

Análisis en Suelos Ecuatoriales v. 26(1) p. 68-75
Ref. 20710

EVALUACION DE TECNICAS DE MANEJO PARA LA RECUPERACION DE SUELOS SODICOS EN EL VALLE CALIDO DEL ALTO MAGDALENA

Ricardo Alfaro Rodríguez, I.A. M.Sc.*; Antonio María Caicedo, I.A. MSc.*; Edgar Amézquita Collazos, I.A. Ph. D.**

RESUMEN

En el distrito de riego "Coello", municipio de El Espinal, Vereda Guasimal-Pasoancho, predio La Palmita, en un suelo clasificado como Typic Ustropept en avanzado estado de sodificación, se adelantó este experimento para restablecer el potencial productivo-sostenible de dicho suelo. Se evaluaron tres técnicas: Comparación de espaciamiento entre drenes (50, 100 m), clase de dren (tubería, gravilla) y correctivo (azufre, yeso), acompañadas de un manejo característico en cada una de las etapas del proceso de recuperación.

Después de dos semestres agrícolas usando arroz como cultivo, el sodio intercambiable disminuyó en la capa arable un promedio de 40%, lo cual convirtió el suelo de sódico a normal. Existen diferencias estadísticas para espaciamiento y correctivo a favor del espaciamiento de 100 m y azufre respectivamente. Se pretende continuar el proceso hasta restablecer completamente las propiedades hidrodinámicas entre 20 y 30 cm de profundidad e igualmente el balance nutricional a través de todo el perfil.

Palabras Claves Adicionales: Solidificación, drenaje, labranza profunda, correctivo, acondicionador, lavado, flujo de masa, difusión, inundación, abatimiento, dren.

ABSTRACT

Evaluation of management techniques for sodic soils reclamation in the Valle Calido del Alto Magdalena

An experiment was carried out at "La Palmita" farm, located within the Irrigation District "USOCOELLO", in El Espinal, Tolima, Vereda Guasimal-Pasoancho, on a soil classified as Typic Ustropept in advanced state of sodification, in order to reestablish its sustainable productive potential. Three techniques were evaluated as follows: Drains spacing (50 and 100 meters), type of drains (pipes and gravel) and chemical correctives (sulphur and gypsum) plus a characteristic management in each stage of the reclamation process. After two semesters and by using rice as crop, the exchangeable sodium decreased in about 40% in the first layer which brought the soil from a sodic condition to normal.

Statistical differences were found between drains spacing and chemical correctives with best results for a spacing of 100 m and when sulphur was used as corrective. The process will continue until the hydrodynamic characteristics from 20 to 30 cm deep are reestablished as well as the nutritional balance throughout the soil profile.

Additional index words: Sodification, drainage, deep tillage, corrective, conditioner, lixiviation, mass flow, diffusion, flooding, depletion, drain.

*Manejo de Suelos, Manejo de Aguas C.I. Nataima CORPOICA, A.P. 40, El Espinal Tolima

**Conservación de Suelos CIAT A.A. 6713, Palmira Valle

El Valle del Alto Magdalena está formado por la llanura aluvial, la planicie aluvial de piedemonte y el paisaje de colinas; la planicie aluvial de piedemonte corresponde a los suelos más productivos desde el punto de vista agropecuario y está constituido por abanicos que se desprenden de las cordilleras y ocupan en el valle 142.500 hectáreas y se ubican en los sectores Saldaña, Espinal, Ibagué, La Sierra y Lérica en el Tolima y Rivera en el Huila.

La capacidad de utilización de los suelos en estos abanicos, se ha visto restringida por el creciente problema de degradación, el cual afecta en general la sostenibilidad agropecuaria de la región y en particular la del distrito de riego "Coello", donde la degradación de los suelos obedece a factores ecológicos y genéticos.

Ecológicamente el suelo ha sido sometido a prácticas inadecuadas de preparación, teniendo como consecuencia aumento de la densidad aparente, lo cual modifica el movimiento del agua a través del perfil de suelo y favorece el ascenso capilar de las sales. A los anteriores factores es necesario adicionar el uso indiscriminado de fertilizantes, la aplicación de agua de riego rica en sales y la carencia de sistemas adecuados de drenaje.

