EL USO DE ENMIENDAS EN SUELOS SALINOS ALCALINOS DEL MALLIN EL ZORRO (CDÓN. SECO, SANTA CRUZ)

NAKAMATSU, V. [(1)], J. LUQUE[(1)], M. OWEN [(1)], N. CIANO [(1)] Y C. LISONI [(2)]

[(1)] EEA Chubut, INTA, [(2)] Repsol – YPF Unidad Económica Cañadón Seco

RESUMEN

El uso de enmiendas disminuye los niveles de salinidad y sodicidad y aumenta la estabilidad estructural del suelo mejorando el establecimiento vegetal. Hasta 1993 era habitual descargar los excesos de agua de producción petrolera en cañadones, degradando dicho ambiente. Para mitigar el deterioro se realizaron ensayos de laboratorio utilizando suelo salino-sódico del mallin El Zorro aplicando yeso, ácido sulfúrico, ácido polimaleico, agua destilada o agua, con o sin estiércol. Se sembraron o plantaron 3 especies con o sin enmienda en vivero y a campo. Los resultados muestran que: 1) Todos los tratamientos disminuyeron la salinidad y sodicidad del suelo en permeámetros de carga constante dependiendo principalmente del número de lavados; 2) En vivero, la *Spartina densiflora* tuvo mejor supervivencia (23 vs. 0%) en suelo con una aplicación de ácido polimaleico, mientras que *Thinopyrum ponticum* fue insensible a los tratamientos; 3) En el mallín, la germinación de ambas especies fue nula mientras que la supervivencia a plantación de *Atriplex sagittifolia* y *Spartina densiflora* fue similar con o sin enmienda. Se concluye que la aplicación de enmienda no modifica el establecimiento vegetal en mallines deteriorados debido a la cercanía de la napa freática subsuperficial.

Palabras claves: agua de producción petrolera, mallín salino-sódico, enmiendas, revegetación

1. INTRODUCCIÓN

La actividad que genera importantes recursos económicos en la región Patagónica es la extracción hidrocarburífera. En el desarrollo de la misma era habitual descargar los excesos de agua de producción petrolera en cañadones y mallines, generando un impacto negativo sobre el ambiente.

Si bien la difusión de sistemas de gestión ambiental y la nueva tecnología utilizada en la explotación han minimizado el impacto sobre los recursos naturales, esta actividad se realizó en forma continua hasta fines de 1993, alterando profundamente el funcionamiento de estos ambientes, presentando 4 problemas sintomáticos:

1. Suelos altamente salino sódicos alcalinos.
2. Erosión hídrica severa
3. Aguas superficiales y freáticas fuertemente alcalinas.
4. Vegetación escasa a rala y con predominancia de especies adultas halófitas.

Un ejemplo de estos procesos se encontró en el mallín El Zorro, al SE de Cañadón Seco (Santa Cruz) que estuvo expuesto por muchas décadas a absorber en su lecho agua de producción que escurrieron hacia la laguna Las Rosas. En el sector comprendido desde el camino de ingreso a Cañadón Seco hasta la laguna Las Rosas los niveles actuales de deterioro del suelo y vegetación son típicamente característicos a los detallados anteriormente.

Tras la elaboración del ¨Diagnóstico de situación del sector salinizado en el extremo norte del mallín el Zorro, Cdón. Seco, provincia de Santa. Cruz¨ realizado por Luque y otros (1998) en el que se caracterizó el sector, se determinó que para lograr **la finalidad de aumentar el establecimiento de especies vegetales se requiere técnicas de tratamiento del suelo que modifiquen los parámetros químicos, principalmente salinidad y sodicidad**. Por ello en 2000 se inició un plan de trabajo dentro del marco del convenio entre INTA e YPF con los siguientes objetivos específicos:

a) Evaluar la respuesta del suelo a la aplicación de diferentes enmiendas (inorgánicas y orgánicas) con la técnica de lavado de muestras de la capa arable en permeámetros.
b) Establecer la supervivencia en vivero de especies halófitas sembradas y plantadas en suelo tratado con la incorporación de la enmienda más promisoria.
c) Determinar la respuesta a campo.

2. DESARROLLO

2.1. Propuesta de trabajo en laboratorio

La propuesta de trabajo contempló la selección de suelos de 4 sitios; el análisis de las propiedades físico químicas y la aplicación de enmiendas en dichos suelos en permeámetros de carga constante y columnas de lavado. Los tratamientos con enmiendas son:

- T1: Agua con 0,4 mmhos/cm de conductividad eléctrica que es similar al agua de riego. Al aplicar agua con conductividad eléctrica (respecto al uso de agua sin conductividad como es el agua destilada) hay una mayor conductividad en la solución del suelo y por lo tanto también en el percolado con lo que las partículas permanecen floculadas, permitiendo un mejor lavado.

