

# La Marisma del Guadalquivir como Zona Natural de Pastoreo

## I — CONDICIONES EDAFO-CLIMATICAS(\*)

MURILLO, J. M.; TRONCOSO, A; BARROSO, M.;  
HERNÁNDEZ, J. M. y MORENO, F.

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto (C.S.I.C.) — Sevilla

### INTRODUCCION

La marisma del Guadalquivir, como la mayoría de las áreas salinas formadas en los estuarios de los grandes ríos, posee una considerable fertilidad química potencial. Sin embargo, el carácter fuertemente salino e impermeable de sus suelos imposibilita el establecimiento de cultivos normales, por lo que durante los últimos cien años han sido frecuentes los intentos de recuperación de gran parte de este área salina. Sin embargo, teniendo en cuenta que cultivar suelos de estas características requiere grandes obras de ingeniería, muy costosas, numerosos científicos se han planteado la posibilidad de potenciar y utilizar sus propios recursos naturales, incluyendo el aprovechamiento de sus pastos, orientación agronómica muy en consonancia con su tradicional vocación ganadera.

En el presente trabajo se estudian las principales condiciones edafo-climáticas de la marisma del Guadalquivir, prestando especial atención a los factores que más pueden influir en el desarrollo de su vegetación espontánea.

---

\* Comunicação apresentada na II Reunião de Outono de 1980 da Sociedade Portuguesa de Pastagens e Forragens. — Trabajo parcialmente financiado por la Asociación de Investigación para la Mejora del Toro de Lidia.

## MATERIAL Y METODOS

La información facilitada en el presente trabajo corresponde a 10 zonas salinas de la marisma del Guadalquivir (fig. 1). La descripción y clasificación de los perfiles de suelo correspondientes han esido publicadas en trabajos precedentes (Chaves y Murillo, 1978; Chaves y Murillo, 1979; De la Rosa y col., 1980; Moreno y col., 1980).

Las zonas 6 y 8 son totalmente vírgenes, mientras que las restantes, excepto la 9, cuentan ya con algún canal de drenaje secundario a cielo abierto, aunque esta circunstancia no afecta a las condiciones generales de salinidad de los perfiles de suelo, salvo en la zona 4, al encontrarse suficientemente alejado de los mismos. La zona 9 ha sido dedicada al cultivo del arroz durante los últimos 20 años. También lo estuvieron las zonas 4, 5 y 7 durante el período 1951-1957, convirtiéndose luego en áreas naturales de pastoreo. Durante los últimos años han sido implantados y experimentados cultivares pratenses en la zona 4, siendo la única que había recibido fertilizantes cuando fue comenzado este estudio.

Las muestras de suelo han sido analizadas según la metodología propuesta por De Boodt (1967) y Soil Survey Staff (1972). La extracción de micronutrientes se efectuó con AEDT (Viro, 1955).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### a) Condiciones generales de salinidad

Aunque la marisma es una zona muy llana — las diferencias de nivel son inferiores a 1 m en distancias de 20 km — pequeñas variaciones en la topografía del terreno ocasionan diferencias significativas en el grado de salinidad de los primeros horizontes del perfil. Las zonas más elevadas, vetas, son parcialmente desalinizadas en superficie durante los períodos de lluvia, recibiendo las zonas más bajas, lucios, este agua ya salinizada. En el caso de los lucios, el perfil salino presenta carácter de fuerte salinidad e hipersalinidad (Servant, 1973) en superficie y profundidad durante todo el año, oscilando el contenido global de sales de 2 a 4%. Las vetas o paciles presentan un perfil salino más o menos descendente (Servant, 1973) al reducirse la salinidad superficial tras la época de lluvias a valores inferiores a 0,5%. Una sencilla red de drenaje a cielo abierto, aprovechando la pendiente natural de la zona, podría facilitar la acción desalinizadora del agua de lluvia.