El factor genético está relacionado con la riqueza mineralógica de la fracción arena, donde predominan minerales fácilmente intemperizables tipo Feldespato Plagioclasa, que al alterarse libera cationes tipo calcio y sodio; este factor junto con el clima cálido, son drásticos y susceptibles de modificación únicamente en cuanto a balance hídrico se refiere. Hoy en día el 15% de los suelos del distrito de riego Coello (12.000 has) están afectados de una u otra forma por sales, sodio o su combinación.

Las sales generan en el suelo efectos osmóticos que producen daño sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos; entre ellos se destacan: reducción del potencial osmótico del agua del suelo, acumulación de

iones a niveles tóxicos y alteración de los balances de nutrientes. De acuerdo con lo anterior, es necesario recuperar y manejar adecuadamente las áreas afectadas reduciendo la concentración iónica a niveles aprovechables o no tóxicos para las plantas, usando diversas técnicas de lavado, en adecuada combinación de acondicionadores fisicoquímicos.

La presente investigación se enmarca en la búsqueda de una rápida recuperación de un suelo altamente sódico con los siguientes objetivos:

1. Caracterizar fisicoquímicamente el suelo problema
2. Evaluar técnicas de manejo para suelos sódicos
3. Obtener niveles no tóxicos de sodio
4. Generar recomendaciones técnicoeconómicas.

REVISION DE LITERATURA

Gupta (7), se refiere a los suelos sódicos como aquellos que poseen un exceso de sodio intercambiable (15%); el sodio adsorbido, como el alto pH, tiene efectos adversos sobre las propiedades físicas del suelo como son: endurecimiento; cuando seco, difícil humedecimiento; alta escorrentía y bajo almacenamiento de agua. En condiciones muy severas disuelve la materia orgánica y da a la superficie un color negro oscuro brillante. La preparación de estos suelos es difícil pues usualmente la superficie queda terronosa, lo cual conlleva a una pobre germinación.

Para la recuperación de suelos alcalinos se requiere remover la mayoría del sodio intercambiable en la zona de raíces y remplazarlo por iones calcio. La cantidad de enmienda requerida depende de la cantidad de sodio intercambiable a remplazar, eficiencia de intercambio y profundidad del suelo a ser recuperado. Esta cantidad a menudo se repor-

ta como requerimiento de yeso del suelo. La determinación del calcio requerido para remplazar el sodio intercambiable, se obtiene del balance presente en el suelo. Materiales como azufre, piritita (sulfuro), primero deben ser oxidados para producir ácido sulfúrico, el cual reacciona para formar sulfato de calcio. Cuando se usan sulfatos de hierro y aluminio, éstos reaccionan en agua para formar ácido sulfúrico, los óxidos de hierro y aluminio actúan como policones, uniendo partículas de arcilla y promoviendo la floculación y estabilización de la estructura.

Según Cruz (4), el crecimiento de la plantas en suelos alcalinos se vé adversamente afectado, debido a bajas presiones de CO_2 (presión parcial 0.01 atmósfera), las concentraciones de calcio son menores de 0.2 miliequivalentes por litro y alta concentración de carbonatos que interfieren con el crecimiento y nutrición.

Cains (2), se refiere a la forma como el sodio afecta la productividad natural del suelo, ellas son: la drástica disminución de la materia orgánica en el horizonte A, que lo hace fácilmente endurecible; la compactación del horizonte B, que limita el intercambio hidrogaseoso con las raíces de las plantas y la composición química que afecta la toma de nutrientes. La presencia de sodio soluble eleva la tabla de agua, aumenta la tasa de evaporación y afecta la estructura del suelo. Debido a la severidad de cada una de las características enunciadas puede decirse que los suelos en este estado son improductivos.

Singh y Abrol (10), aseguran que una aplicación regular de zinc en pequeñas dosis, ha mostrado ser una práctica muy eficiente. Lo anterior se debe a que este elemento reduce notoriamente la solubilidad a pHs alcalinos; además el zinc mejora la tolerancia de los cultivos a un medio sódico.

