EFECTO DEL SUBSOLADO SOBRE UN SUELO SALINO–SODICO DEL OESTE BONAERENSE

Roberto E. Altamore (1); Rafael F. Torres (1); Raúl S. Lavado (2); Jorge E. Giménez (3)
CISAUA (M.A.A. Pcia. de Bs. As. - U.N.L.P.) 532 Nº 949 La Plata

RESUMEN

Se estudió el efecto del subsolado en el lavado de sales en un suelo halomórfico del Pdo. de Carlos Tejedor (Pcia. de Buenos Aires).

Los resultados obtenidos indican que el implemento modificó el volumen, la densidad aparente, la infiltración y el contenido hídrico del suelo. Como consecuencia de esos cambios, la salinidad disminuyó sensiblemente en el perfil. El pH se redujo ligeramente. Se observó un incremento en la masa vegetal, atribuible al tratamiento.

El efecto del subsolado, en algunas propiedades físicas, se prolongó algo más de un año.

Palabras claves: Subsolador; Suelo salino-sódico; Lixiviación de sales.

EFFECT OF SUBSOILING ON A SALINE–SODIC SOIL IN WEST BUENOS AIRES PROVINCE

ABSTRACT

The influence of subsoiling on the leaching of salts on a halomorphic soil from Carlos Tejedor Country (Buenos Aires Province) was studied.

The results showed changes on soil volume, bulk density, water infiltration and soil water content. As a consecuence the salinity decreased substantially in the soil profile. The pH decreased slightly. An increase in plant weight was observed.

The effect of the subsoiler on certain physic properties lasted around one year.

Key words: Subsoiling; Saline-sodic soil; Salt leaching.

INTRODUCCION

La reducción de la productividad originada por la presencia de elevados niveles de salinidad y alcalinidad suele ser grave en condiciones de secano. El problema es además de muy difícil solución, pues las alternativas para lixiviar las sales solubles o modificar las condiciones de sodicidad son escasas: la única posibilidad consiste en aprovechar al máximo el agua de lluvia.

Ciertos tipos de labores profundas pueden ser efectivos en el aprovechamiento del agua pluvial, al incrementar los niveles de infiltración, al menos durante un cierto tiempo (Abraham y Bocskai, 1971; Allmaras *et al.*, 1977; Bozzo, 1970; Burnett y Hauser, 1967). Particularmente útiles en estos aspectos resultan ciertos tipos de subsoladores de cuchillas de gran grosor, conocidas en otros países como "rippers", "looseners", "shank subsoilers", etc.

La bibliografía internacional ofrece datos de uso de estos implementos en distintos países y de los sub-

1) Departamento Suelos y Recursos Hídricos. Dirección de Administración de Recursos Naturales. M.A.A., Pcia. de Bs. As.
2) Investigador CONICET.
3) Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata.

secuentes cambios en ciertas propiedades físicas y químicas que conducen a la disminución de la salinidad y sodicidad (Abraham y Bocskai, 1971; Cairns y Hermans, 1978; Lavado y Cairns, 1980-81; Raikov, 1971; Unger, 1979.

En nuestro país los principales trabajos con subsoladores han sido efectuados por técnicos de las Estaciones Experimentales de INTA de Marcos Juarez y Pergamino, pero los estudios fueron orientados hacia otros problemas edáficos en relación con la producción de cultivos (Puricelli, 1982).

En el presente se comunica el desarrollo de un ensayo con un implemento de características similares a las mencionadas anteriormente, en un suelo afectado por sales y sodio del partido de Carlos Tejedor (Pcia. de Bs. As.).

El área bajo estudio podría considerarse como representativa de aquellas que, con una periodicidad de varias décadas, sufren procesos de salinización a raíz de inundaciones causadas en parte por ascenso de agua subterránea salina y que luego se desalinizan paulatinamente por la acción combinada del descenso de las capas freáticas y la precipitación pluvial. En las primeras etapas de este ciclo, el suelo posee únicamente aptitud ganadera.

En este caso, por ejemplo, muestras superficiales tomadas por el productor luego de las inundaciones arrojaron valores superiores a 30 dSm^{-1}. Actualmente, y excepto en pequeños manchones dispersos con eflorescencias salinas, el suelo ya no presenta rasgos de halomorfismo en superficie.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del ensayo y suelos

El ensayo se llevó a cabo en un lote de la Sucesión A. Bassi ubicado al S.E. de Carlos Tejedor. Hoja IGM 3563-29-1.