TABLA 1

INTERVALO DE VARIACIÓN DE LAS SALES SOLUBLES DE LAS ZONAS ESTUDIADAS (meq/l) OBTENIDAS A PARTIR DEL EXTRACTO DE SATURACIÓN

Horizonte/s	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
A	15- 600	10- 50	5-15	10-500	0,2-5	10-50	10-120
C <sub>2</sub> -C <sub>3</sub>	250- 650	40- 80	3- 7	200-550	2,5-6	25-70	25-140
C <sub>5</sub> -C <sub>6</sub>	300-1000	40-100	5- 8	250-800	3-7	40-80	80-200



FIG. 1 - Mapa general de la marisma del Guadalquivir. Las zonas de estudio han sido señaladas con un círculo.

TABLA II  
 CONTENIDO EN SALES DE LAS AGUAS FREÁTICAS (meq/l)

Zona	C.E. $\times 10^3$ mmhos/cm	pH	Cu <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Prof. m
1	41.6	7.7	57.0	178.0	4.2	528.0	655.0	5.3	72.6	1.5
2	49.0	7.6	60.0	210.0	3.6	727.0	833.5	5.4	126.5	1.6
3	65.4	7.5	126.4	289.6	8.0	1 080.0	1 395.0	4.2	92.0	1.5
5	61.7	7.9	68.0	240.0	5.2	760.0	936.0	6.5	123.3	1.8
6	70.0	7.3	98.0	390.0	7.3	1 200.0	1 600.0	3.7	95.0	1.0

C.E. = Conductividad eléctrica.

Debido a su origen, en toda la marisma predomina una salinidad de tipo CLORURO (Strogonov, 1964), al ser el cloruro de sodio la sal más abundante. No obstante, en los primeros horizontes de algunas zonas es importante la proporción de bicarbonatos tras periodos de lluvia, debido a la disolución parcial de la fuerte reserva de caliza activa que poseen estos suelos. En cuanto a los cationes, cabe destacar que aun siendo el Na el más importante, el Mg alcanza proporciones significativas en la mayoría de los horizontes del perfil, pudiéndose hablar en muchos casos de una salinidad *magnésico-sódica*, definida según las normas de Strogonov (1964). La tabla I presenta el intervalo de variación, aproximado, de las sales solubles de las zonas estudiadas en el presente trabajo, datos relativos a periodos de lluvias y correspondientes a los horizontes A<sub>1</sub>, de unos 10 cm de espesor, C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub> (según el perfil) de 40 o 50 cm a 70 u 80 cm y C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>, (dependiendo del perfil) de 100 cm en adelante. Puede comprobarse que efectivamente existen zonas donde la salinidad superficial es muy reducida, zonas cuya vegetación es fundamentalmente glicofítica y puede ser aprovechada por el ganado.

Por otra parte, la tabla II presenta el contenido en sales de las aguas freáticas de algunas de las zonas estudiadas, donde se pone de manifiesto su fuerte naturaleza salina, independientemente de que éstas sean vetas (2 y 3) o lucios (6).

#### b) Condiciones generales de fertilidad química

Cuando se estudian suelos salinos, la presencia de sales hace olvidar con frecuencia el efecto de otros factores edáficos sobre la vegetación. Hoy día se sabe que numerosas especies tolerantes a las sales pueden sufrir carencias de uno o varios nutrientes en suelos salinos (Waisel, 1972). En el caso concreto de la marisma del Guadalquivir, la disponibilidad de fósforo parece ser muy reducida en todo el área. Luque (1978) ha podido comprobar que el P-soluble en agua de las zonas 4 y 6 es del orden de  $10^{-6}$  M, cantidad insuficiente para toda planta medianamente exigente en P. Igualmente bajo resultó el fósforo cambiante isotópicamente (factor Q) y fósforo disponible. Hay que indicar, sin embargo, que estos valores son altos en el horizonte superficial de la zona 4 debido a la aplicación de fertilizantes. No obstante, el P añadido en esta zona quedó retenido en su mayoría en los 8 primeros centímetros de suelo. Por otra parte, diversas áreas de marisma analizadas por nosotros han arrojado valores de