Nutrientes como boro y molibdeno no son limitantes para la nutrición de las plantas en suelos alcalinos, debido a que al incrementar la sodicidad y pH del suelo, la concentra-

ción de estos elementos en la solución del suelo llega a niveles que son tóxicos. Sin embargo en suelos alcalinos tratados con enmienda y lavados, la concentración de estos elementos desciende a niveles adecuados para las plantas.

Gómez (6), se refiere a la necesidad de drenaje para evacuar los excesos de sodio, una vez la enmienda haya reaccionado; también menciona que el éxito de la recuperación depende de la realización de labores culturales (nivelación, subsoleo, etc.) y técnicas utilizadas de lavado.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se inició en julio de 1994, en un predio con la siguiente ubicación geográfica y variables climáticas: Latitud $4^{\circ}12'N$ y longitud $74^{\circ}56'W$, a una altura de 431 msnm, con una temperatura media de $28^{\circ}C$, humedad relativa del 70% y precipitación total promedio anual de 1.288 mm; el lote se denomina La Palmita 2, en la Vereda Guasimal-Pasoancho del municipio de El Espinal.

El suelo corresponde a un Typic Ustropept, de textura francoarenosa en el primer horizonte y francoarcillosa en el segundo; el alto PSI (50) registrado al inicio de la experimentación lo constituye en un suelo sódico.

El área experimental se dividió en parcelas de 200 m^2 ($25 \times 8 \text{ m}$), usando un diseño experimental de franjas subdivididas con tres repeticiones; los tratamientos evaluados fueron dos distancias entre drenes subsuperficiales (50 y 100 m) instalados a 1.3 metros de profundidad, dos tipos de dren (tubería y gravilla) y tres tipos de enmienda (azufre, yeso y una mezcla en igual proporción de yeso y azufre).

La cantidad de enmienda a aplicar se calculó para reducir el PSI al 5% hasta 30cm de profundidad del suelo; el resultado para azu-

fre fue de 3 t/ha y para yeso de 15 t/ha. Las muestras del suelo para el respectivo análisis se tomaron a intervalos constantes de profundidad, cada 10 cm hasta 30 cm.

El plan de recuperación comprendió el siguiente proceso:

1. Descripción del problema, perfil del suelo y evaluación preliminar.
2. Instalación de drenes superficiales.
3. Elaboración de canales superficiales.
4. Delimitación de parcelas experimentales.
5. Aplicación de enmienda y acondicionador.
6. Incorporación con arado de discos.
7. Aplicación de labranza profunda (subsolador).
8. Reacción de la enmienda (un mes)
9. Pulida, siembra y caballoneo.
10. Riego (capacidad de campo).

La primera siembra de arroz, variedad Caribe 8 se realizó el día 21 de octubre de 1994, las labores culturales se adelantaron según las indicaciones establecidas para el cultivo. Se llevaron registros de: densidad aparente, infiltración, análisis químico completo más elementos menores en los dos primeros horizontes del suelo, presencia de malezas y rendimiento. En la Figura 1, se presenta el aspecto general de las parcelas experimentales una vez realizado el caballoneo respectivo. La segunda siembra se adelantó el 29 de marzo de 1995 y se cosechó el 15 de agosto de 1995.



FIGURA 1. Aspecto general del experimento. La Palmita 1994

RESULTADOS Y DISCUSION

La figura 2, muestra la presencia de humatos sódicos en la superficie del suelo, éste es representativo de la magnitud del problema presentado en la Tabla 1 para la condición inicial, en la cual el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) corresponde aproximadamente al 47%. Bingham (1), se refiere a un PSI de 15% como un valor seleccionado por los cambios estructurales que empiezan a producirse en el suelo, afectando la infiltración, permeabilidad, resistencia del suelo a la penetración, el régimen de riego y drenaje, el tipo de arcilla, así como el contenido de materia orgánica.

