

ACUMULACIÓN DE SALES EN VARIAS PLANTAS HALÓFILAS DE LA CUENCA DEL DUERO

Salts accumulation in some halophiles plants of the Duero basin

Florentino NAVARRO ANDRÉS & M.^a Ángeles SÁNCHEZ ANTA

*Departamento de Botánica, Universidad de Salamanca. Avda. Licenciado Méndez Nieto,
s/n, E-37007 Salamanca, España. fna@usal.es*

BIBLID [0211-9714 (2003) 22, 9-16]

Fecha de aceptación: 15-07-03

RESUMEN: Se hace un estudio de la acumulación de sales en varias plantas halófilas de la cuenca del Duero (Castilla y León, España). Las especies estudiadas son: *Frankenia laevis*, *F. pulverulenta*, *Camphorosma monspeliaca*, *Salsola soda*, *Atriplex patula*, *Suaeda splendens*, *S. vera*, *Salicornia ramosissima*, *Spergularia marina*, *Plantago coronopus* var. *columnae* y *P. maritima*.

Palabras clave: Acumulación de sales, plantas halófilas, cuenca del Duero, Castilla y León, España.

ABSTRACT: Salts accumulation in some halophiles plants belonging to the Duero basin (Castilla y León, Spain) are studied.

This species are: *Frankenia laevis*, *F. pulverulenta*, *Camphorosma monspeliaca*, *Salsola soda*, *Atriplex patula*, *Suaeda splendens*, *S. vera*, *Salicornia ramosissima*, *Spergularia marina*, *Plantago coronopus* var. *columnae* and *P. maritima*.

Keywords: Salts accumulation, halophiles plants, Duero basin, Castilla y León, Spain.

Nomenclatura botánica y autorías: Se ha seguido la de TUTIN & *al.* (1964-1980) y la de CASTROVIEJO & *al.* (1986-2001), salvo para *Plantago*, que seguimos la de LOSA (1962).

INTRODUCCIÓN

Actualmente se dispone de una amplia información bibliográfica sobre los suelos de los saladares de la cuenca del Duero y sobre su flora y vegetación, sin que se tengan datos concretos de las relaciones suelo-vegetación. GARCÍA & *al.* (1973) y LADERO & *al.* (1984a) califican como Solonetz a suelos ricos en sales, originados a partir de sedimentos areno-arcillosos miocénicos y cuaternarios procedentes de la alteración de areniscas y granitos, y de Solonchak cálcico, a los formados a partir de margas arcillosas, también miocénicas y calizas. Por otra parte, LADERO & *al.* (1997) reconocen suelos subhalófilos cubiertos de eflorescencias salinas que equiparan, según la terminología de la FAO, a los cambisoles gleicos.

De las dos publicaciones de LADERO & *al.* anteriormente citadas, así como de las de LADERO & *al.* (1984b), ALONSO & *al.* (1978), SÁNCHEZ RODRÍGUEZ & *al.* (1996) y VALLE & *al.* (2002), se deduce que dichos biotopos sirven de soporte a vegetales genuinamente halófilos y a otros subhalófilos o halófilos facultativos.

El conjunto de los halófilos estrictos está integrado por los siguientes elementos:

Aeluropus littoralis, *Artemisia coerulescens* subsp. *gallica*, *Bupleurum semicompositum*, *Cressa cretica*, *Frankenia laevis**, *F. pulverulenta**, *Gypsophila tomentosa*, *Juncus maritimus*, *J. subulatus*, *Limonium costae*, *Linum maritimum*, *Lythrum flexuosum*, *Microcnemum coralloides*, *Plantago maritima**, *Puccinellia festuciformis* subsp. *tenuifolia*, *Salicornia ramosissima**, *Salsola soda**, *Scirpus maritimus* var. *compactus*, *Spergularia marina**, *Sphenopus divaricatus*, *Suaeda splendens**, *S. vera**, *Tetragonolobus maritimus*, etc.

El grupo de los halófitos facultativos y subhalófitos está formado por:

Althaea officinalis, *Atriplex patula**, *Camphorosma monspeliaca**, *Bupleurum tenuissimum*, *Crypsis schoenoides*, *Elymus curvifolius*, *Hordeum marinum*, *Juncus gerardii*, *Lactuca saligna*, *Lythrum tribracteatum*, *Parapholis incurva*, *Plantago coronopus* var. *columnae**, *Polypogon maritimus*, *Schoenus nigricans*, *Scirpus tabernaemontani*, *Sonchus crassifolius*, *S. maritimus*, etc.

Con el fin de estudiar una serie de adaptaciones al halofitismo, se han seleccionado los vegetales no graminoides pertenecientes a cada uno de los grupos anteriores que aparecen marcados con un asterisco (*). Se ha calculado la relación o cociente de acumulación de cationes por parte de la planta.

