

ISSN – 0326-5803

Publicación Técnica Nº 31

EXPERIENCIAS EN RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINIZADOS.

Ing. Agr. Alejandro F. Zamolinski

Área de Investigación - Estación Experimental Agropecuaria General Villegas.

INTA
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Centro Regional Buenos Aires Norte
Estación Experimental Agropecuaria “General Villegas”

Rca. Argentina

Noviembre 2000

RESUMEN.

En el NO de Bs. As.; SE de Córdoba y S de Santa Fe se localiza una extensa área de deficiente drenaje, susceptible al anegamiento y a sufrir procesos de alcalinización y salinización. Durante el período lluvioso de 1985-87 y recientemente (1997 – 99) los suelos que ocupan la porción más deprimida del relieve se inundaron al producirse el ascenso de la napa freática.

Al eliminarse el agua y comenzar la desecación de las capas superiores del suelo, tienen lugar los mencionados procesos de alcalinización – salinización con una intensidad relacionada a la composición y concentración salina de la freática.

El proceso recuperatorio de estos suelos es lento, dificultoso y altamente dependiente de las condiciones climáticas y se inicia a partir, básicamente, de una de las siguientes situaciones: a) Suelos totalmente o en su mayor parte desnudo, b) suelo totalmente o en su mayor parte cubierto con especies nativas tolerantes de escaso valor forrajero.

En ambas situaciones extremas, la Estación Experimental Agropecuaria “General Villegas” del INTA, ha desarrollado experiencias sobre técnicas para la recuperación de estos suelos. Las prácticas agroquímicas que han resultado consisten en inter-siembra de especies tolerantes, practicada manteniendo la cobertura vegetal existente o generada mediante “mulchheado” en el caso de no existir.

Las especies que mostraron buen comportamiento ante alta salinidad fueron: agropiro alargado, festuca y trébol de olor. Cuando la alcalinidad prevalece, se comportó muy promisoriamente *lotus tenuis*. En los casos exitosos se evitó el pastoreo 1 año a partir de la siembra realizada en otoño. En verano se desmalezó cuando la semilla de las especies valiosas era viable y el pastoreo en el otoño siguiente fue moderado y de corta duración, con piso seco evitando la compactación por pisoteo.

I – GENERALIDADES.

La ocurrencia de lluvias extraordinarias ha provocado el anegamiento de campos y zonas urbanas del NO bonaerense. La reiteración de estos fenómenos provocó la recarga de los acuíferos y el ascenso regional de la napa freática y las sales

subyacentes que el agua lleva en solución.

Al finalizar el período lluvioso, se produce la eliminación del agua mediante evaporación e infiltración y comienza la desecación de las capas superiores del suelo. Al intensificarse el proceso, se produce el ascenso capilar del

agua freática que, al evaporarse, enriquece de sales todo el perfil y, principalmente, la porción superior del suelo, fenómeno denominado genéricamente "salinización". La intensidad del mismo está en íntima relación con la profundidad y concentración salina del agua freática, mientras que la composición de las sales determina la naturaleza del fenómeno, que puede ser de alcalinización, salinización o alcalinización – salinización, siendo este último el más común en la zona que nos ocupa, y que ocurren según prevalezcan o no sales de sodio (Alcali).

Para estimar la salinidad de un suelo, se mide la conductividad eléctrica (CE) de una solución extraída de una pasta de suelo saturado con agua y se expresa en milimhos por centímetro (mmhos/cm) o en decisiemens por metro (dS/m), mientras que la determinación del pH da una idea de la presencia de sodio en exceso, cuando se obtienen valores superiores a 8.

Visualmente puede establecerse la naturaleza e

intensidad del problema observando el estado del suelo y la vegetación. Cuando la CE se aproxima a 8 mmhos/cm, la vegetación presenta menor desarrollo y modificaciones en la composición florística. Cuando la CE es superior a 14 mmhos/cm se inhibe el desarrollo de las plantas y aparecen manchones desnudos.

Eflorescencias salinas en superficie ("salitre blanco") denotan conductividades superiores a 20 mmhos/cm, mientras que la presencia de manchones oscuros ("salitre negro") indica la presencia de humatos sódicos producidos por la dispersión de la materia orgánica y la existencia de un pH próximo a 10.

