



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Agronomía y Veterinaria

*“PROYECTO DE TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR AL
GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO”*

**“ADICION DE YESO Y DINAMICA DE CALCIO Y SODIO
INTERCAMBIABLES EN SUELOS CON HORIZONTES
SALINOS SODICOS SUBSUPERFICIALES.”**

Silvana Soledad Horodesky
DNI: 29.977.203

Directora
Inés Moreno

Co-Directora
Elena Bonadeo

Río Cuarto – Córdoba
Marzo de 2010

Universidad Nacional De Río Cuarto
Facultad De Agronomía y Veterinaria

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

“Adición de yeso y dinámica de calcio y sodio
intercambiables en suelos con horizontes salinos sódicos
subsuperficiales.”

Autor Silvana S. Horodesky
DNI: 29977203

Director: Inés S. Moreno
Co-Director: Elena Bonadeo

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la
Comisión Evaluadora:

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

- 1.1 Presentación, planteo del problema y antecedentes.
- 1.2 Hipótesis.
- 1.3 Objetivos.
 - 1.3.1. Objetivos Generales
 - 1.3.2. Objetivos Específicos

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y METODOS

- 2.1. Caracterización del área de estudio.
 - 2.1.1 Caracterización ambiental
- 2.2. Características de la experiencia.
 - 2.2.1. Caracterización del ensayo.
 - 2.2.2. Enmienda
 - 2.2.2.1. Aplicación y tratamientos
- 2.3. Diseño experimental
- 2.4. Muestras de suelo
- 2.5. Parámetros evaluados y determinaciones
 - 2.5.1 Análisis estadístico.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSION

- 3.1. Consideraciones.
- 3.2. Cambios en el contenido de calcio y sodio de la solución del suelo.
 - 3.2.1 Calcio soluble
 - 3.2.2 Sodio soluble
- 3.3. Cambios en el contenido de calcio y sodio intercambiable
 - 3.3.1. Calcio intercambiable
 - 3.3.2 Sodio intercambiable
- 3.4. Cambios de pH en la solución del suelo.

CAPÍTULO 4
CONCLUSIONES

CAPÍTULO 5
BIBLIOGRAFIA

CAPÍTULO 6
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del suelo sin manchoneo (N)

Tabla 2. Características del suelo con manchoneo (M)

Tabla 3. Concentración de Ca^{++} y Na^+ soluble en los tres bloques y para los tres momentos de muestreo.

Tabla 4. Concentración de Ca^{++} y Na^+ Intercambiable en los tres bloques y para los tres momentos de muestreo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de precipitaciones, entre enero 2005 y mayo de 2007 para la zona de Villa María

Figura 2. Situación manchón en primavera de la zona de estudio

Figura 3. Situación manchón en Otoño de la zona de estudio

Figura 4. Barrenos utilizados para la extracción de muestras

Figura 5. Representación del Calcio soluble en la profundidad de 15-30 cm del bloque N° 3

Figura 6. Representación del Calcio soluble en la profundidad de 40-47 cm del bloque N° 1

Figura 7. Representación del Sodio soluble en la profundidad de 15-30 cm del bloque N° 1.

Figura 8. Representación del Calcio Intercambiable en la profundidad de 15-30 cm del bloque N° 2

Figura 9. pH promedio de los tres bloques en la profundidad de 15-30 cm.

Figura 10. pH promedio para la profundidad 40-47 cm.

RESUMEN

En Haplustoles típicos de la cuenca lechera de Villa María (Córdoba) es común observar un crecimiento desparejo de los cultivos y pasturas, (manchones), visualizados por menor cantidad y altura de plantas y menor producción de materia seca. Este fenómeno es producido por elevados contenidos de sales y/o sodio (Na^+) a diferentes profundidades, siendo en éstos sectores donde se manifiesta el “manchoneo” típico del área, Para remediar dicho fenómeno se planteó aplicar distintas dosis de yeso agrícola en las áreas afectadas, se seleccionaron 3 bloques al azar y se realizaron 4 tratamientos: T (sin aplicación), DA (2000 kg ha^{-1}) de yeso en polvo, DM (4000 kg ha^{-1}) de yeso en polvo, y perlado, P (2000 kg ha^{-1} de yeso perlado). En los mismos se evaluó el Ca^{++} y Na^+ soluble, Ca^{++} y Na^+ intercambiable y pH, en tres oportunidades a lo largo de 16 meses. Los resultados de la determinación de Ca^{++} y Na^+ soluble dan cuenta que la enmienda se ha solubilizado hasta los 30 cm, notándose diferencias para Ca^{++} soluble entre tratamientos, siendo el más favorable DM donde se dan las mayores diferencias con respecto a T, principalmente en los primeros muestreos, siguiendo la secuencia $T < DA < P < DM$. Con Na^+ ocurre algo similar, debido a la salida del mismo del complejo de intercambio y por sustitución con Ca^{++} proveniente de la enmienda, siguiendo la misma tendencia que el Ca^{++} soluble. Los valores de pH obtenidos siguen la secuencia $DM > P > DA > T$ manteniéndose esta relación a lo largo de toda la experiencia. Estas tendencias no se observan en la misma magnitud en Ca^{++} y Na^+ intercambiable, donde el Ca^{++} aumenta en un 20-30 % en DM y P luego de 13 y 16 meses de aplicada la enmienda, como consecuencia de la disolución del yeso y el posterior intercambio de Na^+ por Ca. En las profundidades subyacentes no se ven claramente las mejoras esperables por el agregado de la enmienda. Esto se debe a que el PSI aumenta en forma abrupta y la cantidad de yeso aplicado no es suficiente para mejorar esta condición, a ello se suma la presencia de carbonatos de calcio, desde los 40 cm de profundidad. Con base en estos resultados se concluye que lo más conveniente, en estos casos, es hacer nuevas aplicaciones, con dosis más altas y perpetuar las mediciones a lo largo de un tiempo mayor.