- T2: Yeso (SO4Ca), en dosis equivalente a 30 Ton/ha, mezclado con el suelo previamente al lavado. Es la típica enmienda que aporta iones Calcio.

- T3: Ácido sulfúrico (SO4H2) en dosis equivalente a las 30 Ton./ha de yeso (5 ml/l de agua). El ácido reacciona con el posible Carbonato de calcio precipitado presente en el suelo formando Sulfato de calcio (yeso).

- T4: Corrector de salinidad a base de ácido polimaleico, en dosis equivalente 1 ml/l de agua. Según los fabricantes es un producto que mezclado con agua permite la corrección de la salinidad tanto de suelos como de aguas de riego. Actuaría aportando calcio a la solución del suelo a través de los ácidos orgánicos facilitando el lavado de los iones tóxicos.

- T5: Lavado con agua destilada que es equivalente al efecto del agua de lluvia.

En este ensayo se mide el efecto de enmiendas sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, y la dispersión de los agregados (estabilidad estructural).

Una cierta cantidad de suelo de los horizontes superficiales (Ap) se mezcló con 4 % de estiércol de oveja seco y se incubó por 3 meses a elevado contenido de humedad y temperatura. Luego se efectuaron los mismos 5 tratamientos que sobre los suelos sin estiércol .

Se efectuó el análisis de las características químicas los suelos previo al inicio de los ensayos, del percolado resultante de los lavados en los permeámetros y de las muestras de suelo a la finalización de los ensayos en permeámetros y en columnas de lavado, mediante:

a) acondicionamiento de las muestras por secado en estufa, molido y tamizado;

b) análisis de pH, sales solubles totales, Sodio soluble, Calcio + Magnesio solubles, permeabilidad al agua en muestra disturbada y textura.

Las muestras de suelo colocadas en los permeámetros fueron lavadas con una lámina de 80 mm (1 lavado), 160 mm (2 lavados) y 240 mm (3 lavados).

Una vez iniciados los lavados, se midió la velocidad de infiltración de cada lámina aplicada, se recoge la solución efluente de cada permeámetro y se analiza el suelo a la finalización de los lavados.

2.2. Propuesta de trabajo en vivero

Se realizó la selección de uno de los suelos analizados anteriormente y se ensayó la aplicación de ácido polimaleico en cajones de siembra con dicho suelo con 3 repeticiones para los siguientes tratamientos:

a. Testigo, sin aplicación
b. 1 aplicación por cajón: se agregó 81 cc de ácido polimaleico y agua hasta completar 4,5 l
c. 3 aplicaciones por cajón: en cada riego se agregó 27 cc de ácido polimaleico y agua hasta completar 1,5 l y se regó 3 veces cada 3 días.

Posteriormente a la aplicación de la enmienda se sembró el equivalente de 100 semillas viables de *Thinopyrum ponticum* (Agropiro alargado) en una línea, 100 semillas viables de *Spartina densiflora* en otra línea y se plantó 10 plantines de *Spartina densiflora* en otra línea.

La *Spartina spp*. es una especie que se comenzó a estudiar al observarle una característica adecuada para el crecimiento y desarrollo en estas áreas degradadas ya que vive en la marisma de la zona costera del Chubut, lo que le permite adaptarse a alta salinidad y sodicidad y a frecuentes inundaciones o napa freática alcalina cercana a la superficie.

2.3. Propuesta de trabajo a campo

En el sitio 4 se realizó el ensayo a campo en 6 bloques completamente aleatorizados, en 3 de ellos se aplicó ácido polimaleico. Cada bloque tuvo 4 parcelas, en cada uno de ellas se sembró *Thinopyrum ponticum* o *Spartina densiflora*, o se plantó *Atriplex sagittifolia* o *Spartina densiflora*.

En todas las propuestas, se realizaron ANOVA y Test de Tuckey de los datos obtenidos utilizando el programa INFOSTAT.

3. RESULTADOS

En los 4 sitios los suelos presentaron originalmente un pH alcalino mayor de 8 con muy fuertes problemas de salinidad y sodicidad (Tabla 1), y alta permeabilidad. A posteriori de los tratamientos, dichos suelos tuvieron un pH menor de 8 con fuertes a muy fuertes problemas de salinidad y sodicidad (Tabla 2), mostrando una importante disminución en el sitio 1, siguiéndole el sitio 2 y diferenciándose netamente de los restantes.