En el laboratorio, además de la CE y el pH se determina el sodio (Na) soluble y el Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) y se clasifican como sódicos los suelos con PSI superior al 15%. Resumiendo, podemos identificar a los suelos salinos y sódicos como se indica en el cuadro N° 1.

Cuadro N° 1. Características de suelos salinos y sódicos.

Suelo	pH	CE (mmhos/cm)	PSI (%)
Normal	6 a 7	< 2	< 15
Salino	< 8.2	> 4	< 15
Sódico	> 8.2	< 4	> 15
Salino – sódico	> 8.2	> 4	> 15

Las sales ejercen sobre la vegetación varios efectos nocivos. Por un lado, al aumentar la

presión osmótica de la solución del suelo, disminuye el agua aprovechable por las plantas.

También existen la toxicidad específica de algunos iones y las carencias condicionadas, provocadas por exceso de algunos cationes que impiden la absorción de otros. Tal es el caso del sodio que, al elevar el pH, impide la normal absorción de nutrientes como Fósforo, Cobre,

Hierro, Zinc, Boro y Molibdeno a la vez que condiciona la deficiencia de Calcio y Magnesio.

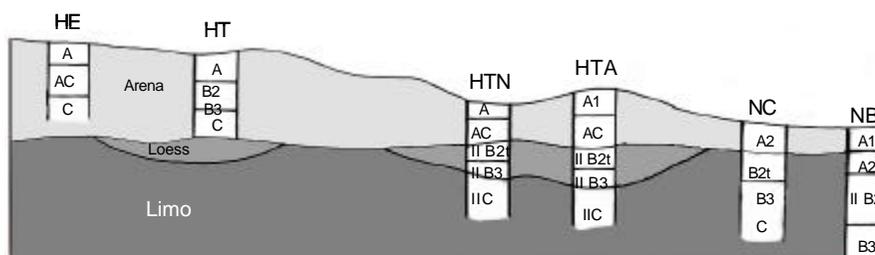
Por otro lado, el sodio influye negativamente sobre el estado físico del suelo, ya que deteriora la estructura y la porosidad, dificultando la infiltración del agua y la difusión del aire.

II – LOS SUELOS AFECTADOS.

Las tierras afectadas o susceptibles a sufrir procesos de alcalinización y salinización, ocupan una extensa área de deficiente drenaje, con alta susceptibilidad al anegamiento, que se ubica en el NO de la provincia de Buenos Aires, SE de Córdoba y Sur de Santa Fe y fisiográficamente forma parte de la "Pampa arenosa".

Este área es la resultante de la sumatoria de superficies de magnitud variable, desnuda o cubierta por especies nativas tolerantes, que alternan con medias lomas y lomadas agrícolas. La distribución de los suelos se relaciona con el relieve y se indica en la figura 1.

Figura 1. Distribución teórica de algunos sub-grupos de suelos.



Los suelos se han desarrollado a partir de materiales arenosos recientes de espesor variable, asentados sobre limos arenosos de origen loessico y textura fina, poco permeables. El contacto entre ambos materiales constituye un obstáculo que retiene las aguas sub-superficiales con carácter de freática. La

profundidad de esta capa freática depende del espesor del manto arenoso. Se mantiene lejos de la superficie en los suelos profundos y aflora donde la cobertura es delgada.

Considerando la posición que ocupan en el relieve, se presenta una gama de suelos con todas sus

transiciones. Donde el espesor del manto arenoso es grande, se han desarrollado suelos de textura arenosa, reacción neutra a ácida, algo excesivamente drenados y baja retención de humedad (Hapludol éntico, HE). En las áreas ubicadas entre lomas, pero aún con relieve positivo, aparece un suelo con mayor cantidad de materiales finos, textura franco – arenosa, reacción neutra a ácida, mayor capacidad de retención de agua y bien drenado (Hapludol típico, HT).

Cuando el relieve se hace suavemente ondulado y disminuye el espesor del manto arenoso aparecen suelos que presentan una marcada discontinuidad entre horizontes. Hasta 40 – 50 cm de profundidad, el suelo es de textura franca, débilmente ácido y bajo en materia orgánica.