Palabras claves: suelo sódico, manchoneo, yeso, cambios químicos

SUMMARY

“Addition of gypsum and calcium and sodium exchangeable dynamics in soils with saline sodic subsurface horizons”

In Typic Haplustol in the dairy basin in Villa María (Córdoba), it is common to see uneven growth of crops and pastures, (stains), displayed by less quantity and less plant height and dry matter production. This phenomenon is caused by high content of salts and / or sodium (Na^+) at different depths, being in these sectors that the "patchiness" typical of the area manifests. To remedy this phenomenon, different rates of agricultural gypsum in the affected area were made to apply. 3 blocks were selected at random and 4 treatments underwent: T (no application), DA (2000 kg ha⁻¹) of gypsum powder, DM (4000 kg ha⁻¹) of gypsum powder and pearl shaped, P (2000 kg ha⁻¹ of pearl shaped gypsum). In these, Ca^{++} and soluble Na^+ , Ca^{++} and exchangeable Na^+ and pH, were evaluated on three occasions over 16 months. The results of the determination of Ca^{++} and Na^+ soluble show that the amendment has been solubilized to 30 cm, differences being noted for soluble Ca^{++} between treatments, being the most favorable DM where there are major differences with respect to T, especially in the first sampling following the sequence T < DA < P < DM. With Na^+ , something similar happens due to the exit of the exchange complex and substitution with Ca^{++} from the amendment, following the same trend as the soluble Ca^{++} . The pH values obtained follow the sequence DM > P > DA > T maintaining that relationship throughout the whole experience. These trends are not seen in the same magnitude in Ca^{++} and Na^+ interchangeable, where the Ca^{++} increased by 20-30% in DM and P after 13 and 16 months from the amendment application as a consequence of the gypsum dissolution and the subsequent exchange of Na^+ by Ca. In the depths underlying the improvements expected by the addition of the amendment are not clearly seen. This is because the PSI increases sharply and the amount of applied gypsum is not sufficient to improve this condition, which is compounded by the presence of calcium carbonate, from 40 cm depth. Based on these results, it is concluded that making new applications, with higher doses, and perpetuating the measurements over a longer time, is the most appropriate in these cases.

Keywords: Sodic soil, patchiness, gypsum, chemical changes.

AGRADECIMIENTOS

Mi mayor agradecimiento a Inés Moreno y Eugenio Hampp por su gran ayuda, paciencia, dedicación y comprensión no sólo con mi trabajo de tesis, sino en a lo largo de toda mi vida universitaria.

A Elena Bonadeo por su gran colaboración en éste trabajo, principalmente en lo que fue extracción de muestras y viajes a Villa María.

DEDICATORIAS

Éste trabajo se lo dedico a mis padres con quienes tengo una deuda eterna ya que con su inmenso amor y esfuerzo incansable me permitieron realizar ésta carrera y todos mis sueños.

A Álvaro mi amor, amigo y compañero quien fue mi sustento en todo momento.

A mis hermanas por su ternura y cariño.

A mi amiga del alma Ana.

Y a todos aquellos que estuvieron acompañándome de una u otra manera en esta hermosa etapa de mi vida.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 Presentación, planteo del problema y antecedentes.

Una importante superficie de suelos ubicados al sudoeste y al este de Villa María (Córdoba), área comprendida entre los 32° 20' -32° 40' de LS y 63° 30' -63° 00' de LO, que corresponde a la Hoja Villa María (INTA, 1987), presenta sectores que no permiten el desarrollo normal y homogéneo de la pastura de alfalfa, denotándose “manchones” con menor altura y número de plantas, lo que facilita el avance de malezas gramíneas y reduce la producción de la pastura. Los “manchones” de esta pastura se presentan en porciones definidas del terreno, de forma irregular, con límites abruptos y tamaño variable (Bonadeo et al., 2001). La intensidad de la manifestación está relacionada con la especie o cultivar, con la etapa ontogénica y con el déficit hídrico (Jarsun, 1996).

Regionalmente, los suelos de los relieves subnormales son similares a los de los sectores normales, pero con elevados contenidos de sales sódicas a diferentes profundidades siendo en éstos donde se manifiesta el “manchoneo” típico del área (Jarsun, 1996).

Los suelos con “manchoneo” se caracterizan, por la presencia en períodos relativamente secos, de manchas donde el cultivo crece en forma muy deficiente con respecto a la condición de “no manchoneo” o normal. Una de las características sobresalientes de este fenómeno es el abrupto cambio que presentan los límites entre la superficie afectada y la no afectada siendo la alternancia entre una y otra condición muy rápida y sus dimensiones del orden de metros. (Hampp et al., 2004).