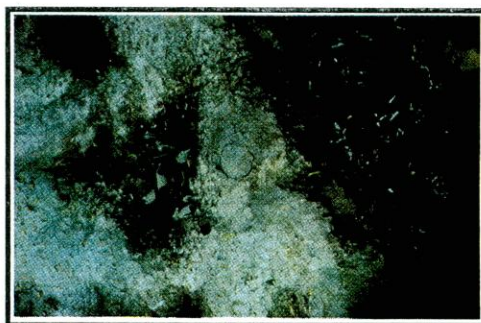


FIGURA 2. Presencia de humatos sódicos en la superficie de un suelo severamente degradado. La Palmita, 1994

TABLA 1. Variación en propiedades fisicoquímicas del suelo Typic Ustropept. La Palmita, 1995.

Características (0-20 cm)	Condición	
	Inicial	Final
Materia orgánica (%)	0.34	0.41
Saturación sodio (%)	46.74	7.53
pH	9.70	8.17
Na (meqv-100 ⁻¹ g.s.)	4.95	0.68
CIC	11.00	8.76
Tb infiltrac (mm-hra ⁻¹)	0.30	7.05
Da 10-15 cm (g-cm ⁻³)	1.20	1.42
Da 15-20 cm (g-cm ⁻³)	1.20	1.34

El valor de densidad aparente encontrado a partir de 10 cm de profundidad es demasiado bajo para la textura dominante (FAr); ésto se explica por la dispersión a la que están sometidas las partículas estructurales (Peds), lo que las hace ocupar un mayor volumen. La condición final se refiere al término del segundo ciclo del cultivo, después del cual se aprecia un contenido normal de sodio intercambiable, por esta razón puede asegurarse que el proceso ha constituido un éxito desde el punto de vista de remoción y evacuación de los niveles tóxicos de sodio. El cultivo de arroz durante dos cosechas consecutivas ha contribuido ampliamente, ya que esta especie vegetal aumenta la infiltración y rata de permeabilidad del agua (Bingham, 1990).

Tratamientos

En la Tabla 2, se presenta la probabilidad mayor que F, proveniente del análisis de varianza para contenidos de sodio intercambiable. Estadísticamente no existen diferencias ente los tipos de dren usados y diferencias altamente significativas para espaciamiento y correctivo. Lo anterior indica que desde la perspectiva operacional es indiferente usar tubería o gravilla y que la selección se hace siguiendo criterios económicos en forma preferencial.

TABLA 2. Análisis de varianza para contenidos de Sodio intercambiable. La Palmita, 1995.

Tratamiento	P > F
Espaciamiento	0.0093
Tipo de Dren	0.6089
Correctivo	0.0049

Con relación a las diferencias halladas para el esparcimiento, de la Tabla 3 se deduce que un menor espaciamiento entre drenes

favorece el lavado de sodio intercambiable; sin embargo al recalcular el porcentaje de sodio intercambiable se encuentran valores de 4.47 y 11.25%, cifras permiten clasificar el suelo como normal por contenido de sodio; posiblemente sea un poco más lenta la recuperación total cuando se usa el espaciamiento a 100 m, pero desde el punto de vista económico ofrece más ventaja comparativa; también en observaciones de campo cuando se usa el espaciamiento a 50 m se acentúa el fenómeno de sortividad, el que genera un secamiento rápido del suelo y menor oportunidad de éste para retener humedad aprovechable; considerando las citadas apreciaciones es preferible la instalación de drenes a 100 metros.

TABLA 3. Comportamiento del sodio intercambiable y pH por espaciamiento entre drenes. La Palmita, 1995.

Espaciamiento	Na (meqv-100 g ⁻¹ .s)	pH
50	0.3921 B*	8.12
100	0.9863 A	8.23

* Duncan, 0.05

En cuanto a los correctivos (Tabla 4), el azufre es el más eficiente en el proceso químico de intercambio, produciendo un mayor remplazamiento de sodio intercambiable en relación con el yeso y por lo tanto un menor valor en el contenido actual. En el testigo hubo una reducción sustancial en relación con los contenidos iniciales; ésto se debe principalmente a procesos de flujo de masa y difusión que no permiten independizar totalmente los tratamientos.