Los suelos predominantes son Natracualfes mólicos que fueron estudiados y descriptos siguiendo las normas estándar. Ellos se hallan sobre las partes más bajas de un relieve muy suavemente ondulado. Son imperfectamente drenados, con rasgos hidromórficos desde cerca de la superficie y en muchos de ellos domina la vegetación de *Distichlis sp.*

Debido a que los horizontes superficiales reúnen todas las características del epipedón mólico, salvo la del color en húmedo, este suelo ha sido clasificado como Natracualf mólico. Aunque este subgrupo no está contemplado hasta ahora por la Taxonomía de Suelos, la Unidad de Reconocimiento de Suelos del INTA ya lo ha empleado para algunas series de su Carta de Suelos de la República Argentina.

Maquinaria y diseño

Se trabajó con un subsolador vibratiller, sin vibrador, con cuchillas separadas 0,55 m y a una profundidad de 0,45-0,50 m (Tratamiento A) y con cuchillas espaciadas a 1,10 m, pero con una profundidad de labor de 0,50-0,55 m (Tratamiento B). El subsolador insumió una potencia de unos 80 KW. La velocidad de trabajo fue de unos 4 km h^{-1}.

Cada tratamiento fue llevado a cabo cortando la pendiente en parcelas de 50 m por 300 m con dos repeticiones alternadas con testigos. La labor se efectuó el 16 de setiembre de 1981, luego de un período de más de dos meses de carencia de lluvia. Posteriormente no se efectuaron otras labores, ni siembra. El lote fue objeto de pastoreo con muy baja carga animal y durante escaso tiempo.

Análisis de suelos

Las determinaciones efectuadas fueron las siguientes: pH (pasta); conductividad eléctrica (C.E.) en extracto de pasta saturada; carbono orgánico (C.O.) (Walkley and Black); análisis granulométrico (Bouyoucos); humedad (estufa a 105°C a peso constante); calcio y magnesio (volumetría con EDTA); sodio y potasio (fotometría de llama): densidad real (DR) (picnómetro); carbonato de calcio equiv. (gasovolumetría). Cloruros y bicarbonatos (Volumetría); capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) (acetato de sodio 1 N pH 8.2).

Determinaciones de campo

Infiltración (anillos concéntricos); densidad aparente (D.A.) (método del cilindro); nivelación: se midió la altura del terreno con nivel óptico en dos transecciones fijas, transversales a la dirección de marcha del implemento. Las mediciones se efectuaron cada 10 metros a partir de los 5 metros del borde de la primer parcela. Se tomó como referencia a un punto acotado fuera del ensayo; Producción de materia seca: Se efectuaron 3 cortes de 1 m^2 por parcela. El material se secó en estufa a 80°C.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características del suelo

En la Tabla 1 figuran las características morfológicas del perfil estudiado. El suelo presenta en forma discontinua una delgada capa de cenizas entre los dos horizontes A.

En las Tablas 2 y 3 se presentan las características

Tabla 1: Características morfológicas del suelo.

A11 : 0-15 cm gris a pardo grisáceo (10 YR 5,5/1,5) en seco y gris oscuro a pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/1,5) en húmedo: franco limoso; bloques subangulares finos con tendencia a laminar; blando, muy friable, no plástico y no adhesivo; raíces abundantes; límite abrupto y suave.

2 A12 : 15-26 cm; pardo grisáceo a gris parduzco claro (10 YR 5,5/2) en seco y pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en húmedo; franco; bloques subangulares medios con tendencia a masivo; blando, muy friable, no plástico y no adhesivo: moteados escasos finos y débiles; raíces abundantes; límite abrupto y ondulado.

3 B21t : 26-42 cm pardo a gris rosado (7,5 YR 5,5/2) en seco y pardo oscuro a pardo (7,5 YR 4/2) en húmedo; franco, muy duro, friable, plástico y adhesivo, cutanes arcillo-húmicos muy discontinuos y delgados; moteados comunes, finos y precisos; raíces escasas; límite claro y suave.

3 B22t : 42-62 cm; pardo a pardo fuerte (7,5 YR 5/5) en seco y pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo; franco arcilloso; ligeramente duro, firme, plástico y muy adhesivo; barnices arcillo-húmicos discontinuos y delgados; moteados de manganeso abundantes, medios y sobresalientes; raíces escasas; límite abrupto y ondulado.

4 B31ca : 62-93 cm; rosado (7,5 YR 7/4) en seco y pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo; franco; estructura laminar gruesa fuerte; extremadamente duro, extremadamente firme; plástico y adhesivo; materia orgánica abundante entre planos de láminas; límite claro y ondulado.