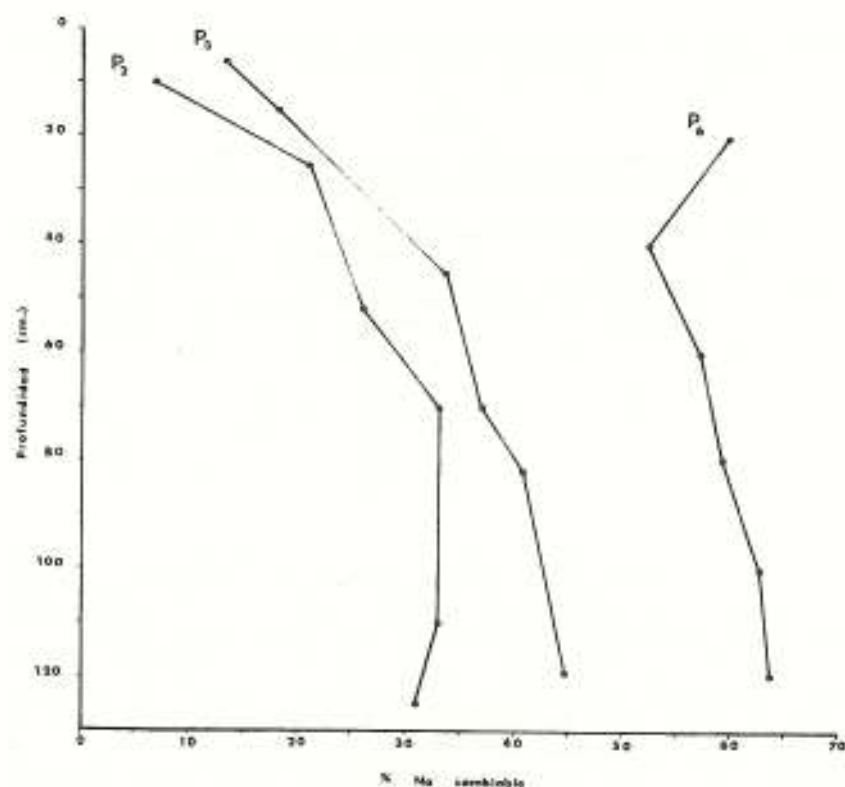


FIG. 2 - Porcentaje de sodio de cambio de los perfiles de suelo correspondientes a las zonas 2 y 3, vetas, y 6, luvio.

P-disponible inferiores a los 25-30 mg/100 g admitidos para suelos medianamente provistos en este elemento (C.E.B.A.C., 1962).

La naturaleza fuertemente caliza de la marisma puede influir enormemente en la escasa disponibilidad de P, contando incluso con que un elevado porcentaje de los carbonatos alcalino-térreos de estos suelos corresponden a la fracción caliza activa (tabla III). Los datos facilitados por Luque revelan que más del 60% del P-total de los perfiles analizados, 4 y 6, se encuentra ligado al Ca.

Por otra parte, la potencial reactividad de los carbonatos puede evitar la pérdida de estructura de los primeros horizontes del perfil. Bajo adecuadas condiciones de aireación y humedad, la actividad radicular facilita la disolución de caliza activa, pasando Ca a la solución del suelo, circunstancia que impide la saturación en sodio del complejo de cambio y la pérdida posterior de estructura y permeabilidad. La figura 2 muestra la reducción en superficie del porcentaje de Na de cambio de las zonas 2 y 3, vetas, frente al elevado porcentaje de saturación en sodio, en toda su profundidad, de la zona 6, hipersalina y de muy escasa vegetación. Estos datos ponen de manifiesto que la propia vegetación, sobre todo si es potenciada, puede facilitar la existencia de una estructura superficial adecuada. Ante estas circunstancias, resultaría menos problemática la relativamente reducida cantidad de yeso, obtenido por precipitación con acetona, que caracteriza por lo general a los primeros horizontes de los suelos de

marisma, ya que los horizontes de acumulación, cuando existen, suelen presentarse por debajo de los primeros 30 cm (perfiles 3, 6, 7 y 8, tabla III).