Este material apoya en forma abrupta sobre depósitos minerales finos, franco – arcillo – limosos y moderadamente alcalinos (Hapludol thapto – árgicos, HTA). En sectores planos o ligeramente deprimidos se presenta un suelo similar en cuanto a la secuencia de horizontes, pero con el B2 fuertemente alcalino o sódico (Hapludol thapto – nátrico, HTN).

Por último, en la posición más baja del relieve, constituyendo vías de escurrimiento temporario, se han desarrollado suelos de drenaje pobre, elevada alcalinidad sódica, bajo tenor de materia orgánica y nivel freático alto (Natralf típico, Nc y Natrbol típico, Nb). Estos suelos presentan perfiles con marcada discontinuidad en la permeabilidad

de los materiales superiores y subyacentes, por lo que, en períodos de alta precipitación se produce la permanencia de una falsa napa freática que da origen a cementaciones (fragipanes) que impiden la infiltración del agua, la difusión del aire y la penetración radicular.

Los dos primeros suelos mencionados (HE y HT) difícilmente se vean afectados por alcalinización o salinización. El tercero (HTA) puede verse afectado pero puede experimentar una rápida recuperación a poco que mejoren las condiciones climáticas. Todos los demás subgrupos se verán afectados sin duda y su recuperación será lenta, difícil y aleatoria, dependiendo en alto grado de la evolución de las condiciones climáticas.

Los tres primeros suelos se destinan a un uso agrícola – ganadero, mientras que los restantes presentan condiciones limitantes que se agravan cuando la superficie se conecta capilarmente con la napa por el ascenso de la misma y el pastizal natural es sometido a un pastoreo inadecuado que conduce a aumentos de la evaporación, acumulación de sales en superficie, reducción de la infiltración y aumentos de la densidad aparente y microporosidad. Se destinan a un uso pastoril más o menos atenuado mediante el aprovechamiento del pastizal natural, recurso en el que se basa su productividad y que impide el calentamiento del suelo, a la vez

que las raíces mejoran la estructura y facilitan la penetración del agua de lluvia y la lixiviación de las sales, acciones estas de importante magnitud respecto del suelo desnudo.

Este pastizal, formado especialmente por gramón (*Cynodon dactylon*); pelo de chancho (*Distichlis spicata*) y espartillo (*Spartina densiflora*) que

dominan a medida que el relieve se hace más bajo, a menudo constituye el único recurso forrajero de que se dispone, pese a su escasa calidad y volumen, por lo que sería de gran utilidad mejorar la oferta forrajera mediante el reemplazo de las especies nativas por otras de mayor calidad y producción, como también lograr la revegetación de las playas desnudas o "peladales".

III – RECUPERACIÓN DE SUELOS SALINO-SÓDICOS.

La salinización es un proceso parcialmente reversible. Cuando ocurren ciclos climáticos normales para la región, el agua de lluvia puede lixiviar las sales a horizontes profundos, dando lugar a una recuperación natural. Este proceso a veces es muy lento, pero puede ser acelerado si se practica la remoción superficial del suelo manteniendo la cobertura vegetal, con lo que se impide la incidencia directa de la energía evaporante, evitando la concentración de sales en superficie.

Para que ello ocurra es necesario evitar el pastoreo continuo, que intensifica la denudación del terreno y provoca compactación superficial.

Básicamente (y simplificando) pueden darse dos situaciones en lotes recuperables: a) suelo totalmente o en su mayor parte desnudo, con algunas matas de jume (*Salicornia ambigua*) y b) suelo totalmente o en su mayor parte cubierto con especies nativas tolerantes como gramón y

pelo de chancho con algunos espacios desnudos o "peladales".

Los sectores carentes de vegetación son los más críticos en cuanto a posibilidades de recuperación. En ellos es necesario realizar la cobertura de la superficie del suelo con rastrojo o paja de cualquier origen, para lograr un "mulch" que la proteja. Previamente puede realizarse alguna tarea de remoción que favorezca la infiltración y el lavado de sales.

La Estación Experimental Agropecuaria "General Villegas" del INTA, ha desarrollado algunas experiencias sobre técnicas para la recuperación de suelos salinos y salino – sódicos.