Es especialmente en los alfalfares donde esta problemática se hace más notable, con el impacto, con la relevancia productiva y económica que produce, por ser el principal recurso forrajero de la cuenca lechera de Córdoba, segunda provincia productora de leche del país (Fernández, 2006)

El origen de esta problemática está relacionado a procesos halomórficos vinculados a una capa freática que oscila en los 2-3 m de profundidad, con una conductividad eléctrica (C.E.) de 2 dS m^{-1} y con predominancia de sulfato de sodio (Hampp et al., 2004). Los sectores donde la pastura no manifiesta afectación (N) y aquellos notoriamente manifiestos (M) han permitido establecer que, debido a los diferentes procesos de formación de suelos, se han producido lixiviados y ascensos capilares que elevaron y distribuyeron en forma diferencial el tenor salino del perfil de los suelos y del freático.

Cuando las sales se acumulan en el suelo, en la solución del mismo aumenta la presión osmótica. Cuando esto sucede, la cantidad de agua disponible para las plantas disminuye y éstas presentan un crecimiento pobre y marchitamiento a pesar de que el suelo no está seco. (Lamond et al., 1992).

Trabajos previos (Bonadeo et al., 2001, 2002) permiten establecer que la napa freática en ambos casos se halla por debajo del nivel crítico, sin embargo, su influencia en el perfil de M es muy notable.

Considerando que el agua de lluvia es una solución altamente diluida, su ingreso al perfil produciría una dilución y remoción de las sales en el frente de humedecimiento, lo que lleva inmediatamente a un estado disperso del complejo coloidal de alto porcentaje de saturación en sodio (PSI) (Varallyay, 1981).

Según Hampp *et al.* (2004) quien realizó un estudio en el área con esta problemática, opina que respecto a las aguas superficiales que penetran el suelo y transitan hacia la napa, tienen una alta concentración de Na casi totalmente ionizado y por ello con gran competitividad por las sedes de intercambio. Como esta agua tiene una importante carga de SO_4^- y CO_3H^- ionizados, su capacidad de extracción de Ca y Mg es muy elevada.

Como resultado de esta dinámica, en situaciones no manchoneadas es notablemente mayor la profundidad del suelo con mejores condiciones para el crecimiento de raíces (Bonadeo et al., 2002).

Investigaciones realizadas han permitido identificar que los principales factores responsables de este fenómeno es el elevado PSI en horizontes subsuperficiales (Bonadeo et al., 2001). En algunas situaciones el contenido de sales supera los límites tolerables por la alfalfa y, consecuentemente el comportamiento de raíces y parte aérea de la pastura (Bonadeo et al., 2002).

Según Quinteros *et al.* (2003) los suelos con elevado PSI, debido a su baja y poco estable macroporosidad, quedan muy húmedos y encharcados después de las lluvias, pero por otro lado, sufren más rápido la sequía..

Situaciones de napas freáticas fluctuantes cercanas a superficie que oscilan entre 1 y 1,5 m de profundidad y una salinidad que supere los 5 mS cm^{-1} de C.E., representan valores críticos que limitan la producción y la persistencia de los alfalfares (Ochoa, 1980), sin embargo, otros autores, tales como Mass y Hoffman consideran que el umbral es de 2 mS cm^{-1} (Maas *et al.*, 1977).

La degradación del suelo causada por salinización y sodificación es de gran importancia en el mundo ya que causa reducciones considerables en la producción agrícola (Tanji, 1990; Maas and Grattan, 1999; Sadiq *et al.*, 2007)

La salinidad se convierte en un problema cuando hay acumulación de sales en la zona radical afectando negativamente el crecimiento de las plantas ya que obstaculiza la absorción de agua por parte de las raíces, independientemente de la cantidad que exista, debido a que el exceso de sales en el agua del suelo puede disminuir el agua disponible para las plantas y causar estrés en las mismas. (Pearson y Bauder, 2003).

Porta Casanellas *et al.* (1994) hace referencia a dos efectos producidos por el exceso de sales; un efecto osmótico donde las mismas hacen disminuir el potencial osmótico del agua del suelo (en valor absoluto va siendo cada vez mayor) y además inhibe el crecimiento y puede haber paso de agua de la planta al suelo (plasmólisis), y un efecto ion-específico donde aumenta la concentración de algunos iones que afectan la fisiología de la planta, por resultar tóxicos o provocar desequilibrios en el metabolismo de nutrientes.

El efecto del elevado PSI sobre las propiedades físicas del suelo depende de varios factores, entre los cuales cabe mencionar: la presencia de sales en la solución del suelo, la textura, el tipo de arcilla y C.E. del agua de riego, o bien de la capa freática (Sumner, 1995). Según Porta Cassanellas *et al.* (1994), la sodicidad o alcalinización se desarrolla cuando en la solución del suelo existe una concentración elevada de sales sódicas, capaces de sufrir hidrólisis alcalina; son ejemplo de estas, las sales formadas a partir de una base fuerte y un ácido débil, como los carbonatos y bicarbonatos de sodio.

Los elevados contenidos de sodio generan un estado de dispersión coloidal que altera la dinámica hídrica del perfil, limitando el descenso del frente salino (Rengasamy, 1997), provocando una sensible disminución de la permeabilidad tanto al pasaje de aire como de agua. Es decir, hay una sensible disminución de la tasa de infiltración y de la conductividad hidráulica (Niborsky, 2000).

Como consecuencia de estos procesos se han producido cambios en el perfil de M que afectan la dinámica del agua (Moreno *et al.*, 2008)

Desde el punto de vista de la recuperación, siempre es mucho más sencillo mejorar los suelos salinos que aquellos con características sódicas. Mientras que los primeros pueden recuperarse con lavados, los sódicos precisan a su vez una enmienda que provea calcio (Ca^{2+}) (Sánchez y Curetti, 2003).