TABLA III

CONTENIDOS DE  $\text{CaCO}_3$ , CALIZA ACTIVA Y YESO DE VARIAS ZONAS DE LA MARISMA DEL GUADALQUIVIR

Zona	$\text{CaCO}_3$ (%)		Caliza activa (%)		Yeso (meq/100 g)
	Intervalo de variación	Media	Intervalo de variación	Media	Intervalo de variación
2	11-22	15	11-16	14	—
3	13-30	23	5-15	11	<5-12
5	24-32	29	10-18	16	<5- 5
6	22-26	24	3-14	8	<5-22
7	23-26	24	14-17	15	<5-19
8	11-16	13	8-10	9	<5-25
9	2-12	7	2- 9	5	—
10	8-10	9	3- 5	4	<5

Los contenidos de N y M.O. (materia orgánica) de los suelos de la marisma del Guadalquivir son generalmente aceptables (tabla IV) y en muchos casos resulta difícil explicar el origen del N de estas zonas salinas vírgenes.

Los restantes macronutrientes, Ca, Mg y K, son muy abundantes en estos suelos. Considerando la suma de las formas soluble y cambiante del elemento, fracción que mejor indica la disponibilidad de un nutriente para la planta, se obtienen valores que oscilan entre 10 y 17 meq/100 g para el Ca, 4 y 14 meq/100 g para el Mg y 1 a 3 meq/100 g para el K, lo que supondría aproximadamente 4000 a 6800 pp2m o Kg/Ha de Ca, 970 a 3400 pp2m (kg/Ha) de Mg y 1000 a 2400 pp2m (kg/Ha) de K, valores correspondientes a suelos muy bien dotados en estos elementos. Ahora bien, para estas cantidades, las relaciones Ca/Mg y K/Mg oscilarían en unos márgenes aproximados de 1 a 3 y 0,1 a 0,2 respectivamente, valores inferiores a los considerados óptimos en nutrición vegetal y que aún resultarían mucho más bajos si sólo se considerasen los iones en solución.

TABLA IV

pH Y CONTENIDOS DE N (%), M.O. (%) Y MICRONUTRIENTES (ppm) DE DIVERSAS ÁREAS DE LA MARISMA DEL GUADALQUIVIR

Zona	Prof.	cm.	pH pasta sat.	N	M.O.	Fe		Mn		Zn		Cu	
	(s)	(p)	(s)	(s)	(s)	(s)	x(p)	(s)	x(p)	(s)	x(p)	(s)	x(p)
1	15	145	7,7	0,1	1,5	18,5	19,8	45,0	26,2	2,0	1,1	2,0	2,2
2	10	150	7,6	0,2	2,5	21,5	16,3	24,0	23,1	1,6	1,5	5,7	3,5
3	10	100	7,5	0,3	4,0	24,0	15,1	33,0	22,0	6,0	2,7	16,0	7,7
4	10	190	7,5	0,2	3,0	22,5	20,4	36,0	30,4	2,0	1,7	5,3	3,7
5	10	125	7,4	0,5	5,0	34,5	25,0	29,5	35,0	3,5	2,2	4,8	4,3
6	20	135	7,7	0,1	1,4	17,5	19,0	19,0	16,3	3,9	1,6	3,5	2,6

(s) - Horizonte superficial; (p) - perfil en conjunto; x(p) - media del perfil.

## MICRONUTRIENTES

En suelos salinos es muy importante el estudio de la disponibilidad de micronutrientes para la planta dado que su elevada concentración iónica, pH, y fuerte reserva cálcica en muchos casos, podrían ocasionar, teóricamente, deficiencias de algunos oligoelementos (Waisel, 1972).

En el presente trabajo se estudia el contenido de micronutrientes, o meso y micronutrientes, Fe, Mn, Zn y Cu extractables con AEDT de diversas zonas de marisma, debido a que los agentes quelantes, como el AEDT, son los que mejor parecen simular la toma de micronutrientes por la planta (Viets y Lindsay, 1973). La tabla IV presenta el contenido de los primeros centímetros de suelo, así como la media correspondiente a cada perfil. Son suelos bien provistos en los elementos considerados, cuya disponibilidad, además, no parece ser muy reducida según se deduce de los datos obtenidos. Resulta incluso difícil explicar la presencia de contenidos tan elevados como los de la zona 3, teniendo en cuenta que no se tiene conocimiento de aplicación de fertilizantes en las áreas consideradas, exceptuando la 4.