4 B32 : 93-120 cm; rosado (7,5 YR 7/4) en seco y pardo (7,5 YR 5/4) en húmedo; franco; ligeramente duro, muy firme, plástico y adhesivo; canalículos de raíces abundantes con materia orgánica; límite claro.

4 Cca : 120-200 cm; rosado (7,5 YR 8/4) en seco y pardo a pardo fuerte (7,5 YR 5/5) en húmedo; franco; ligeramente duro, plástico y adhesivo; moteados comunes, finos y débiles.

A partir de 200 cm: capa de tosca.

Nivel freático: 187 cm.

Tabla 2. Propiedades físicas de los suelos.

Horizonte	Arcilla * 2 µm	Limo * 2-50 µm	Arena * 50-2000 µm	Textura	D.R. **	D.A. **	Carbonato de calcio equiv. ***
A11	8,6	53,0	38,4	Fl	2,40	1,31	0
2 A12	9,6	46,0	44,4	F	2,43	1,30	0
3 B21t	21,0	41,6	37,4	F	2,56	1,47	0
3 B22t	32,6	40,0	27,4	Fa	--	--	0,50
4 B31ca	13,2	42,8	44,0	F	--	--	5,70
4 B32	12,8	47,6	39,6	F	--	--	0,17
4 Cca	16,3	41,6	42,1	F	--	--	5,80

* %
** Mg m^{-3}
*** dag kg^{-1}

físicas y químicas, respectivamente, del suelo. Desde el punto de vista del halomorfismo el suelo se puede considerar como salino en profundidad y, aunque sus valores de pH no son muy elevados, los correspondientes de RAS son indicativos de su carácter de sódico, prácticamente desde la superficie.

Cambios en el nivel topográfico y la densidad aparente

En el tratamiento B (cuchillas del subsolador a 1,10 m, de distancia) no se observaron grandes modificaciones del volumen del suelo excepto en el sector afectado por las cuchillas. Por el contrario en el tratamiento A se produjo un incremento en el nivel topográfico de toda la superficie del suelo. En la Figura 1, se observa la media y los extremos del nivel general del suelo de esas parcelas, antes y después del laboreo, y a lo largo de un año.

Los cambios en el nivel topográfico son la manifestación de las modificaciones de volumen que el imple-

TABLA 3: Propiedades químicas de los suelos.

				Extracto saturación (3)								
Horizonte	pH (1)	C.E. (2)	Ca + Mg	Na	K	Cl	SO_4 *	CO_3H	CO_3	RAS	C.O. (4)	C.I.C. (5)
A11	7,25	0,83	0,84	14,34	0,45	2,28	5,18	8,17	0	22,13	1,47	13,56
2 A12	7,95	1,25	1,10	23,30	–	6,85	12,55	5,00	0	31,42	0,60	11,03
3 B21t	8,15	3,09	1,80	31,77	0,40	20,73	5,68	7,56	0	33,49	–	25,79
3 B22t	8,35	8,79	4,44	53,47	0,93	47,50	5,44	5,90	0	35,89	–	36,06
4 B31ca	8,60	10,36	4,58	82,86	1,00	59,00	23,31	6,13	0	54,76	–	18,42
4 B32	8,55	7,39	2,95	50,00	0,82	47,50	1,17	5,10	0	41,17	–	17,35
4 Cca	8,15	13,51	8,54	137,50	–	88,50	–	–	0	66,58	–	–

(1) Pasta saturada.
(2) dS m^{-1}.
(3) m mol_c L^{-1}.
(4) %
(5) c mol_c kg^{-1}.
* Calculado por diferencia.