TABLA 4. Comportamiento del sodio intercambiable según los correctivos aplicados. La Palmita, 1995

Correctivo	Na (meqv-100 g ⁻¹ .s)
Azufre (3)	0.513 C*
Yeso (15)	0.766 AB
Azufre + Yeso (1:1)	0.568 BC
Testigo	0.910 A

* Duncan, 0.05

Es importante resaltar que el espaciamento a 50 metros entre drenes fue el resultado de los respectivos cálculos hidráulicos y el otro espaciamento fue producto de la duplicación de esta cifra. La anterior decisión es factible tomarla en cualquier proyecto de recuperación, ya que de no presentarse los resultados esperados se coloca otro dren entre los dos drenes previamente instalados.

Eficiencia del proceso de lavado

En la Tabla 5, se presenta la cantidad de sodio remanente en el suelo una vez aplicados los tratamientos descritos. Teniendo conocimiento de la cantidad inicial propuesta a lavar se logra fácilmente estimar la eficiencia del proceso; las eficiencias allí presentadas se consideran muy buenas, pues generalmente se alcanza un nivel del 80% después de tres o cuatro años de labores en suelos con saturaciones similares. Esto se debe a la manera como se ha manejado el proceso; al respecto Henry et al (8), aseguran que para reducir el tiempo de recuperación de suelos alcalinos, es necesario usar prácticas adecuadas de labranza con niveles de humedad apropiados; además citan la labranza profunda entre 45-75 cm, como una práctica que ha probado ser benéfica en North Dakota (USA) y Alberta (Canadá). También Hoffman (1981) citado por García

(5) encontró que la labranza profunda de suelos sódicos calcáreos es una técnica que da buenos resultados porque mejora la rata de infiltración al romper horizontes compactos o capas que restrinjan el movimiento del agua. Igualmente se refiere al hecho que la enmienda requiere de una reacción previa en el suelo, el yeso debe solubilizarse y el azufre oxidarse; para que se sucedan estas reacciones se requiere oxígeno molecular y agua. Cuando la humedad es limitante la velocidad de oxidación del azufre se reduce y cuando es excesiva el oxígeno se convierte en factor limitante. Esto sugiere la necesidad de mantener el suelo a capacidad de campo durante el tiempo requerido para la reacción.

Para el espaciamento a 50 m, únicamente se presentan los promedios debido a que hubo una gran homogeneidad entre tratamientos de correctivo, éste obedece a procesos de equilibrio químico que se vieron altamente influenciados y favorecidos por el gradiente hidráulico. El espaciamento a 100 m, permitió establecer claras diferencias entre enmiendas con relación a su eficiencia, sin embargo acá también se presentaron fenómenos de flujo de masa y difusión que explican la eficiencia lograda en el tratamiento testigo (50% aproximadamente); es decir, que dentro del suelo hubo disolución y mezcla de las enmiendas alcanzando las parcelas testigo.

TABLA 5. Eficiencia en la cantidad de sodio lavado por tratamiento. La Palmita, 1995.

Es	D	C	Na (meqv/100 g ⁻¹ .s)		EF*(%)
			Suelo (Kg/ha ⁻¹)	Lavado (Kg/ha ⁻¹)	
50	T	X	238.08	3176.41	74.00
50	G	X	310.18	3114.31	72.50
100	T	S	450.57	2964.93	69.02
100	T	Y	855.60	2559.90	59.59
100	T	SY	510.60	2904.90	67.63
100	T	T	917.70	2497.80	58.15
100	G	S	372.60	3042.90	70.84
100	G	Y	772.80	2642.70	61.52
100	G	SY	489.90	2925.60	68.11
100	G	T	1069.50	2346.00	54.61

*Estimación inicial del lavado 4295.16 Kg.

T = Tubería G = Gravilla X = Promedio S = Azufre Y = Yeso T = Testigo

Rendimiento

Esta variable presenta diferencias estadísticas significativas para los dos espaciamientos utilizados; el mejor comportamiento lo presentó el espaciamiento a 50 m, lo cual se explica debido al menor porcentaje de sodio intercambiable existente para este espaciamiento como se discutió con anterioridad en el ítem correspondiente a tratamientos; la prueba de Duncan se presenta en la Tabla 6.