En la tabla 3 se presenta una sinopsis donde se observa que el agregado de estiércol de oveja disminuyó el pH. El tenor final de sales solubles totales es sensiblemente superior que en los mismos suelos sin el agregado de estiércol. Ello se debe al aporte de sales por parte del abono y que la cantidad de lavados no ha sido suficiente para lavar las sales incorporadas a través del estiércol. También el PSI final es mayor que en los suelos sin estiércol por el aporte de Sodio por parte del abono.

Evaluados en forma conjunta no se evidencia un efecto aditivo (enmienda + estiércol) en relación a los suelos sin abono. La causa de este resultado estaría dada por la baja capacidad de intercambio catiónica (adición de coloides arcilla-materia orgánica) dada la naturaleza textural que presentan los suelos (areno-franco a franco limoso). En consecuencia dicho agregado produce efectos contrarios a los buscados, por lo tanto los posteriores análisis se realizaron sin el agregado de estiércol.

La simulación de riegos mediante lavados indujo a una disminución de pH inferior a 8. Contrariamente, en la primera lavada aumentaron los niveles de salinidad y sodicidad provocando muy fuertes problemas, mientras que en la segunda disminuyeron drásticamente a límites más aceptables para sembrar o plantar especies vegetales (Tabla 4). Similar comportamiento continuó con 3 lavados con tasas menores de reducción.

Los suelos salino sódicos fueron algo saneadas con agua destilada, pero hubo mejor respuesta y muy similares entre sí en los restantes tratamientos, en especial con agua y ácido polimaleico que son más efectivos para reducir el sodio intercambiable y las sales solubles totales (Tabla 5).

Como se encontró que hay una influencia recíproca entre los tratamientos y número de lavados por sitios ($p <= 0.05$) se analizó dicha respuesta y se presentan en la Tabla 6.

En todos los suelos con la realización de un solo lavado se observan mejor las diferencias entre tratamientos que con 3 lavados. La disminución en los valores de Conductividad Eléctrica y de Sodio intercambiable ha sido importante en todos los casos recién a partir del segundo lavado.

En general todos los tratamientos han sido efectivos desde el segundo lavado, por lo cual es recomendable regar 2 veces con agua sin enmienda alguna si hubiese una fuente de agua de aceptable calidad para el riego o esperar que se produzcan abundantes lluvias que permita el lavado del perfil, por lo cual es condición primordial que la napa freática esté profunda cuando cualquiera de estos hechos ocurra.

Como el sitio 4 es el más representativo del sector del mallín el Zorro por su extensión, las características físico - químicas y la escasez de cobertura vegetal se lo seleccionó para los ensayos en vivero y a campo. De la evaluación en laboratorio se puede inferir que el agua, yeso y el ácido polimaleico han sido los tratamientos más efectivos para reducir la salinidad y sodicidad de dicho suelo. También se consideró que el yeso es más difícil de manejar en las condiciones de campo, en

consecuencia se realizaron los ensayos con ácido polimaleico y el agua de lluvia que se produjeron espontáneamente durante los ensayos.

En la siembra realizada en vivero el agropiro alargado germinó rápidamente en todos los tratamientos pero a medida que transcurrió el tiempo se fueron muriendo las plántulas en forma muy irregular dentro de cada tratamiento por lo cual no se encontraron diferencias entre los mismos (Tabla 7). No ocurrió lo mismo con *Spartina spp*. que tuvo una lenta germinación y la supervivencia fue superior en la aplicación de ácido polimaleico en una sola vez.

Los plantines de *Spartina spp.* plantadas en las parcelas testigos sucumbieron rápidamente, y fue más paulatino e irregular en las parcelas con aplicación tripartita del ácido polimaleico. Con una sola aplicación del ácido los resultados fueron más uniformes y alentadores para la supervivencia de esta especie.

En la siembra realizada a campo la germinación fue completamente desalentadora para las 2 especies ensayadas (Tabla 8), a pesar de la abundante precipitación recibida. Lo inverso ocurrió con la plantación de *Atriplex sagittifolia* y *Spartina spp* que tuvieron establecimientos superiores al 60% y escasas pérdidas a fines del verano, que es la estación restrictiva para la supervivencia de los plantines (Tabla 8).

4. CONCLUSIONES

Los ensayos de laboratorio presentaron resultados alentadores para el saneamiento de estos sitios pues con sólo 2 lavados los suelos salino sódicos reducen considerablemente las sales solubles totales y el sodio intercambiable proporcionando un nicho más adecuado para el restablecimiento vegetal. Esto sucederá si se cumplen estos tres supuestos: a) los suelos tienen de buena a alta permeabilidad; b) el agua a utilizar es apta para riego; c) la napa freática permanezca lejos de la superficie del suelo (> 100 cm de profundidad).