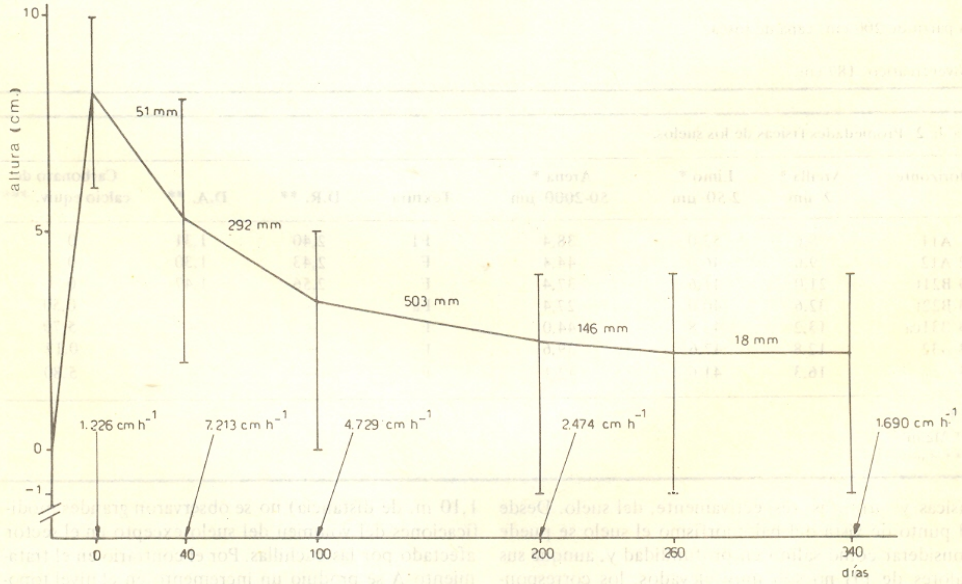

Figura 1: Variación de la altura del terreno (media y extremos) en las parcelas del tratamiento A. Se incluyen: a) Los valores medios de infiltración determinada antes de subsolar y en los días registrados en la abcisa. b) La lluvia caída entre cada medición del nivel del suelo.

mento produce en el suelo del tratamiento A. Debido a la heterogeneidad del trabajo, formación de grandes grietas, etc., tal vez podría considerarse incorrecto hablar de modificaciones en la D.A. No obstante a los 270 días de la labor la D.A. promedio (10 muestras) de 0,00 a 0,50 m fue de 1,268 Tn M^{-3} y la calculada en función del volumen del suelo en ese momento y el peso de una ha fue de 1,254 Tn m^{-3}.

La diferencia de 1,11% entre ambos valores es menor que el error analítico, por lo que se deduce que, al menos pasado cierto tiempo, la elevación de nivel topográfico implica efectivamente una disminución de la D.A. (ver en Tabla 2 la D.A. de los horizontes superficiales del suelo no subsolado).

Cambios en el nivel de los suelos han sido observados como consecuencia del uso de otros implementos de laboreo profundo. Bozzo (1978) observó que en la depresión del Salado la elevación del nivel en el espacio afectado por las cuchillas del subsolador, persistió por algo más de seis meses. En Ucrania, Negovelov y Unguryan, (1977) con arado profundo encontraron que el efecto del "elevamiento" generalizado del nivel había cesado a los dos años y en el tercer año probablemente debido al colapso de la estructura, el nivel de suelo se encontraba por debajo del original. Los resultados obtenidos en el presente ensayo permiten suponer una tendencia semejante.

Infiltración

La infiltración superficial original fue moderada a moderadamente lenta, (según distintos autores), aumentó drásticamente (seis veces) en la zona afectada por las cuchillas del implemento y luego tendió a disminuir paulatinamente en función del tiempo. En la Figura 1 se presentan los valores de infiltración básica hallados.

En el espacio entre cuchillas (en ambos tratamientos), luego de pasados los dos primeros meses de efectuada la labor, no se observaron diferencias significativas de la infiltración, con respecto al testigo (datos no presentados).

Contenido hídrico del suelo

El incremento en los niveles de infiltración produjo, en un período de fuertes lluvias (ver los datos de precipitación pluvial en la Figura 1), un mayor ingreso de agua al suelo lo que se reflejó en los contenidos hídricos medios del mismo, a los 200 días de efectuada la labor (promedio de sesenta muestras) presentadas en Tabla 4. Las muestras se tomaron inmediatamente después de una lluvia.

El suelo bajo el tratamiento A (labor espaciada 0,55 m) poseía más humedad que el del tratamiento B y a su vez éste más que el testigo. En la Tabla se adjuntan datos de humedad equivalente de ese suelo. Considerando que estos valores representan la capacidad de campo del suelo, se observa que en las parcelas subsoladas con ambos espacios entre cuchillas, la humedad presente superaba ese límite hasta los 0,40 m, mientras que en el testigo solo ocurrió hasta los primeros 0,20 m.

Por debajo de los 0,40 m el suelo bajo tratamiento A se encontraba más cerca de la humedad equivalente.

Datos complementarios de humedad en muestras tomadas a los 260 días hasta 0,40 m de profundidad (promedio de 10 muestras) corroboran que el suelo bajo tratamiento A poseía más humedad que el testigo (27,56% versus 25,99%).