TABLA 6. Diferencias estadísticas y prueba de Duncan para rendimiento. La Palmita, 1995

Espaciamiento (m)	Rendimiento Kg/ha ⁻¹	P>F
50	3543.7 A*	0.045
100	2403.0 B	

*Diferencias 0.05

Estos niveles de rendimiento, aunque son bajos son sumamente importantes debido a que el citado suelo únicamente crecían plantas indicadoras del problema como son el pasto argentina y la verdolaga (Figura 3).



FIGURA 3. Presencia de maleza indicadora de sodicidad. La Palmita, 1994 B.

El peso de 1000 granos como uno de los principales componentes del rendimiento presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos correspondientes a los

tipos de enmienda usados. La prueba de Duncan se presenta en la Tabla 7; estas diferencias son explicables desde el punto de vista nutricional, condición ésta que se presenta en la Tabla 8 y en la que se manifiesta una deficiencia en potasio por desbalance en su relación con calcio y magnesio. Debido a que el yeso aporta grandes cantidades de calcio, este inhibe un poco la toma de potasio, lo cual hace disminuir el peso de los granos en los tratamientos que lo contienen, en comparación con el azufre.

TABLA 7. Prueba de Duncan para peso de 1000 granos. La Palmita, 1995.

Enmienda	Peso (g) P>F 0.025
Azúfre	28.51 A*
Yeso + Azúfre	28.14 AB
Testigo	27.58 BC
Yeso	27.24 C

* Prueba al 0.05; valores con igual letra no son diferentes estadísticamente.

Son múltiples las citas bibliográficas al respecto entre las que vale la pena citar a Cruz (4), Chhbra (3) y Rao *et al* (9), quienes afirman que los cultivos en suelos alcalinos sufren por cantidades inadecuadas de nutrientes, excesos de ellos, toxicidades y en general por interferencias que ocasionan desbalances, los cuales repercuten en los rendimientos; así lo explica la ley de rendimiento decrecientes para aquel nutriente que esté al mínimo.

La condición nutricional presentada en la Tabla 8, se manejó supliendo las deficiencias y tratando de restablecer el equilibrio usando como fuentes de nutrientes Sulpomag, Sulfato de amonio y sulfatos de los diversos micronutrientes (hierro, zinc, cobre y manganeso).

TABLA 8. Condición nutricional actual. La Palmita, 1995

Parámetro	Valor	Interpretación
M.O (%)	0.40	Muy baja
P (ppm)	40.00	Alto
Ca: Mg	6.50	Normal
Mg +Mh : K	47.00	K deficiente
Mg : K	6.10	Normal
Ca : K	40.00	K deficiente
Fe (ppm)	6.00	Muy bajo (25)*
Mn (ppm)	2.70	Bajo (5)
Zn (ppm)	1.00	Bajo (1.5)
Cu (ppm)	1.00	Bajo (1.0)
B (ppm)	0.31	Medio (0.2)

* Nivel considerado bajo en el suelo

Costos

En la Tabla 9 se presenta una comparación de costos del proceso de recuperación, con relación al proceso aplicado y el recomendado de acuerdo con los resultados acá obtenidos.

La reducción en aproximadamente 45% de los costos de ejecución, se debe el aumento de espaciamiento, uso de gravilla en el dren subsuperficial y utilización de azufre como enmienda.

TABLA 9. Comparación de costos en la recuperación de un suelo sódico. La Palmita, 1995.

Tratamiento	Costos \$ x 000.ha ⁻¹	
	Ejecución	Recomendación
Trazo y elaboración canal		
Principal	300	300
Mano de obra y gravilla	400	150
Muestras de suelo y agua	170	170
Tubería	320	---
Estudio	500	500
Correctivos	1600	720
Total	3290	1840

La apariencia de recuperación se ilustra en la Figura 4, en donde se aprecian dos tomas fotográficas correspondientes al primer y segundo semestre de siembra; la ilustración habla por sí misma.