En la primera situación (suelo desnudo), se condujo un ensayo de recuperación en las proximidades de Carlos Tejedor, sobre un Hapludol thapto nátrico (HTN), clase VII ws, con alta salinidad. El mismo se inició en 1989 y finalizó en 1993. En él se ensayaron dos tipos de

escarificación: Cíncel y disco además de un “no laboreo” (clausura). Se realizó un “mulch” de aproximadamente 7.000 Kg de materia seca por hectárea de forraje obtenido de la banquina de la ruta N° 226. Estas tareas se hicieron en la primavera de 1989. En el otoño siguiente se sembró Agropiro alargado con una máquina para siembra directa. La

labor de cíncelado fue la más eficaz en lograr el aumento de la infiltración (Gráfico N° 1). Si bien el efecto desaparece al cabo de 12 meses, su duración fue suficiente para permitir la germinación e implantación del Agropiro y otras especies cuyas semillas se incorporaron con el “mulch”, fundamentalmente cebadilla y festuca (Gráfico N° 2).

Gráfico N° 1. Infiltración acumulada en 3 horas.

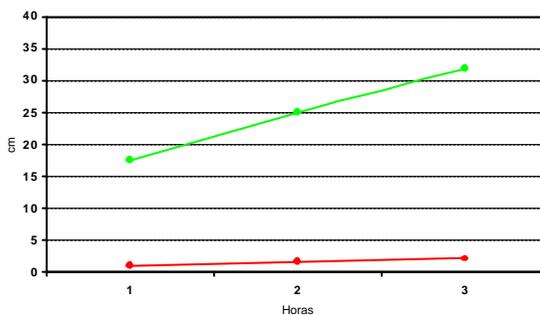
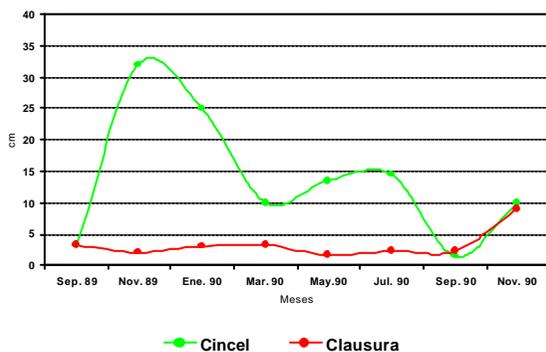


Gráfico N° 2. Infiltración acumulada inicial



El ensayo se mantuvo aislado y, anualmente, se permitió sembrar al Agropiro. Cuando la semilla alcanzaba la madurez, se cortaba con una desmalezadora dejando la broza esparcida. De ésta

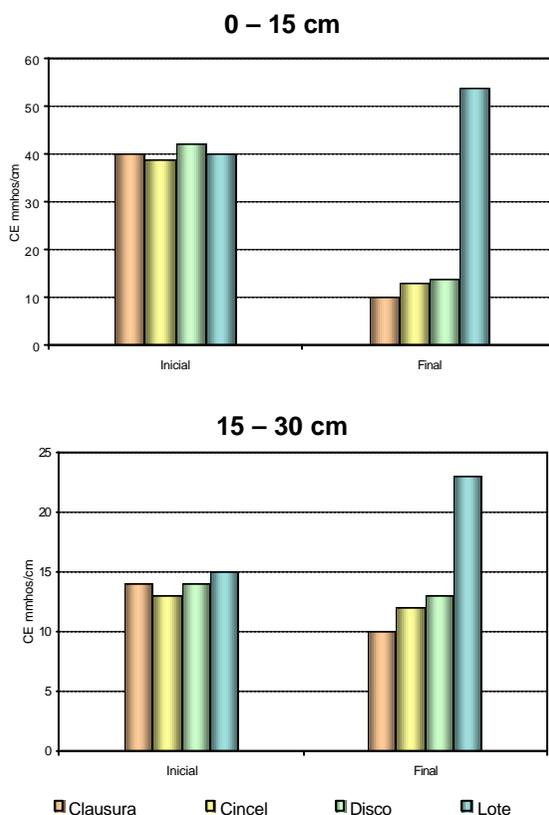
manera se favoreció la siembra hasta lograr la total ocupación del terreno. En el año 1993 se evaluó la producción de forraje, obteniéndose 9000 Kg/ha de materia seca en el tratamiento “cíncel” y 5000Kg/ha

en el tratamiento "clausura" (siembra sin laboreo).