En el vivero la aplicación de ácido polimaleico estimuló la germinación y supervivencia de *Spartina densiflora* y *Thinopyrum ponticum.*

En el sector del mallín el Zorro se obtuvieron resultados promisorios en la plantación de *Atriplex sagittifolia* y *Spartina densiflora* para la recomposición de la cobertura vegetal. Sin embargo el deterioro de los suelos es difícil de mitigar por la ubicación superficial de la napa freática que limitó el lavado de las sales y el sodio intercambiable de la capa superficial del suelo e impidió que las simientes tuvieran mejores condiciones para los procesos de germinación y revegetación inducida. Para profundizar el nivel de la napa freática se recomienda construir un sistema de drenaje de ese sector del mallín.

La *Spartina densiflora* resultó promisoria para la revegetación por su adaptación a estas condiciones limitantes en salinidad y sodicidad y a la napa freática cercana a la superficie. Es necesario ampliar los estudios sobre esta especie nativa e introducirla en los jardines de introducción para su manejo y mejoramiento en la incorporación a plantaciones en gran escala. La *Spartina spp*. alienta los estudios de aumentar el establecimiento de la vegetación sin requerir técnicas de tratamiento del suelo que modifiquen los parámetros químicos.

5. BIBLIOGRAFIA

- Ciano, N; V. Nakamatsu; J. Luque; M. Amari y C. Lisoni. 2000. **Recomposición de la cobertura vegetal en un área disturbada por la realización de una locación en Comodoro Rivadavia, provincia de Chubut.** Cuartas Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas. Salta

- Ciano, N; Salomone, J.; Nakamatsu, V.; Luque, J. 2001**. Nuevos escenarios para la remediación de áreas degradadas en la Patagonia**. Taller de actualización sobre métodos de evaluación, monitoreo y recuperación de pastizales naturales patagónicos. V Reunión del Grupo Regional Patagónico de Ecosistemas de Pastoreo INTA FAO. Esquel, 2001.

- Luque, J; V. Nakamatsu; N. Ciano y M. Amari. 1999. **Diagnóstico de situación del sector salinizado en el extremo norte del mallín el Zorro, Cdón. Seco, provincia de Santa. Cruz.** Informe a Repsol – YPF.

- Nakamatsu, V; N. Ciano; J. Luque; C. Lisoni; J.M. Quinteros; O. Mackeprang. 1996. **Adaptación de especies vegetales nativas a suelos contaminados con hidrocarburos**. Segundas Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria Petrolera. p. 613 – 619

- Soriano, A. 1983. **Deserts and Semideserts of Patagonia**. In: West N.E. Temperate Deserts and Semideserts. Elsevier Scientific, Amsterdam.

6. TABLAS

Tabla 1: Propiedades físico químicas iniciales de los suelos de los diferentes sitios.

Capítulo 2 SITIOS	pH	Salinidad (mmhos/cm)	PSI
1	8,5	76,0	68,0
2	8,2	69,0	50,0
3	8,4	72,0	65,0
4	8,5	81,0	70,0

Tabla 2: Propiedades físico químicas de los suelos posteriormente de los tratamientos de aplicación de enmiendas, estiércol y número de lavados.

Capítulo 3 SITIOS	PH	Salinidad (mmhos/cm)	PSI
1	7,5 AB	27,7 A	28,0 A
2	7,6 B	46,1 B	38,0 B
3	7,6 B	69,1 C	47,6 D
4	7,4 A	64,6 C	42,5 C

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Tabla 3: Propiedades físico químicas por la aplicación de estiércol.

ESTIÉRCOL	PH	Salinidad (mmhos/cm)	PSI
Capítulo 4 Sin	7,7 B	41,3 A	30,1 A
Con	7,2 A	74,1 B	57,4 B

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Tabla 4: Propiedades físico químicas por número de lavados.

No LAVADOS	PH	Salinidad (mmhos/cm)	PSI
1	7,3 A	108,6 C	71,1 C
2	7,6 B	9,3 B	20,2 B
3	7,9 C	3,9 A	3,8 A

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Tabla 5: Propiedades físico químicas por tratamiento de enmienda.

TRATAMIENTOS	pH	Salinidad (mmhos/cm)	PSI
1. AGUA	7,4 A	44,0 A	39,5 A
2. YESO	7,5 A	52,9 BC	37,4 A
3. Ác. SULFÚRICO	7,8 B	56,1 BC	38,3 AB
4. Ác. POLIMALEICO	7,5 A	50,1 AB	39,4 AB
5. AGUA DESTILADA	7,4 A	58,1 C	41,2 B

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Tabla 6: Propiedades físico químico de los suelos en diferentes sitios bajo diferentes tratamientos de aplicación de enmiendas y número de lavados.