Según Lamond *et al.*, (1992) la recuperación de suelos sódicos es lenta porque la estructura del suelo, una vez destruida, es difícil de mejorar.

De lo arriba expuesto se desprende que la situación amerita realizar un estudio de la influencia de una enmienda con sales de calcio. Se entiende que la aplicación de esta enmienda implica mejorar las condiciones físicas del suelo a través de la floculación del coloide y las químicas por la modificación del pH del suelo y la eliminación del sodio.

Los correctivos químicos se aplican a los suelos con problemas de sodio con el fin de que la enmienda en si o los productos de su reacción en el suelo, desplacen el Na^+ intercambiable el cual debe pasar a la solución para ser eliminado cuando se aplique el agua de lavado. Además, los productos que se apliquen deben tener cierto carácter ácido con el fin de que contribuyan al descenso del pH. Las sustancias corrientemente empleadas son: azufre, ácido sulfúrico, sulfato de calcio, polisulfuro de calcio, sulfato de hierro, sulfato de aluminio y cloruro de calcio (Garavito Neira, 1970). Por su costo relativamente bajo, el yeso y el azufre son los mejoradores mas usados para rehabilitar suelos alcalinos (Colacelli, 2003).

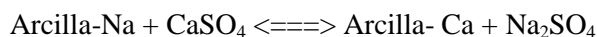
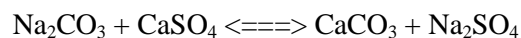
Moreno *et al.* (2006) dicen que la aplicación de yeso implica mejorar las condiciones físicas del suelo a través de la floculación del coloide y las químicas por la modificación del pH del suelo y la eliminación de Na^+ y de las sales por lavado.

La aplicación en superficie de yeso generalmente incrementa la tasa de infiltración y mejora los suelos sódicos. Dicho proceso ocurre con cierta lentitud debido a la baja solubilidad y movilidad de la enmienda, por tanto, la incorporación del yeso al suelo acorta el tiempo desde la aplicación a la aparición del efecto. El incremento de la infiltración por la enmienda se debe a un aumento de la concentración de electrolitos bivalentes (Ca^{++} y Mg^{++}) en la solución del suelo y que reemplazan al Na^+ intercambiable. (Bressler *et al.*, 1982).

Frenkel *et al.* (1989) encontraron que la mayor disolución efectiva del yeso, la menor cantidad de agua para el lavado y la mayor conductividad hidráulica se obtuvieron cuando el yeso fue mezclado con todo el espesor del suelo que se deseaba recuperar.

Según Dorronsoro (2005) el procedimiento usual es añadir yeso sobre la superficie, éste reacciona con el Na_2CO_3 , existente en el suelo y un intercambio iónico entre el Na^+

adsorbido a las arcillas y el Ca^{++} proveniente de la enmienda. Esto lleva a la formación de Na_2SO_4 que es una sal casi neutra y por tanto ya si lavable.



El mismo autor continúa diciendo que para un manejo adecuado de estos suelos, no sólo se ha de tener en cuenta las condiciones específicas que se encuentran, sino que es necesario hacer un seguimiento de los mismos, con el fin de controlar su evolución.

El yeso aumenta la concentración de electrolitos a un nivel que permite el floculado del suelo manteniendo una adecuada infiltración del agua. Cuando se aplica yeso a un suelo la reacción de dilución-intercambio toma calcio de la solución del suelo lo que produce una dilución adicional de yeso, esta disolución está en función lineal con el contenido de sodio en el suelo. (Oster 1982; Costa y Godz, 1998).

Según Quinteros *et al.* (2003) el yeso representa una alternativa adecuada para corregir problemas de suelos dispersivos, según resultados obtenidos al aplicar esta enmienda a un Argiudol vértico, disperso, afectado por sodio, con baja salinidad y pH neutro, en un establecimiento agropecuario del Departamento Tala, provincia de Entre Ríos, en el cual se ensayaron 4 dosis de yeso solo (0, 3, 6 y 9 tn ha^{-1}), combinadas con 6 tn ha^{-1} de enmienda orgánica (cama de pollo parrillero) y con 150 kg ha^{-1} de fertilizantes químicos. Los autores concluyeron que la enmienda disminuyó el Na intercambiable, produjo una recuperación en las condiciones físicas del suelo, repercutiendo en un incremento de la productividad de forraje y posibilitando una mejor utilización del fertilizante por parte del cultivo.

Esto coincide con lo que expresa Ilyas (1997) el cual cita que en general, para mejorar la superficie del suelo, una combinación de yeso añadido más rotación de cultivos es buena para la recuperación del perfil del suelo en profundidad, siendo el yeso más la alfalfa el más eficaz de los tratamientos utilizados en su experiencia.

1.2 HIPÓTESIS

La hipótesis de éste trabajo se basa en que el agregado de una enmienda cálcica, provocará un reemplazo del Na intercambiable por Ca, enriqueciéndose la solución del suelo de iones Na^+ y SO_4^{2-} , que posteriormente se lixiviarán dependiendo de las precipitaciones y del tiempo transcurrido desde la aplicación de la enmienda.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

El objetivo general de este trabajo es evaluar los cambios en la proporción calcio-sodio del complejo de intercambio y de la composición de la solución del suelo, en el tiempo, luego de la aplicación de una enmienda cálcica, a un Haplustol típico, con fases por alcalinidad y sodicidad.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la situación inicial del complejo de cambio y la composición de la solución del suelo.
- Cuantificar periódicamente los cambios en el contenido de Na^+ y Ca^{++} en el complejo de cambio.
- Evaluar, en el tiempo, los cambios en el contenido de calcio y sodio de la solución del suelo, como consecuencia del intercambio producido con el coloide debido a la disolución del yeso.
- Realizar un seguimiento de los cambios en el pH de la solución del suelo.

CAPITULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área de estudio

2.1.1 Caracterización ambiental

El área está ubicada 15 km al oeste de la ciudad de Villa María (Córdoba) en la fotocarta Arroyo Cabral, entre los 32° 27' LS y 63° 16' LO (INTA, 1987), con intensa manifestación de la problemática mencionada. La misma está comprendida dentro de la unidad geomorfológica denominada Pampa loessica plana, ubicada en el centro Este de la llanura Cordobesa.

El clima es templado subhúmedo, con un registro pluviométrico promedio de 799 mm, la distribución de las precipitaciones sigue un patrón de tipo monzónico. La temperatura media anual es de 16,05° C (INTA, 1987).

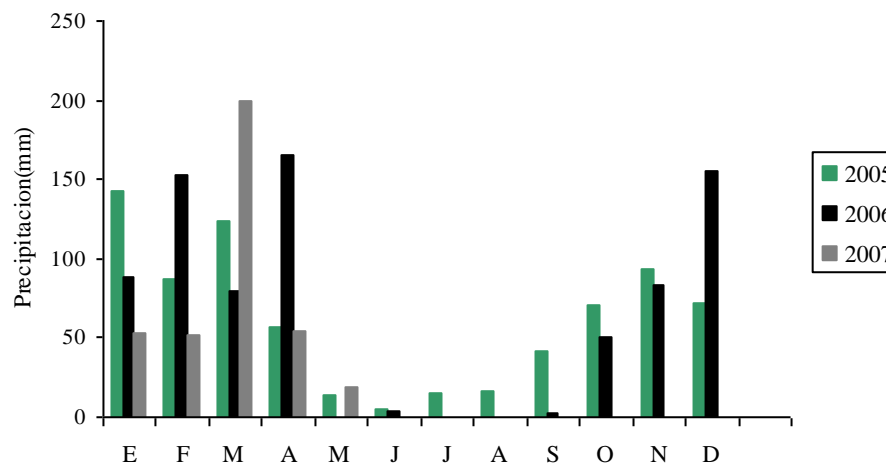


Figura 1. Distribución de precipitaciones en el periodo comprendido entre enero 2005 y mayo 2007 para la zona de Villa María. (Datos de precipitaciones aportados por INTA Villa María.)

El relieve es subnormal, en un paisaje muy plano. La pendiente regional tiene dirección oeste-este, y es menor al 0,5%. En la tabla 1 se informan los valores de precipitaciones mensuales registradas durante el período en que se realizó el trabajo.

El suelo es Haplustol típico, con fases por alcalinidad y salinidad a distintas profundidades (Moreno et. al., 2008). En el sector estudiado se encontraron las fases arriba mencionadas, a menor profundidad en la situación que se denominará M, y a mayor profundidad en la llamada N. La caracterización del suelo correspondiente a N y M se muestran en las tablas 1 y 2, respectivamente.

Tabla 1. Características del suelo sin manchoneo (N)

Hori	Prof. (cm.)	Estructura (Tipo)	Textura	MO (%)	CIC cmol/Kg	Na+ cmol/kg	PSI
A1	0 -17	Bloques subang.; medios; débiles	Franco-limoso	2.67	18.48	0.27	1.46
A2	17-32	Bloques subang.; medios; moderados	Franco-limoso	1.89	19.58	0.37	1.88
Bw1	32-51	Bloques subang.; medios; moderados	Franco-limoso	0.95	22.76	0.96	4.21
Bw2	51-67	Bloques subang.; finos; débiles	Franco-limoso	0.56	19.09	4.96	25.98
BCK	67-90	Masivo	Franco-limoso	-	20.50	6.43	31.36
Ck	+ 90	Masivo	Franco-limoso	-	18.36	9.60	52.28

Tabla 2. Características del suelo con manchoneo (M)

Horiz	Prof.(cm.)	Estructura (Tipo)	Textura	MO (%)	CIC cmol/Kg	Na+ cmol/kg	PSI
A1	0-14	Bloques subang;medios; moderados	Franco-limoso	2.96	14.61	0.29	1.98
A2	14-21	Bloques subang.; medios; moderados	Franco-limoso	2.03	15.25	0.41	2.69
Bw1	21-36	Bloques subang.; medios; moderados a débiles	Franco-limoso	1.26	19.03	1.15	5.96
Bw2	36-47	Bloques subang.; finos; débiles	Franco-limoso	0.63	17.91	11.05	61.70
BCK	47- 60	Bloques subang.; finos; débiles	Franco-limoso		16.26	11.27	69.31
Ck	+ de 60	Masivo	Franco-limoso		16.26	10.86	66.79

En las figuras 2 y 3 se aprecian los manchones en dos momentos distintos, primavera y otoño, la flecha amarilla indica la ubicación de los mismos y su forma, tal lo expuesto en párrafos anteriores.



Figura 2. Situación manchón de la zona de estudio en primavera.



Figura 3. Situación manchón de la zona de estudio en otoño.