En este tipo de suelos la M.O. puede ser muy importante para el suministro de nutrientes (Heimann, 1966) y en este sentido puede indicarse que en diversos perfiles estudiados por nosotros los contenidos de M.O., Cu y Zn presentan una elevada correlación ( $p \leq 0,001$ ), siendo ya menor en el caso del hierro y manganeso. Un pastoreo bien conducido proporciona regularmente M.O. al substrato, lo que mantendría la aparente disponibilidad de micronutrientes del área, además de mejorar las condiciones generales de fertilidad física y química del substrato, ya que la utilización directa de fertilizantes en este tipo de suelos podría resultar antieconómica. No obstante, sería interesante conocer la respuesta de la vegetación a la aplicación de nutrientes concretos, e incluso de diversos residuos industriales y urbanos.

Indicar por último que el contenido superficial de B de las zonas examinadas oscila de 3 a 7 ppm, contenidos que teóricamente podrían causar problemas a especies sensibles y semitolerantes. No obstante, hay que tener en cuenta que en suelos de textura fina y elevada capacidad de adsorción, como los de la marisma, es necesaria la presencia de un mayor nivel de B extractable para el desarrollo normal de la planta.

### b) Climatología y condiciones físicas

El área de marismas es de clima típicamente mediterráneo, con inviernos moderadamente húmedos y veranos muy secos. Según la clasificación de Thornwaite (1948), la marisma es una zona seca-subhúmeda, aunque para otros autores también puede ser definida como árida o semiárida.

La temperatura media varía de 10° C (Enero) a 25,5° C (Agosto), alcanzándose frecuentemente en verano máximas superiores a los 40° C. Por otra parte, es muy raro llegar a temperaturas inferiores a 0° C. La pluviometría media anual es de 550 mm, variando en un margen de 350 a 1000 mm, concentrándose todas las precipitaciones en los meses de Noviembre a Marzo-Abril, no habiéndolas prácticamente en el periodo Mayo-Octubre. La humedad relativa presenta una media anual próxima al 70% (Diciembre-Enero 80%; Junio-Julio-Agosto 55%, aproximadamente), siendo el viento dominante el húmedo del Sur-Oeste (Atlántico).

La evapotranspiración media anual se sitúa entre los 800 y 1000 mm, destacando la importante pérdida de agua que se produce en el balance hídrico de los suelos durante el período Mayo-Octubre, por lo que resultaría necesaria una suplementación de agua durante el período de primavera (segunda mitad) y verano para la mayoría de las especies que se intentase implantar en este área, sobre todo teniendo en cuenta que paralelamente a la pérdida de agua del suelo, comienza el ascenso de sales del manto freático a la zona radicular por capilaridad, manto freático notablemente salino en toda el área según se ha expuesto anteriormente (tabla II).

Por otra parte, hay que tener en cuenta que las condiciones físicas de los suelos de la marisma del Guadalquivir (tabla V) limitan fuertemente las obras de ingeniería que requiere su puesta en cultivo. Son suelos muy pesados, ya que los elementos finos (fracción < 0,02 mm) superan siempre el 95%. De ahí los valores tan elevados de su densidad real (Dr). Por otra parte, la densidad aparente alcanza valores de 1,60 g/cm<sup>3</sup>, lo que puede ser debido a compactación del suelo, ocasionada a veces por maquinaria empleada en su utilización. Para evitar la compactación del suelo, que incluso puede originar el ganado en cierta medida, puede ser de gran utilidad una eventual labor de gradeo superficial (Murillo y Moreno, 1980; Moreno y Murillo, 1980).

TABLA V  
INTERVALO DE VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS  
DE LOS SUELOS DE LA MARISMA DEL GUADALQUIVIR

Textura	0,002 mm 0,02-0,002 mm	55%-75% 42%-23%
Densidad real		2,70-2,80 g/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente		1,20-1,60 g/cm <sup>3</sup>
Conductividad hidráulica	Medida en condiciones de saturación	4 cm/h
Coefficiente de extensibilidad lineal (COLE)		0,067-0,190
Capacidad de retención de agua	Capacidad de campo: (pF 2,5) Punto de marchitez permanente: (pF 4,2)	29-55% (en peso) 26-45% (en peso)
Índice de plasticidad		40-50
Humedad óptima (Proctor test)		30-35%

La textura de estos suelos es responsables del amplio margen de variación del coeficiente de extensibilidad lineal (COLE), así como de la baja conductividad hidráulica que presentan. Se trata de suelos fácilmente inundables por su baja permeabilidad, aunque la labor de recintado que efectuó en su día el I.N.C. evita la inundación periódica de muchas zonas (Grande Covián, 1967). Por otra parte, el acusado fenómeno de expansión-contracción que ocasiona la existencia

de periodos húmedos-secos puede paliar en cierta medida su baja conductividad, ya que las grietas que se abren permiten una más rápida penetración y mejor redistribución en la masa del suelo del agua de las primeras lluvias.