Muchos vegetales viven en suelos poco frecuentes en la cuenca del Duero, en los que su composición química constituye un factor limitante esencial para la vida de las plantas; es el caso de los suelos que nos ocupan, que tienen una fuerte concentración salina.

La acción química de dichos suelos sobre la vegetación se manifiesta bajo tres aspectos condicionados por la selección natural y por la adaptación al medio halófilo:

1. Formación de fitocenosis particulares donde los árboles y arbustos encuentran grandes dificultades para vivir. Si se analiza la lista de halófitos y halófitos facultativos, nos daremos cuenta de que la gran mayoría son plantas herbáceas, aparece algún arbusto (*Suaeda vera*) o mata (*Camphorosma monspeliaca*) y faltan los árboles.
2. En el seno de tales fitocenosis se forman desde ecotipos (*Plantago coronopus* var. *columnae*) hasta especies netamente adaptadas al halofitismo (*Microcnemum coralloides*, *Plantago maritima*, *Salicornia ramosissima*, *Salsola soda*, *Spergularia marina*, *Suaeda splendens*, *S. vera*, etc.).
3. La posibilidad para algunas especies acumuladoras de absorber cantidades notables de algunos iones que en otras especies se hallan en concentraciones muy bajas, p. e. Cu, Mn, Fe, Zn.

El análisis químico de las sales del suelo y de las sales acumuladas por la planta, es un tema poco tratado en la literatura botánica. De las relaciones suelo/planta depende la posibilidad que tiene un vegetal terrestre de vivir en un sustrato determinado y acumular o eliminar algunos cationes, útiles o inútiles, que a veces le brinda el suelo en exceso.

MATERIAL Y MÉTODOS

Algunas especies absorben masivamente elementos presentes en exceso en el suelo y los acumulan en sus tejidos caulinareos y sobre todo foliares, y toleran en sus células cantidades anormalmente elevadas de uno o más elementos tóxicos para plantas no adaptadas. Las sales acumuladas por la planta lo suelen hacer en forma de disolución, lo que les confiere un alto grado de crasulencia (parénquimas acuíferos muy desarrollados y una presión osmótica elevada).

La acumulación de elementos minerales por las plantas puede cuantificarse empleando distintos índices. Nosotros utilizamos el cociente o relación de acumulación (RA) recogido en DUVIGNEAUD & *al.* (1973), que se expresa por el cociente entre la acumulación de un ión por parte de la planta y la concentración del mismo ión en el suelo [**RA** = *Concentración de un ión en la planta/Concentración del mismo ión en el suelo*].

Para la extracción y cuantificación de las sales de las plantas se han puesto muestras de las partes aéreas de vegetales, procedentes del Espacio Natural Lagunas de Villafáfila (Zamora), en una estufa a 80 °C durante 24 horas. Una vez seca la muestra, se pesan 0,5 g de las mismas (con cuatro cifras decimales) y se colocan en cápsulas de porcelana; después estas cápsulas, con las correspondientes muestras, se colocan en la mufla donde se eleva la temperatura cada 10 minutos en 100 °C hasta alcanzar los 500 °C. Se mantienen cinco horas a dicha temperatura, se sacan de la mufla y se añade a cada muestra 5 ml de la muestra extractora (ocho

partes de agua, una de ácido clorhídrico y otra de ácido nítrico). Se someten durante tres horas a 30 °C de temperatura y en sequedad. Después se filtran y enrasan 5 ml con la mezcla extractora. A continuación se someten las muestras al análisis por absorción atómica y los resultados obtenidos se expresan en µg/g referidos al peso. De este modo se han cuantificado los componentes mayoritarios (Na, K, Ca, Mg y P) y los minoritarios (Cu, Mn, Fe, Zn).

Las muestras de suelos se tomaron a 30 cm de profundidad en el mismo lugar de recolección de las plantas. Para las determinaciones analíticas de los cationes de cambio del suelo se ha seguido en líneas generales el esquema propuesto por BOWER & *al.* (1952) para suelos calizos y salinos, modificado en orden de poder efectuar las determinaciones de cationes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los datos relativos al suelo (el número es inferior al de plantas debido a que en un mismo tipo de suelo viven varias plantas). En la Tabla 2 se expresan los valores de las sales contenidas en las plantas expresadas en µg/g referido al peso, donde no hemos observado diferencias significativas entre individuos de la misma especie procedentes de suelos diferentes. Y en la Tabla 3 aparecen reflejados los resultados obtenidos para el RA del Na, K, Ca y Mg de cada planta.

Del análisis de la Tabla número 1 se puede apreciar que todos los halófilos considerados en este trabajo viven en suelos cuyo pH oscila entre 7,02 y 8,86.

