. K., y KEENEY, D. R., 1974: «Concentration of heavy metals in sediments cores from selected wisconsin lakes». *Environ Sci. Technol.*, 8: 165-170.
- JONES, R., 1983: «Heavy metals in the sediments of Llangorse Lake, Wales, since Celtic-Roman times (22)». *Congress International Association Limnology. Lyon (France)*.

- MANRIQUE, A.; ARROYO, I.; NEBRERA, A., y RODRÍGUEZ, J., 1984: *Niveles de metales pesados en los sedimentos actuales del Parque Nacional de Doñana*. Comunicaciones INIA serie: Recursos Naturales núm. 38., 1985 (España).
- MCINTOSH, A. W.; SHEPARD, B. K.; MAYES, R. A.; ATCHISON, G. J., y NELSON, D. W., 1978: «Some aspect of sediment distribution and macrophyte cyclin of heavy metals in a contaminated lake». *J. of Environ. Qual.*, 7 (3): 301-305.
- MOORE, J. W., 1980: «Distribution and transport of heavy metals in the sediments of a small northern eutrophic Lake». *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 2416: 828-833.
- MOYA, J. L., 1988: *Hidrología de las zonas húmedas del Sur de la provincia de Córdoba*. Tesis Doctoral. F. Ciencias. Córdoba (España).
- MOYA, J. L., 1989: «Caracterización hidrográfica de las lagunas del Sur de Córdoba». *Ecología*, 3: 57-61.
- MOYA, J. L.; RECIO, J. M., y GIRALDEZ, J. V., 1989: «Hidroquímica de la laguna de Tíscar (Córdoba, España)». *Estudios Geológicos* (en prensa).
- MÜLLER, G., 1981: «Heavy metals and nutrients in sediments of lake Balaton, Hungary». *Environ. Technol. Lett.*, 2 (1): 39-48.
- PANDE, J., y DAS, S. M., 1980: «Metallic contents in water and sediments of Lake Naini Tal, India». *Water. Air. Soil. Poll.*, 13 (1): 3-7.
- PINTA, M., 1971: *Spectométrie d'absorption atomique*. Edit Mason et. Cie. 793 p. (Paris).
- PRIMO, E., y CARRASCO, J. M., 1973: *Química Agrícola I: Suelos y Fertilizantes*. Edit. Alhambra. Madrid. 472 p. (España).
- RECIO, J. M.; GARCÍA-FERRER, A., y SÁNCHEZ, M., 1985: «La laguna del Conde o el Salobral (Luque, Córdoba)». *Bol. Est. Cent. Ecol.*, 27: 57-64.
- RECIO, J. M.; GARCÍA-FERRER, A., y SÁNCHEZ, M., 1985: «Lagunas de carácter estacional de la provincia de Córdoba; parámetros físicos de las lagunas de Tíscar y Jarales». *Geographica XVIII*: 162-165.
- RECIO, J. M.; OLMO, J., y CARNICER, M., 1988a: «Closed basins and Vertisol formation in the Rincon lagoon (Andalusía, Spain)». *Catena.*, 15: 407-416.
- RECIO, J. M.; DE NOVALES, C., y MEDINA, M., 1988b: «Sediments and soils in closed basin ecosystems». *Inter. Symp. Hydrology of Wetlands in Semiarid and Arid regions*. 143-146 (Spain).
- SÁENZ DE GALDEANO, J. M.; FERNÁNDEZ, R.; RODRÍGUEZ, J.; SASTRE, J. L., y CASTILLO, A., 1983: «Elementos minoritarios de las aguas salinas del Keupper en la cuenca del río Guadiana Menor (Granada y Jaén)». *III Simp. de Hidrogeología. VIII*: 273-282 (Spain).
- SÁENZ DE GALDEANO, J. M., y FERNÁNDEZ, R., 1983: «Origen del quimismo de las aguas salinas del Keupper en la cuenca del río Guadiana Menor. Implicación de fenómenos hidrotermanes». *III Simp. de Hidrogeología. VIII*: 283-291 (Spain).
- SIMS, J. R., y HABY, U. A., 1971: «Simplified colorimetric determination of soil organic matter». *Soil Sci.* 112: 137-141.
- TESSIER, A.; CAMPBELL, P. G., y BISSON, C., 1979: «Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals». *Anal. Chem.*, 51: 884-885.
- TESSIER, A., y CAMPBELL, P. G., 1988: «Comments on the Testing of the Accuracy of an Extraction Procedure for Determining the Partitioning of Trace Metals in Sediments». *Anal. Chem.*, 60: 1475-1476.
- TORRES, J. A., y RAYA, C., 1982: «Zonas Húmedas del Sur de la provincial de Córdoba». *Bol. Est. Cen. Ecol.*, 11, núm. 22.
- WATLING, R. J., 1979: «The distribution of Trace metals in the Wilderness lakes». *Water S. A.*, 5 (1): 1-13.