La conductividad eléctrica disminuyó notablemente, aunque mostró oscilaciones a través de

los años. La disminución se observa en el gráfico N° 3. En el mismo, la columna "lote" representa la parte externa al ensayo que fue pastoreada en forma continua o, mejor, utilizada como zona de tránsito hacia la aguada.

Gráfico N° 3. CE inicial I (Nov. 1989) y final F (Nov. 1993).



Se observa en la misma el efecto nocivo del pisoteo provocado por el ganado y la denudación del terreno provocada por el diente y cómo ese efecto es mayor en la porción superficial.

En la segunda condición (suelo completamente cubierto por

vegetación natural), se desarrolló una experiencia en las proximidades de Ameghino durante los años 1996 y 1997. La misma se llevó a cabo sobre un Natralbol típico (Nb) con un perfil del tipo A1, A2, B2 t, en el que éste último aparece a las profundidades de 25 y 33 cm,

perteneciente a las series “La Providencia” y “La Isleta”, Clase VII ws, fases moderada y fuertemente salinas. El pelo de chancho (*Distichlis spicata*) constituye el único recurso

forrajero a la vez que protege la superficie del suelo, como se desprende de los siguientes datos provenientes de un muestreo preliminar.

Condición	CE mmhos/cm	Na Soluble meq/l
Sup. Cubierta	9	85
Desnudo	72	410

En otoño de 1996, se efectuó un muestreo del suelo del ensayo, obteniéndose los siguientes datos:

H2	MO %	Ppp m	pH	CE mmhos/cm	Na Soluble meq/l
A1	2.24	10.4	8.9	16	148
A2	1.57	8.0	8.9	16	156
B2	0.80	7.6	9.0	16	100

El suelo presentaba una alta compactación en la transición del A1 al A2 (15 cm aproximadamente) y una velocidad de infiltración muy lenta (12,5 mm en la primera hora). Se trataron de implantar las especies que a continuación se indican junto a las densidades de siembra utilizadas:

1. Agropiro alargado 12 Kg/ha
2. Festuca 3 Kg/ha
3. Lotus tennius 5 Kg/ha
4. Melilotus alba 3 Kg/ha
5. Melilotus officinalis 3 Kg/ha
6. Avena 10 Kg/ha

Las técnicas utilizadas para su implantación difirieron en cuanto a su naturaleza (mecánica o química) y en cuanto a la intensidad de eliminación de la cobertura herbácea existente y fueron:

1. Testigo.
2. Sin eliminación de la vegetación (siembra directa sobre el tapiz, SD)
3. Con eliminación temporaria (uso de desecantes).
4. Con eliminación total, con cobertura (uso de glifosato, HERB)
5. Con eliminación parcial (cincel/ cultivador, CCEL)

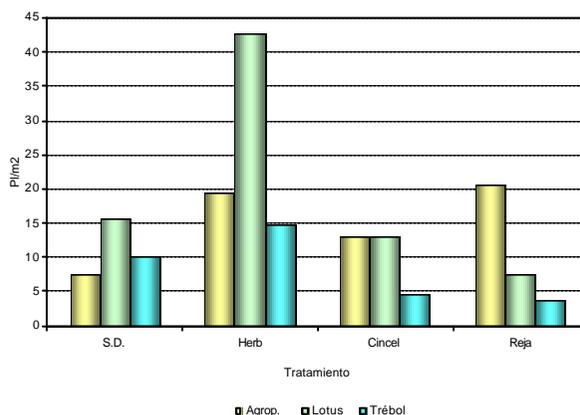
6. Con eliminación total (reja/disco, REJA)

Después de efectuados los tratamientos, el 10 de abril de 1996 se procedió a la siembra, la que se llevó a cabo con una sembradora para siembra directa. Si bien en el momento de siembra la profundidad de la napa era de 1,60 m, durante los 2 años de ensayo se mantuvo siempre

oscilando entre la profundidad de 0.90 m y aflorando en superficie, mientras que su CE osciló entre 1 y 8 mmhos/cm.