Los suelos con mayor proporción de materia orgánica coinciden con aquellos cuyo pH oscila entre 7 y 8, lo cual se corresponde con aquellos que poseen mayor relación C/N (superior a 10).

El análisis de los cationes de cambio revela que los suelos con mayor contenido en Na son el 1 y el 4, en los que se desarrollan plantas bien adaptadas al halo-fitismo como *Frankenia laevis*, *Spergularia marina* y *Salicornia ramosissima*.

Respecto al contenido en Ca y K, el suelo más rico en estos cationes es el 6, en el que se desarrollan *Suaeda splendens* y *Plantago coronopus* var. *columnae*, seguido del suelo 5 en el que viven *Camphorosma monspeliaca* y *Plantago maritima*.

El suelo más rico en Mg es el 4, también con un alto contenido en Na y en el que domina *Salicornia ramosissima*.

El contenido en cationes del suelo no guarda una relación directa con el de la planta, dado que ésta los puede retener o los puede secretar bajo la forma de costras salinas en sus órganos aéreos. Así, *Frankenia laevis* tiene un alto contenido en Na, lo mismo que ocurre con el suelo que ocupa (Tabla 2); en cambio, no sucede

lo mismo con *Spergularia marina* y *Salicornia ramosissima* cuyo contenido en este mismo elemento es bastante menor que el de *Frankenia laevis*.

Las plantas con mayor contenido en K son *Salsola soda*, *Spergularia marina* y *Suaeda vera* que, aunque no coinciden con las concentraciones más altas de K en el suelo, indica una mayor capacidad de absorción en ellas de este catión.

Frankenia laevis, *Plantago maritima* y *Salsola soda* son los tres vegetales con mayor contenido en Ca, lo cual está relacionado con las concentraciones de este catión en el suelo.

Salicornia ramosissima, *Frankenia pulverulenta* y *Plantago maritima* son las plantas que retienen mayor cantidad de Mg y guarda relación con el contenido de este catión en el suelo.

En la Tabla 3 se muestran los resultados de la acumulación de iones por parte de las plantas en relación con los mismos iones contenidos en el suelo.

Según estos datos, la especie que retiene más Na en relación con el contenido de este ión en el suelo es *Suaeda vera*, con notable diferencia en relación con el resto de las especies estudiadas. Esta misma especie también destaca sobre todas respecto a la retención del K, seguida de lejos, para este elemento, por *Salicornia ramosissima*.

La relación de acumulación más alta para el Ca la tiene *Frankenia pulverulenta* y para el Mg *Spergularia marina*.

AGRADECIMIENTOS

A los Servicios de Absorción Atómica y Análisis del Suelo del IRNA de Salamanca por la ayuda prestada.

	pH	M.O. %	C/N	CATIONES de CAMBIO µg/g			
				Na	K	Ca	Mg
1. Villarrín de Campos, 30TTM7929, 690 m - <i>Frankenia laevis</i> - <i>Spergularia marina</i>	7,02	2,4	13,23	5.375,0	386,1	1.034	231,6
2. Villarrín de Campos (poblado), 30TTM7929, 690 m - <i>Frankenia pulverulenta</i> - <i>Salsola soda</i>	8,15	0,45	5,8	2.047,5	1.049,1	4.140	1.227,6
3. Villarrín de Campos, 30TTM7929, 690 m - <i>Suaeda vera</i> - <i>Atriplex patula</i>	8,86	0,73	6,4	77,5	237,9	720	114,0
4. Villarrín de Campos, entre Villarrín y Otero de Sariegos, 30TTM7929, 690 m - <i>Salicornia ramosissima</i>	7,29	3,57	13,8	5.287,5	803,4	4.000	1.380,0
5. Otero de Sariegos, 30TTM8232, 675 m - <i>Camphorosma monspeliaca</i> - <i>Plantago maritima</i>	8,04	1,07	8,7	-	1.536,6	6.300	813,6
6. Salinas de Revellinos, laguna de Barillos, 30TTM8737, 680 m - <i>Suaeda splendens</i> - <i>Plantago coronopus</i> var. <i>columnae</i>	7,99	2,76	10,12	-	2.152,8	8.380	1.140,0

TABLA 1. Datos relativos a suelos.