Indicar por último que las características de retención de humedad ponen de manifiesto que se trata de suelos con un alto poder de retención de agua, si bien muestran en general un contenido en agua útil relativamente bajo, circunstancia que puede ser parcialmente mejorada mediante labor de gradeo (Moreno y Murillo, 1980). Un estudio más completo sobre las características físicas de estos suelos ha sido realizado recientemente por Moreno y col. (1980).

## CONCLUSIONES

El aprovechamiento de los recursos naturales de la marisma del Guadalquivir, que incluiría a la anea, anguila, cangrejo, etc., en las zonas más bajas e inundables y pastos en las más elevadas, permitiría la conservación de un hábitat de gran interés faunístico y floral.

En relación con su dedicación a pastos cabe indicar:

Las zonas más elevadas, vetas, son aptas para pastoreo al reducirse significativamente la salinidad superficial tras periodos de lluvia, circunstancia que motiva la aparición de numerosas especies útiles al ganado, especies que deberían ser potenciadas.

Los suelos de la marisma son muy ricos en Ca, Mg y K disponibles para la planta, poseen contenidos apreciables de N y M.O. y son deficitarios en P, elemento que, además de su escasez, presenta una disponibilidad muy reducida debido a la fuerte naturaleza caliza del suelo. Sin embargo el contenido de Fe, Mn, Zn y Cu extractables con AEDT corresponde a suelos bien provistos.

Teniendo en cuenta las características físicas de este área, no parece aconsejable el uso indiscriminado de maquinaria muy pesada que podría ocasionar serios problemas de compactación de suelo. Un pastoreo bien conducido, e incluso el aporte de restos orgánicos de bajo coste, permitirían mantener una buena estructura en los primeros centímetros y potenciarían la vegetación.

## RESUMEN

Se estudian las principales características edafológicas de diversas áreas representativas de la marisma del Guadalquivir.

La reducción de salinidad superficial que se produce durante los periodos de lluvia en las zonas algo más elevadas de la marisma, vetas, posibilita la presencia de una cubierta vegetal apta para pastoreo, aunque aún podría ser mejorada considerablemente.

Los suelos estudiados poseen un elevado contenido de caliza activa, así como de Ca, Mg y K disponibles. También poseen niveles apreciables de N y M.O. en superficie. Los contenidos de Fe, Mn, Zn y Cu extraídos con AEDT corresponden a suelos no-deficientes. Solamente el nivel de P a lo largo del perfil corresponde a suelos deficientes.

Las propiedades físicas de los suelos de la marisma ofrecen serias dificultades para la mayoría de los usos agrícolas. El área podría ser orientada hacia la utilización pascícola, sistema que no exige fuertes inversiones y permite la conservación del medio.

## RESUMO

Estudam-se as principais características edáficas de diversas áreas representativas do marisma do Guadalquivir.

A redução de salinidade superficial que se produz durante os períodos de chuva nas zonas mais elevadas da marisma, possibilita a presença de uma cobertura vegetal apta para o pastoreio, ainda que pudesse ser melhorada consideravelmente.

Os solos estudados possuem um elevado conteúdo de calcário activo, assim como de Ca, Mg e K disponíveis.

Também possuem níveis apreciáveis de N e M.O. à superfície. Os teores de Fe, Mn, Zn, e Cu extraídos com AEDT correspondem a solos não deficientes. Somente o nível de P ao longo do perfil corresponde a solos deficientes.

As propriedades físicas dos solos do marisma oferecem sérias dificuldades para a maioria dos usos agrícolas. A área poderia ser orientada na utilização pascícola, sistema que não exige grandes investimentos e permite a conservação do meio.