En verano del mismo año (diciembre) se efectuó un recuento de individuos por especie definitivamente implantadas con el resultado que se presenta en el gráfico N° 4.

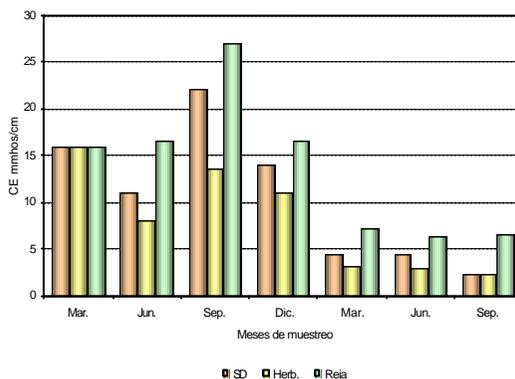
Gráfico N° 4. Individuos implantados por especie.



La salinidad evolucionó favorablemente en todos los casos, determinándose los valores de CE más bajos en los tratamientos SD (siembra directa sobre el tapiz) y HERB (glifosato, 3 l/ha + SD), mientras que en el

tratamiento REJA fueron siempre los mayores, lo que explicaría la gran participación de Agropiro en este tratamiento, debido a la eliminación de la competencia de otras especies.

Gráfico N° 5. Conductividad eléctrica.



El “pico” registrado por la CE en septiembre de 1996, se explica por la intensa sequía ocurrida en el invierno de ese año, con el consiguiente aumento de evaporación.

Durante el primer año (1996) el ensayo no se pastoreó y se permitió la fructificación de las plantas logradas. En el segundo año (1997) hubo una mejor distribución de las lluvias y se produjo un gran desarrollo de la vegetación, acompañado por el descenso de la salinidad que se muestra en el gráfico N° 5.

En abril de ese año se pastoreó rápidamente sin evaluar la producción. Este pastoreo significó una operación de limpieza. En noviembre, previo al segundo pastoreo se determinó la producción de biomasa mediante muestreo. La producción mínima correspondió al tratamiento SD (siembra directa sobre el tapiz) con 980 Kg/ha de materia seca y la máxima al tratamiento HERB (SD + glifosato) con 2675 Kg/ha. La digestibilidad “in vitro” pasó de 47.7 (SD) a 63.6% (Herb) y la proteína producida, de 101.5 a 450 Kg/ha.

IV – RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE SUELOS SALINOS.

- Al retirarse el agua, deberá observarse el estado del suelo y la vegetación. Como vimos en la sección I, esto nos dará una idea de la naturaleza y magnitud del problema. Al mismo tiempo se tomará una muestra de suelo para analizar, con lo que se ajustará el diagnóstico realizado visualmente.
- Si se detecta una CE próxima, igual o superior a 20 mmhos/cm y la napa está muy próxima a la superficie, con falta de “piso” se deberá clausurar el lote afectado