2.2. Características de la experiencia

2.2.1 Caracterización del ensayo

En el lote seleccionado para realizar la experiencia se implantó en el año 2005, una pastura de alfalfa (*Medicago sativa L.*) cv. Araucana (grupo 8-9). El estado de la misma en los sectores normales es acorde a la edad, identificándose los manchones por el menor número y altura de plantas. Con base en estas características se seleccionaron visualmente

los manchones. A su vez, se extrajeron muestras de suelo a los fines de corroborar la selección anterior por medio de la conductividad eléctrica y pH.

2.2.2 Enmienda

2.2.2.1 Aplicación y tratamientos

Se utilizó como enmienda yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), en dos tipos: uno, molido con una pureza del 67 % y el otro pelletizado, con 95 % de pureza, definiendo cuatro tratamientos: 1) Testigo (T): 0 kg ha^{-1} de yeso, 2) Dosis Agronómica (DA): 2000 kg ha^{-1} de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de producto comercial, equivalente a 1340 kg de yeso puro, 3) Dosis Máxima (DM): 4000 kg ha^{-1} de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de producto comercial, equivalente a 2680 kg ha^{-1} de yeso puro y 4) Perlado (P): 2000 kg ha^{-1} de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ que equivale a 1900 kg de yeso puro.

La mayor dosis se aproximó utilizando el método propuesto por Yágodin *et al.* (1986), en tanto que para la segunda se tuvieron en cuenta aspectos prácticos, relativos a la facilidad de aplicación y aspectos económicos. La superficie de cada parcela fue de 100 m^2 (10×10), mientras que el área de muestreo de 25 m^2 , para evitar la influencia de los bordes. La aplicación del yeso fue realizada en superficie y al boleó, el 14 de noviembre de 2005.

La secuencia de muestreos que se realizaron, no tuvieron un patrón temporal fijo o predeterminado; se tuvo en cuenta el momento de ocurrencia de precipitaciones, para facilitar la extracción de muestras, debido a la extrema dureza de estos suelos cuando su contenido hídrico es bajo.

La cantidad de enmienda a aplicar está relacionada con la cantidad de sodio a ser removido del suelo y en forma teórica se puede calcular como:

En M, el PSI cambia abruptamente en el Bw2 a 61,7 (ver Tabla 2), la CIC del mencionado horizonte es de 17.91. Si se desea llevar el PSI a 15 ($\Delta \text{PSI}=46.7$). Se asume que el peso de la capa es de $2.000.000 \text{ kg}$.

$$\text{Na}^+ \text{ int}(\text{meq}/100\text{g}) = \frac{\Delta \text{PSI} * \text{CIC}}{100} =$$

$$\frac{46,7 * 17,91}{100} = 8,36 \text{ meq}/100 \text{ gr}$$

$$8,36 \text{ meq Na}^+ = 8,36 \text{ meq CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

$$1 \text{ meq de CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0,086 \text{ gr}$$

Por lo tanto, para sustituir 11,05 meq Na⁺ en 100 g de suelo se necesitará:

Yeso: $11,05 * 0,086 \text{ g/100g}$, y para una hectárea ($2 * 10^9 \text{ gr}$):

$$\frac{8,36 * 0,086 * 2 \cdot 10^9}{100} = 14,39 \text{ tn/ha}$$

Teniendo en cuenta que el cálculo se realiza en base a yeso con 100 % de pureza y que el utilizado presenta una pureza de 67 %, se necesitarán 19,14 tn para llevar el PSI a un valor de 15 % y para un yeso de 95% de pureza se necesitan 15,11 tn/ha.

Por los valores calculados es inviable poder aplicar dicha cantidad, por lo que se realizó una aplicación con respecto a lo requerido de un máximo de 4 tn., cantidad que representa aproximadamente el 21%, del total a agregar.

2.3 Diseño experimental

El diseño fue de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Cada bloque tenía una superficie de 400 m² (40 m x 10 m). Los mismos se ubicaron en sectores donde la pastura presentaba la afectación (manchones).

2.4 Muestras de suelo

Se tomaron muestras de suelo a las siguientes profundidades: 15-30 cm, 40-47 cm y 50-60cm, realizando el primer muestreo al finalizar el período de lluvias, a los cinco meses de aplicado el yeso el 20 de abril de 2006. Los posteriores muestreos se realizaron, el 18 de diciembre del mismo año y el 15 de marzo de 2007. Estas profundidades fueron seleccionadas de acuerdo a la profundidad de los diferentes horizontes y a la dinámica salina, según trabajos preliminares (Bonadeo *et al.*, 2002; Hampp *et al.*, 2004).



Figura 4. Barrenos utilizados para la extracción de muestras

2.5 Parámetros evaluados

En las fechas arriba consignadas se llevaron a cabo las siguientes determinaciones, con excepción de la CIC y bases intercambiables que se determinarán al inicio de la experiencia:

- **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC):** por saturación del complejo de intercambio con sodio y determinación de éste por Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) (Page, 1982).
- **Bases Intercambiables** por desplazamiento con Acetato de Amonio y determinación por EAA y fotometría de llama, (Page, 1982), al inicio de la experiencia.
- **Calcio y Sodio en el extracto de saturación** (Richards, 1973). Determinación por EAA
- **Ca⁺ y Na⁺⁺ intercambiables** por desplazamiento con Acetato de Amonio y determinación por EAA (Page, 1982).
- **pH en pasta saturada**, método potenciométrico.