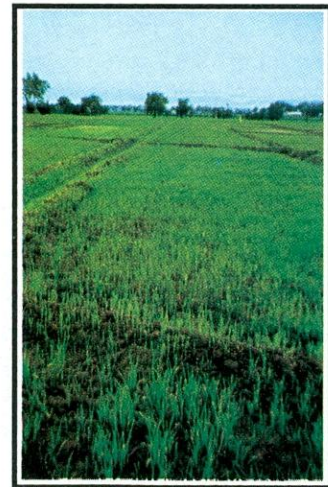
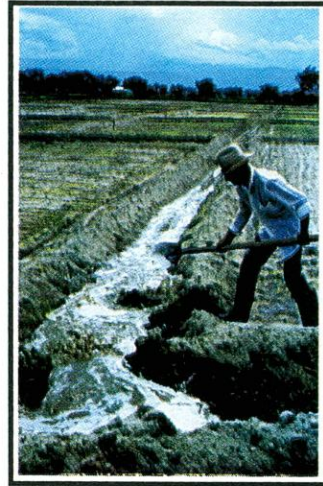


FIGURA 4. Apariencia del cultivo de arroz: en la parte superior, 1994 B y en la parte inferior, 1995 A.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- λ El proceso utilizado recuperó la capa arable (20 cm) de un suelo sódico a normal.
- λ La velocidad de reacción de la enmienda se ve afectada por el espaciamiento entre drenes, explicable debido a fenómenos de flujo de masa principalmente y difusión.
- λ Considerando el fenómeno de sortividad, fines prácticos y económicos se recomienda usar el espaciamiento a 100 m.
- λ La recuperación total de suelo se logrará al restablecer propiedades hidrodinámicas adecuadas en el horizonte B, tales como densidad aparente y tasa básica de infiltración.
- λ Es necesario usar labranza profunda, mantener el suelo en condiciones alternas de saturación y humedecimiento; en el intersemestre no permitir la concentración de carbonatos y bicarbonatos. Se debe establecer arroz y una leguminosa para incorporar en el intersemestre.
- λ El manejo de la fertilidad deberá orientarse hacia el restablecimiento de relaciones adecuadas de bases, incremento paulatino de la materia orgánica y disminución del pH.
- λ La selección de fertilizantes, deberá hacerse considerando el pH de la solución saturada, acidez/basicidad residual e índice de salinidad; buscando pH's ácidos, acidez residual y los menores índices de salinidad, respectivamente.
- λ Se recomienda evaluar otros tipos de enmiendas, tales como las constituídas por ácido maleico y las obtenidas como subproductos de la síntesis de alcohol (vinazas).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Bingham, F.** Arid Zone Soils. 1990. Department of soil and Environmental Sciences. University of California. Riverside 238p.
2. **Cains, R.** Solonchalc soils and their management. 1977. Agriculture Canada. Canadá 37p.
3. **Chhabra, R.** 1985. Crop response to phosphorus and potassium fertilization of a sodic soil. *Agronomy journal*. 11:699-702
4. **Cruz, R.** 1974. Reactions among calcium carbonate, carbon dioxide and sodium adsorbents. *Soil science society Amer. journal*. 38:738-742
5. **García, A.** 1994. Enmiendas para el manejo de suelos sódicos. Sulco. Palmira 10p.
6. **Gómez, J.** 1990. El drenaje y la salinidad en relación con los suelos y cultivos en drenaje agrícola y recuperación de los suelos salinos. Printex impresores. Cali 277p.
7. **Gupta, R.** 1990. Salt affected Soils: Their reclamation and management for crop production. *Advances in Soil Science*. New York, 286p.
8. **Henry, L; Harron, B; Flaten, D.** 1987 The nature and management of salt-affected land in saskatchewan. *Saskatchewan agriculture*. Canadá. 24p.
9. **Rao, D; Ghai, S.** 1986 a. Urease inhibitors: Effect on wheat growth in an alkali soil. *Soil Biology Biochemistry*. 18:255-258
10. **Singh, M; Abrol, P.** 1985 b. Solubility and adsorption of zinc in a sodic soil. *Soil Science*. 140:406-414.