- hasta que mejoren las condiciones.
- Si por el contrario, la CE es la misma pero hay "piso", la napa está a 1 m o más de profundidad y no hay vegetación natural, puede clausurarse el lote en espera de que las especies tolerantes colonizadoras "cicatricen" las playas desnudas o efectuar una cobertura o "mulch" en primavera con cualquier material, preferentemente que contenga semillas viables y sembrar, mediante siembra directa o interseembra especies tolerantes en marzo – abril.
 - Si la salinidad es mediana y hay presencia abundante de especies colonizadoras como quinoas, morenitas, salicornias, etc., se puede pasar una segadora o picadora, dejando la broza esparcida sobre el piso e intersembrar especies tolerantes en otoño.
 - Si el suelo está totalmente cubierto por vegetación gramínea, tipo gramón o pelo de chancho, puede escarificarse el suelo en primavera, con una labor sub-superficial que no elimine la cobertura e intersembrar en otoño con especies tolerantes o directamente intersembrar estas especies controlando la vegetación natural con herbicidas totales.
 - Si la salinidad es baja no habrá inconvenientes en implantar una pastura, sin exponer la superficie del suelo a la incidencia de la energía evaporante y realizando un manejo adecuado de la misma.
 - Han manifestado buen comportamiento ante salinidad, gramíneas como Agropiro alargado, Agropiro criollo y Festuca, destacándose entre las leguminosas Trébol de olor blanco, Trébol de olor amarillo y Alfalfa, en el orden indicado en cada caso.
 - Cuando la salinidad no es muy alta (CE = 8) y el pH es elevado (pH = 8.2), se han logrado excelentes resultados con la siembra de Agropiro alargado y Lotus tennius.
 - En todos los casos deberá evitarse el pastoreo, por lo menos 1 año a partir de la siembra, para permitir el buen arraigamiento, fructificación y resiembra de las plantas logradas.
 - En el verano puede pasarse una desmalezadora, cuando la semilla de las especies valiosas sea viable, dejando la broza en el lugar cuando sea necesario o haciendo alguna reserva en los casos más favorables.
 - El pastoreo debe ser moderado y de corta duración, permitiendo el descanso y rebrote (rotativo) y debe iniciarse con piso seco, evitando la compactación que produce el pisoteo cuando el suelo está húmedo.
 - La experiencia local en este tipo de emprendimientos es escasa y no siempre exitosa, pero permite asegurar que no existe una

única fórmula aplicable a todos los casos, sino que la estrategia de intervención deberá establecerse en cada situación particular.

- Debe tenerse presente que los avances logrados en la

recuperación de estos suelos, tendrán la duración del ciclo sin lluvias excesivas que provoquen nuevos anegamientos y retrotraiga la situación a su estado inicial.

V – BIBLIOGRAFÍA.

- BLACK, C.A. 1967. Soil plant relationship. Dep. of Agronomy, Iowa State University. Ames, Iowa. USA.
- CASAS, R. y PITTALUGA, A. 1990. El anegamiento y salinización de los suelos en el noroeste de la Pcia. de Bs. As. En: Manejo de tierras anegadizas. FECIC. Buenos Aires.
- CISNEROS, J.M. 1983. Caracterización del hidromorfismo en ambientes representativos del Centro - Sur de Córdoba. Escuela para graduados. Convenio Fac. Agr. - UBA - INTA.
- CISNEROS y otros. 1991. La salinización de los suelos en el sudeste de Córdoba: algunos conceptos básicos para su manejo. U.N. Río Cuarto - INTA - Conicet.
- CISNEROS, J.M. y otros. 1992. Intersiembra de especies forrajeras en pastizales con gramón en un área representativa del suroeste de Córdoba. U.N. Río Cuarto - INTA - Conicet.
- CURTIU, D.; STEPPUHN, A.; MERMUT, A.R. y SELLES, F. 1994. Sodicity in irrigated soils en Saskatchewan: Chemistry and structural Stability. Univ. Saskatchewan, Canadá.
- FERNANDEZ, P.; LUQUE, J. y PAOLINI, J. 1971. Análisis de la infiltración y su aplicación para diseños de riego en el valle inferior del Río Colorado. RIA, Serie 3, Vol. 8 (1): 1-29.
- HAISE, et al. 1956. In: Methods of soil analysis. Part I Cap. 12, Agronomy - Nº 9. USA, 1965.
- MILLER, J. y PAWLUK, S. 1993. Génesis of solonchic soils as a function of topography and seasonal dynamics. Univ. of Alberta, Edmonton, Alberta, Canadá.
- O'NEIL. 1952. A key for evaluating infiltration by means of certain field clues - soil Sci. Soc. Am. Proc. 16, 312.
- QUIROGA, A. 1994. Influencia del manejo sobre propiedades físicas de los suelos. Su relación con la granulometría y contenido de materia orgánica.

Tesis Magister en Ciencias
Agrarias. UNS. Bahía Blanca.

RICHARDS. 1954. In: Diagnóstico
y recuperación de suelos
salinos y sódicos. Manual N°
60. Dep. of Agric. USA.

ZAMOLINSKI, A.; CASAS, R. y A.
PITTALUGA. 1994. Manejo de
suelos salinos en el noroeste
de la Pcia. de Buenos Aires.
INTA.