## SUMMARY

The main pedologic characteristics of some representative areas of the Guadalquivir river marsh are studied.

The decrease in surface salinity at more elevated zones (-vetas-) during rain periods enables the presence of a suitable vegetation for grazing. However, the suitability of this vegetation can be improved.

The soils studied have a high content of active Ca (determined as Ca oxalate) and available Ca, Mg and K. The surface N and O.M. levels are also noticeable. EDTA-extractable Fe, Mn, Zn and Cu contents correspond to non deficient soils. Only the P levels in the bulk profiles correspond to deficient soils.

The soil physical characteristics at the marsh area offer very serious limitations for most of the agricultural uses. The area could be oriented to pasture utilization, which does not require an excessive operating cost and allows the preservation of the habitat.

## BIBLIOGRAFIA

- C.E.B.A.C., 1962 - Estudio Agrobiológico de la Provincia de Sevilla. Publicaciones de la Excm. Diputación Provincial de Sevilla. Sevilla.
- CHAVES SANCHEZ, M. y J. M. MURILLO CARPIO, 1978 - Suelo y vegetación de dos zonas salinas de la marisma de Lebrija (Sevilla): I. Características del sustrato. Anal. Edaf. y Agrobiol., XXXVII, 5-6: 569-580.
- CHAVES SANCHEZ, M. y J. M. MURILLO CARPIO, 1979 - Características del suelo y vegetación de una área salina limítrofe de la marisma del Guadalquivir (Isla Menor). Anal. Edaf. y Agrobiol., XXXVIII, 3-4: 521-534.
- DE BOODT, M., 1967 - West European Methods for Soil Structure Determinations. Gante, Bélgica.

- DE LA ROSA, D.; J. M. MURILLO y M. CHAVES. 1980 - Caracterización estadística de algunos suelos de Andalucía: I. Entisols de marismas del Guadalquivir. *Agrochimica*. En prensa.
- GRANDE COVIAN, R., 1967 - Las Marismas del Guadalquivir y su Rescate. Estudios, Vol. V, n.º 29. I.N.C. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- LUQUE, M. T., 1978 - Estudio de la Distribución del Fósforo en un Suelo Virgen y un Suelo Tratado, Situados en la Marisma del Guadalquivir. Tesina de Licenciatura. Universidad de Sevilla.
- MORENO, F. y J. M. MURILLO. 1980 - Potencial pascícola de un área salina de la marisma del Guadalquivir. II. Influencia de una labor superficial en las propiedades físicas del suelo. Proc. 3er Congreso Nacional de Química, Vol. I, Química Agrícola: 173-180. Sevilla.
- MORENO, F.; J. MARTIN ARANDA y J. L. MUDARRA. 1980 - A soils sequence, in the natural and reclaimed marshes of the Guadalquivir river, Seville (Spain). *Catena*. En prensa.
- MURILLO, J. M. y MORENO, F., 1980 - Potencial pascícola de un área salina de la marisma del Guadalquivir: I. Influencia de una labor superficial en el desarrollo del pastizal y propiedades químicas del suelo. Proc. 3er Congreso Nacional de Química, Vol. I, Química Agrícola: 165-171. Sevilla.
- SERVANT, J., 1973 - Le profil salin des sols. Méthodes d'étude et signification: application aux sols halomorphes du Midi de la France. *Ann. Agron.* 24 (3): 375-393.
- SOIL SURVEY STAFF, 1972 - Soil Survey-Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples. USDA, SCS, Rep. No. 1, U. S. Govt. Printing Office, Washington, D. C.
- THORNWAITE, C. W., 1948 - An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38, 1: 55-94.
- VIETS, F. G. (Jr.) y W. L. LINDSAY. 1973 - Testing soils for zinc, copper, manganese and iron. En *Soil Testing and Plant Analysis*. (Ed. L. M. WALSH y J. D. BEATON) Chap. 11: 153-172. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison, Wisconsin.
- VIRO, P. J., 1955 - Use of ethylenediaminetetraacetic acid in soil analysis: I. Experimental. *Soil Sci.* 79: 459-465.
- WAYSEL, Y., 1972 - *Biology of Halophytes*. Academic Press, New York.