Trata-miento	N° Lav.	Capítulo 5 SITIOS											
		1			2			3			4		
		pH	CE	PSI	pH	CE	PSI	pH	CE	PSI	pH	CE	PSI
Capítulo 6 Sin	0	8,5	76,0	68,0	8,2	69,0	50,0	8,4	72,0	65,0	8,5	81,0	70,0
Agua	1	7,1 a	14,6 bc	33,3 f	7,5 a	77,1 c	63,1 d	7,1 ab	104,5 b	74,3 e	6,8 a	156,8 b	82,5 c
	2	8,0 cd	4,4 bc	7,8 cde	7,6 a	6,8 a	12,4 ab	7,4 abcd	9,2 a	24,1 d	7,9 a	10,6 a	29,2 b
	3	8,3 de	2,4 a	1,3 a	7,7 a	3,2 a	3,1 a	7,7 abcde	3,5 a	11,0 abcd	8,0 a	3,3 a	4,4 a
Yeso	1	7,1 ab	22,7 c	31,7 f	7,8 a	126,0 d	72,9 d	7,5 abcde	152,0 d	81,1 e	7,5 a	169,3 b	84,3 c
	2	8,0 cd	4,1 ab	6,6 bcd	7,7 a	6,5 a	12,1 ab	8,0 cde	11,6 a	24,8 d	7,3 a	8,7 a	23,7 b
	3	8,3 de	2,4 a	1,2 a	7,8 ab	3,5 a	3,0 a	8,2 e	5,1 a	8,3 abc	8,1 a	3,3 a	3,5 a
SO_4H_2	1	7,8 cd	150,4 f	68,8 i	8,1 ab	34,3 b	42,2 c	7,9 cde	135,0 cd	78,1 e	7,9 a	175,9 b	84,8 c
	2	8,7 e	7,4 ab	3,7 abc	7,8 ab	8,5 a	11,7 ab	8,1 e	10,9 a	18,5 bcd	7,8 a	19,1 a	36,3 b
	3	7,1 ab	6,8 ab	1,7 ab	8,4 b	7,2 a	4,5 ab	7,7 abcde	6,2 a	2,7 a	7,9 a	6,0 a	2,4 a
Ác. Poli-maleico	1	6,9 a	35,2 d	42,1 g	7,5 a	87,1 c	64,3 d	7,6 abcde	125,1 bcd	80,2 c	7,0 a	155,1 b	80,8 c
	2	8,2 de	5,6 ab	12,0 e	8,0 ab	6,3 a	16,1 ab	7,3 abc	11,4 a	24,9 d	7,6 a	11,1 a	25,4 b
	3	7,8 cd	2,8 ab	2,0 ab	7,9 ab	3,2 a	2,6 a	7,8 bcde	4,0 a	5,0 ab	7,6 a	3,4 a	4,6 a
Agua destilada	1	7,4 abc	70,7 e	63,6 h	7,5 a	153,0 e	73,4 d	7,1 a	108,5 bc	73,0 e	7,4 a	170,1 b	84,1 c
	2	7,9 cd	4,7 ab	9,7 de	7,7 a	6,5 a	12,8 ab	7,6 abcde	8,4 a	21,0 cd	7,5 a	16,4 a	37,0 b
	3	7,8 bcd	2,4 a	1,4 a	8,0 ab	2,9 a	3,4 a	8,1 de	3,4 a	4,1 ab	7,8 a	3,8 a	6,1 a

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Tabla 7: Porcentaje de supervivencia de las especies según la frecuencia de aplicación del ácido polimaleico

Distribución de ácido polimaleico	Porcentaje de supervivencia		
	Siembra		Plantación
	Thinopyrum ponticum	***Spartina spp.***	***Spartina spp.***
0	26.0 a	0.0 a	0.0 a
1	55.7 a	23.0 b	43.3 b
3	30.0 a	0.7 a	36.7 a

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas (p<=0.05)

Tabla 8: Porcentaje de supervivencia de las especies bajo la aplicación de ácido polimaleico

TRATAMIENTO		Ácido Polimaleico	
ESPECIES		**Con**	**Sin**
Siembra	***Thinopyrum ponticum***	0 a	0 a
	Spartina densiflora	0 a	0 a
Plantación	*Atriplex sagittifolia*	61.6 a	63.9 a
	Spartina densiflora	100.0 a	100.0 a

Letras distintas por filas indican diferencias significativas (p<=0.05)