Salinidad

En la Figura 2 se presentan los datos de C.E. promedio (76 muestras) de los dos tratamientos y el testigo, tomadas a los 200 días de iniciado el estudio.

En ambos tratamientos se observa un decrecimiento de la salinidad. En el tratamiento A la disminución de la C.E. fue drástica, siendo menor en un 80% con respecto al testigo hasta los 0,60 m y un 60% entre los 0,60 m y 0,80 m. El cambio fue mucho menos evidente en el tratamiento B, e inclusive entre 0,60 m y 0,80m el promedio del área subsolada no difiere del testigo. Las parcelas del tratamiento A no presentan diferencias de salinidad entre el área afectada por las

TABLA 4: Contenido hídrico del suelo (dag kg^{-1}).

Profundidad (m)	Testigo	Tratamiento A	Tratamiento B	Humedad equivalente
0,00-0,20	23,03	30,50 **	31,28 **	19,10
0,20-0,40	24,76	28,72 *	27,74	26,88
0,40-0,60	23,36	37,38 **	28,25 *	39,65
0,60-0,80	24,56	36,08 **	30,02 *	42,54

* Significativamente distinto del testigo.

** Muy significativamente distinto del testigo.

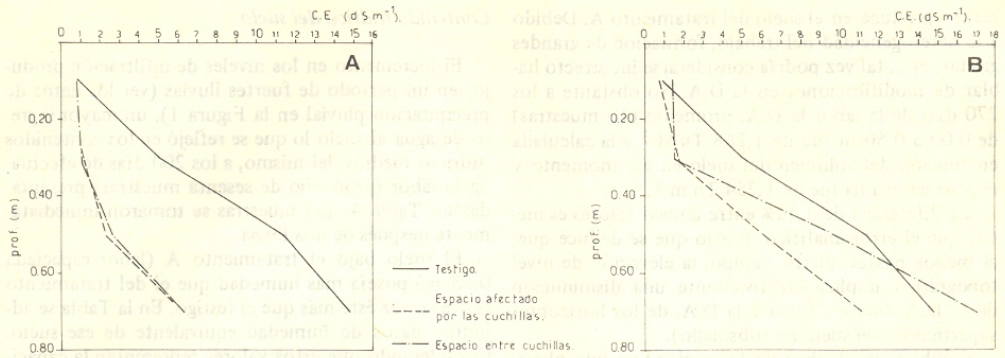

Figura 2: Valores medios de salinidad de los perfiles (expresados en dS m^{-1} en extracto de saturación). Tratamientos A y B.

cuchillas del implemento y el área entre ellas. En cambio en las parcelas del tratamiento B a partir de 0,40 m fueron distintos los valores de C.E. entre las dos áreas mencionadas.

Muestras adicionales tomadas en las parcelas del tratamiento A a los 340 días de iniciado el ensayo indican que hasta la profundiad de 0,60 m el tenor salino era entre 77% y 81% menor que el testigo.

La acción disturbadora del implemento en el perfil del suelo y la favorable distribución de las lluvias dieron lugar a este significativo lavado del suelo, inclusive por debajo de la profundidad de labor.

Alcalinidad

Sobre las muestras tomadas a los 200 días se determinó pH (Figura 3). La reacción del suelo presentó cambios, decreciendo en general algunos decimales. También en este caso la mayor disminución se presentó en el suelo bajo el tratamiento A.

En las muestras tomadas a los 340 días los valores de pH en pasta también fueron menores que en el testigo, 0,3 y 0,7 unidades, según la profundidad. La relación de adsorción de sodio (RAS) disminuyó pero no significativamente en la profundidad de 0,00-0,40 m y solo lo hizo en forma significativa en la profundidad de 0,40-0,60 m disminuyendo un 33 por ciento.

Modificaciones en el desarrollo vegetal

El conjunto de modificaciones mencionadas dio origen a cambios en la vegetación natural. Los valores porcentuales promedio de producción de materia seca en las parcelas subsoladas a 0,55 y 1,10 m fueron 242, 3% y 124,1% mayores respecto al testigo.