El seguimiento de otros parámetros físico-químicos a modificarse por la acción del yeso, fueron motivo de trabajo de otra tesina: “Efecto del agregado de yeso sobre la dinámica de sales y pH en un suelo con horizontes salinos-sódicos subsuperficiales” de Guillermo Zapata, cuya información será utilizada en forma conjunta, debido que ambos trabajos finales de grado tienden al estudio del mismo problema .

2.5.1 Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos al análisis estadístico ANADEVIA (INFOSTAT, 2004). La separación de medias se realizó mediante el test LSD al 10 % de probabilidad.

CAPITULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CONSIDERACIONES

Mediante la aplicación del análisis de la varianza se comparó el Ca^{++} y Na^+ soluble y el Ca^{++} y Na^+ intercambiable en los tres tratamientos, para las tres profundidades en las tres oportunidades de muestreo. Si bien la estadística no arrojó siempre resultados satisfactorios los resultados obtenidos permitieron analizar las tendencias encontradas durante el desarrollo de la experiencia, es decir, discutir los resultados obtenidos en cada uno de los bloques

3.2. CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE CALCIO Y SODIO DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO,

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos de Ca^{++} y Na^+ soluble para los tres bloques y tratamientos en las tres fechas de muestreo.

Bases en la solución**Tabla 3.** Concentración de Ca⁺⁺ y Na⁺ soluble en los tres bloques y para los tres momentos de muestreo

Prof. (cm)	Momento	Tratamiento	T		DA		DM		P		
			Ca ⁺⁺ (me l ⁻¹)	Na ⁺ (me l ⁻¹)	Ca ⁺⁺ (me l ⁻¹)	Na ⁺ (me l ⁻¹)	Ca ⁺⁺ (me l ⁻¹)	Na ⁺ (me l ⁻¹)	Ca ⁺⁺ (me l ⁻¹)	Na ⁺ (me l ⁻¹)	
15-30	Abril 2006	Elemento									
		Bloque									
		1	0.78	2.65	0.82	6.67	0.63	9.13	1.00	12.91	
	Dic 2006	2	0.74	2.40	0.93	3.39	0.45	4.39	2.65	3.56	
		3	0.89	5.86	1.53	12.28	2.66	13.03	3.07	12.41	
		1	4.72	5.99	8.70	5.05	7.32	17.6	5.00	14.36	
	Mar 2007	2	4.44	4.99	4.01	4.77	5.73	2.49	4.26	2.57	
		3	4.15	4.73	3.21	6.26	4.94	4.52	3.72	3.69	
		1	0.62	6.04	1.00	8.86	3.47	9.95	3.08	16.80	
	40-47	Abril 2006	2	0.84	3.76	1.58	4.59	3.56	3.26	1.46	4.59
			3	0.79	5.83	1.66	4.49	5.57	3.51	1.87	4.47
			1	0.98	9.45	0.98	11.99	1.36	13.88	1.29	12.51
Dic 2006		2	0.74	6.12	0.63	7.18	3.05	8.18	1.41	11.85	
		3	0.98	6.73	0.84	7.88	1.00	7.21	0.90	8.02	
		1	5.27	15.71	5.83	19.49	5.90	18.7	5.28	20.39	
Mar 2007		2	3.00	13.39	5.47	18.11	4.48	11.77	3.02	24.84	
		3	6.16	12.92	3.33	15.38	4.93	21.21	3.40	15.94	
		1	1.05	16.95	0.69	21.30	1.19	26.17	0.84	22.09	
50-60	Abril 2006	2	0.79	16.45	0.87	22.60	1.75	19.23	0.82	18.73	
		3	1.19	18.26	0.55	24.68	0.67	21.91	0.86	21.74	
		1	0.90	15.31	1.11	15.55	1.12	14.75	1.54	18.63	
	Dic 2006	2	0.83	14.70	0.84	12.87	1.00	13.63	1.19	11.63	
		3	1.36	12.59	0.92	11.87	1.18	11.17	1.90	11.14	
		1	4.31	25.38	4.24	14.12	5.67	18.42	4.24	25.17	
	Mar 2007	2	4.38	23.06	6.39	23.85	3.92	18.70	3.08	34.68	
		3	5.00	22.62	6.85	15.47	4.83	14.28	3.40	16.73	
		1	1.21	23.74	1.03	13.63	1.72	12.39	0.66	21.5	
Mar 2007	2	1.35	18.18	0.99	24.17	2.63	24.16	0.79	19.62		
	3	1.01	14.29	1.12	20.77	3.47	23.45	0.85	19.75		

3.2.1 CALCIO SOLUBLE**Profundidad 15-30 cm**

La disolución del yeso genera, en principio, un aumento de iones Ca⁺⁺ en solución, que con el transcurrir del tiempo irán disminuyendo por distintas causas. Entre ellas merecen citarse el intercambio Na-Ca y la lixiviación hacia capas más profundas.