	Na	P	K	Cu	Mn	Fe	Zn	Ca	Mg
<i>Frankenia laevis</i>	313,9	2.452	19.946,0	7,0	554,4	35,0	0,5	20.191,5	2.471,0
<i>Camphorosma monspeliaca</i>	188,9	2.494	22.289,49	5,5	101,7	808,5	9,0	13.597,1	2.712,9
<i>Salsola soda</i>	95,5	2.059	88.264,7	3,5	54,5	766,6	16,5	18.360,1	4.571,1
<i>Atriplex patula</i>	171,5	3.022	28.744,3	3,0	66,5	878,8	18,5	1.1611,2	13.110,4
<i>Suaeda splendens</i>	43,8	2.072	18.640,9	2,5	32,6	1.906,0	10,9	4.348,1	1.574,2
<i>Salicornia ramosissima</i>	53,9	3.745	23.581,7	2,5	34,5	1.341,0	13,0	5.799,5	24.688,4
<i>Frankenia pulverulenta</i>	85,1	2.741	21.016,8	2,5	20,0	1.575,0	13,1	16.090,9	17.227,8
<i>Spergularia marina</i>	99,8	2.436	59.448,9	1,8	47,9	2.941,0	10,0	8.615,5	15.715,4
<i>Plantago coronopus</i> var. <i>columnae</i>	3,5	2.099	23.267,2	7,0	54,9	3.453,0	28,9	2.095,4	800,3
<i>Plantago maritima</i>	94,8	2.481	8.316,7	6,5	67,3	1.896,0	10,0	18.617,6	15.733,3
<i>Suaeda vera</i>	23,5	2.116	36.372,6	0,5	0,4	4,9	0,5	9.842,6	13.242,4

TABLA 2. Sales contenidas en las plantas expresadas en µg/g referido al peso.

	RA _{Na}	RA _K	RA _{Ca}	RA _{Mg}
<i>Frankenia laevis</i>	2,92	258,30	462,81	6,72
<i>Salsola soda</i>	0,11	420,66	2,21	2.583,00
<i>Suaeda vera</i>	15,56	7.707,56	641,80	5.808,07
<i>Spergularia marina</i>	0,9283	698,52	416,61	21.928,23
<i>Atriplex patula</i>	-	935,32	92,15	80,53
<i>Frankenia pulverulenta</i>	2,07	10,01	1.943,12	58,35
<i>Salicornia ramosissima</i>	0,50	1.467,61	1,44	894,50
<i>Plantago maritima</i>	-	270,62	147,75	845,19
<i>Comphorosma monspeliaca</i>	-	125,27	107,91	16,67
<i>Suaeda splendens</i>	-	100,98	25,94	69,04
<i>Plantago coronopus</i> var. <i>columnae</i>	-	51,52	1,30	25,32

TABLA 3. Relación de acumulación (RA) para Na, K, Ca, Mg.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, C. & M. MOREY (1978): Distribución de la vegetación en relación con gradiente de encharcamiento y salinidad en las lagunas salobres de Villafáfila (Zamora). *Bol. Estación Central Ecología*, 7 (4): 21-37.
- BOWER, C. A., E. R. F. REITEMEIER & M. FIREMAM (1952): Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soils Sci.*, 73: 251.
- CASTROVIEJO, S. & *al.* (1986-2001): *Flora iberica. Real Jard. Bot. CSIC*. Madrid.
- DUVIGNEAUD, P. & S. DENAEYER-DE SMET (1973): Considerations sur l'ecologie de la nutrition minerale des tapis végétaux naturels. *Oecol. Plant.*, 8 (3): 219-246.
- GARCÍA RODRÍGUEZ, A., F. GALLARDO, R. MARTÍNEZ-CARRASCO, M. SÁNCHEZ CAMAZANO & M. LEDESMA (1973): Contribución al estudio de los suelos salinos de la depresión del Duero. *An. Edaf. y Agrobiol.*, 32 (11-12): 991-1005.
- LADERO, M., F. NAVARRO, C. J. VALLE, T. RUIZ & M. T. SANTOS (1984a): La vegetación de los saladares castellano-leoneses. *Stud. bot.*, 3: 17-62. Salamanca.
- LADERO, M., F. NAVARRO & C. J. VALLE (1984b): Contribución al conocimiento de la flora halófila de la depresión del Duero. *Stud. bot.*, 3: 263-266. Salamanca.
- LADERO, M., C. J. VALLE, A. AMOR, M. T. SANTOS, F. SANTOS & A. GUTIÉRREZ (1997): Halosubnitrphilous pastures of the west of the regional community of Castilla y León (Spain). *Phytocoenología*, 27 (4): 573-588.
- LOSA, T. M. (1962): Los "plantagos" españoles. *Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles*, 20: 5-50. Madrid.
- SÁNCHEZ RODRÍGUEZ J. A., F. NAVARRO, J. PUENTE & R. GARCÍA RÍO (1996): Aportaciones al conocimiento sincológico de la vegetación halófila castellano-duriense. *Lazaroa*, 16: 133-139.
- TUTIN, T. G., V. H. HEYWOOD, N. A. BURGESS, D. M. MOORE, E. H. VALENTINE, S. M. WALTERS & D. A. WEBB (1964-1980): *Flora Europaea*. Cambridge University Press. Cambridge.
- VALLE, C. J. & F. NAVARRO (2002): *Suaeda splendens* en la cuenca del Duero. *Stud. bot.*, 20: 73-75. Salamanca.