Debe aclararse que estos porcentajes sólo indican

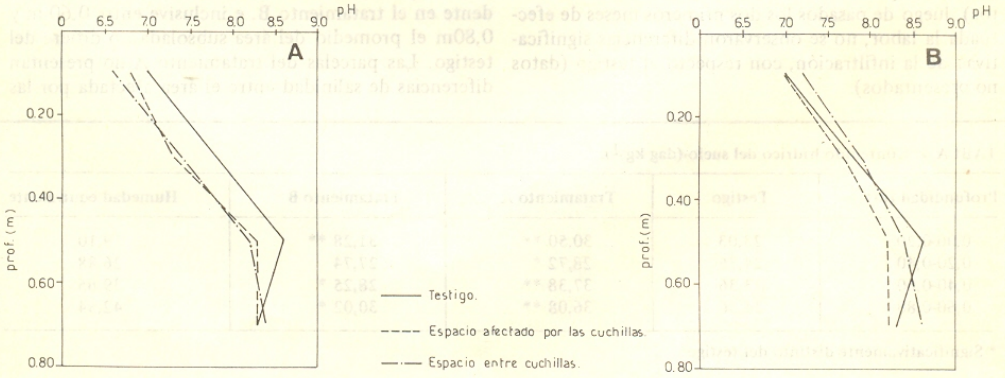

Figura 3: Valores medios de pH (en pasta) de los perfiles. Tratamientos A y B.

una tendencia, no un incremento porcentual esperable, aunque la bibliografía internacional señala grandes incrementos de rendimiento en el caso de este tipo de laboreo profundo, por la remoción de sales que éste origina (Abraham y Bocskai, 1971).

CONCLUSIONES

Se comprobó que el implemento utilizado provocó cambios en el suelo. Debe destacarse el efecto de la labor con las cuchillas separadas a 0,55 m, ya que se produjeron incrementos en el volumen, la infiltración y el contenido hídrico del suelo. Como consecuencia se produjo una significativa lixiviación de sales del perfil y una ligera reducción en el pH, aunque se manifestó poco cambio en el RAS del suelo. Mediciones en la vegetación indicaron un incremento correlativo de la masa vegetal.

Aún cuando el ensayo careció de alternativas tales como laboreo superficial, siembra posterior, etc., los resultados obtenidos sugieren que esta técnica puede transformarse en un eficaz medio para facilitar la lixiviación de las sales. Con ello se aceleraría un fenómeno natural, acortando plazos y creando mejores condiciones para cultivos en ciertos suelos salinizados por las inundaciones.

La información recogida indica, adicionalmente, que el efecto de este tipo de implemento en algunas propiedades físicas del suelo y de no mediar otro laboreo, se prolongaría poco más de un año.

BIBLIOGRAFIA

Abraham, L. and Bocskai, 1971. The utilization and amelioration of Solonetz soil in Hungary in Szabolcs, I (Ed) European Solonetz Soils and their reclamation. Akademiai Kiado. Budapest 61-97.

Allmaras, R. R.; R. W. Rickman; L. G. Ekin; B. A. Kimball, 1977. Chiseling influences on soil hydraulic properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 41 (4) 796-803.

Bozzo, A. A., 1970. Conservación de agua en praderas permanentes. C.F.I.M.A.A. - B.A. Programa Pecuario. 6 p.

Bozzo, A. A., 1978. Prácticas de manejo para los subgrupos de suelos que integran las Asociaciones de la Depresión del Salado. En Dirección de Extensión Rural. Guía para el uso y manejo de los recursos suelos y vegetación de la a Depresión del Salado. M.A.A. - B.A. La Plata 45-59.

Burnett, E. and V. L. Hauser, Deep tillage and soil-plant-water relationship. Tillage for Greater Crop production. ASAE. Michigan U.S.A. 47-52.

Cairns, R. R. and J. C. Hermans. Deep plowing of Solonetz soils in Toogood J. A. and Cairns R. R. (Co-editors) Solonetzic soils technology and management. The University of Alberta. Edmonton, Canada. Bulletin B-78-I 2º ed. 71-81 pp.

Lavado, R. S. and R. R. Cairns, 1980-81. Solonetzic soil properties and yields of wheat, oats and barley as affected by deep plowing and ripping. Soil and Tillage Res. I (I): 69-79.

Negovelov, S. F.; V. G. Unguryan, 1977. Determination of changes in soil density after deep plowing. Sov. Soil Sci. 9 (I) 109-113.

Puricelli; C. A., 1982. Efectos de las labranzas especiales sobre los rendimientos del maíz y el contenido de agua edáfica en un Argiudol típico. En prensa INTA.

Raikov, L., 1971. Reclamation of soils in Bulgaria in Szabolcs, I. (ed.) European Solonetz soils and their reclamation. Akademiai Kiado, Budapest. 35-47.

Unger, P. W., 1979. Effects of deep tillage and profile modification on soils properties, root growths and crop fields in the United States and Canada. Geoderma 22: 275-295.