En la primera profundidad evaluada, luego de cinco meses de agregada la enmienda (abril del 2006), los bloques 1 y 2 no manifiestan diferencias en el Ca^{++} soluble en DA y DM, con respecto a T, manifestándose en P un ligero aumento en el bloque 1, siendo importante la diferencia, para este último tratamiento, en los bloques restantes respecto a T. Lo esperable es que el Ca soluble aumente como consecuencia de la disolución de la enmienda, tal vez puede haber ocurrido que el mismo se haya lavado a la capa no muestreada, entre 30-40 cm, hipótesis que no puede ser demostrada por no tener datos de la misma. Ahora, si se observan en la Tabla 3 los valores de Na soluble, puede verse que son considerablemente más altos en las parcelas enmendadas, esto puede deberse a que esté saliendo Na del complejo de cambio y el Ca proveniente de la enmienda, está entrando al mismo, pero el aumento de Ca intercambiable es apenas perceptible o igual al del testigo. Si hay una diferencia a destacar en el contenido de este ión en el bloque 3 (figura 5), entre tratamientos, ya que el valor obtenido para DA es prácticamente el doble que el de T, y DM es el triple. Durante ese período precipitaron alrededor de 485 mm, aspecto importante a tener en cuenta en la solubilización de la enmienda, a ello debe agregarse el período de elevadas temperaturas propias de la época. Por su parte P, no obstante, al ser colocado en cantidades iguales a DA, por su pureza es un material relativamente más rico en yeso, y su procesamiento hacen de él un producto más soluble. Como puede observarse en la tabla 3 los valores de Ca^{++} obtenidos en los 3 bloques, para este tratamiento en el primer muestreo, fueron diferentes entre si, y siempre mayores que en el resto de los tratamientos, siguiendo la secuencia $\text{DA} < \text{DM} < \text{P}$.

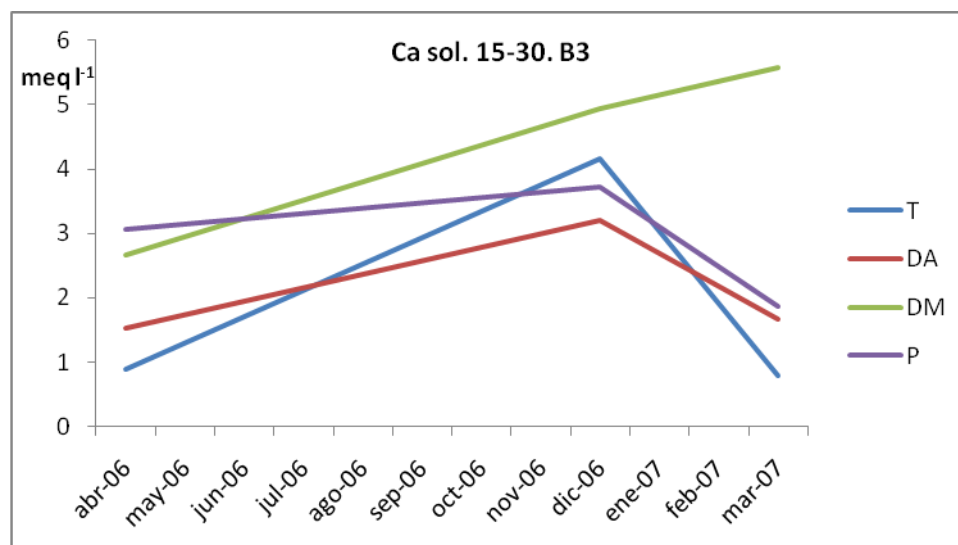


Figura 5: Representación del Calcio soluble en la profundidad de 15-30 cm del bloque N° 3.

Las diferencias encontradas entre los 3 bloques para DM, y en menor medida para P, quizás pueda deberse a la heterogeneidad que presentan estos suelos en muy cortas distancias y posiblemente a una distribución desuniforme de la enmienda debido al método utilizado, lo que influyó en la composición de las muestras. A ello debe agregarse que se está analizando la capa de 15-30 cm, y la lixiviación desde la superficie no es uniforme ya que el sistema poroso del suelo es intrincado y tortuoso.

En el segundo muestreo (diciembre del 2006) para todos los tratamientos aumenta en forma notable la cantidad de Ca^{++} soluble, comparado con el primero. Esto puede atribuirse al ascenso de sales desde capas más profundas, debido a la escasa cantidad de precipitaciones ocurridas en el período abril –noviembre (140 mm). Ahora bien, la diferencia entre tratamientos no se manifiesta con claridad, a excepción del bloque 1, en donde para DA y DM, el Ca^{++} soluble prácticamente duplica al de T, por su parte P se mantuvo igual que T. Es probable que en los otros dos bloques el ión, haya sustituido al Na^+ en el complejo de cambio, disminuyendo su concentración en solución, los datos obtenidos en la determinación de Ca^{++} intercambiable (ver Tabla 4) estarían confirmando esta hipótesis fundamentalmente en lo que a DM y P se refiere, ya que los valores de Ca^{++} intercambiable encontrados fueron superiores en 0,88 y 0,82 meq/100g de suelo para DM y P, respecto de T del bloque 2.

Para el tercer muestreo (marzo del 2007), los valores obtenidos, en los tres bloques se aproximan a los del primer muestreo, es decir exhiben un comportamiento similar, salvo en DM donde se manifiesta claramente el aumento de Ca^{++} soluble, siendo más marcado en el bloque 3. Esto probablemente es debido a que en el período de diciembre de 2006 a marzo de 2007 se registraron un total de lluvias de 509 mm con lo cual el Ca^{++} proveniente de la enmienda puede haber sufrido una lixiviación hacia capas más profundas, a excepción de DM donde la cantidad de yeso agregada es mayor y las precipitaciones permitieron una mayor solubilización del mismo.

Profundidad 40-47 cm

Como se observa en la figura 6, en la segunda profundidad analizada y para el primer muestreo, se observa que en DA los valores son muy similares a T, podría atribuirse a que la enmienda disuelta hasta ese momento no ha alcanzado esta profundidad o se ha agotado. En los tratamientos restantes el Ca^{++} en solución es algo más elevado que en T, aunque en muy escasa medida.

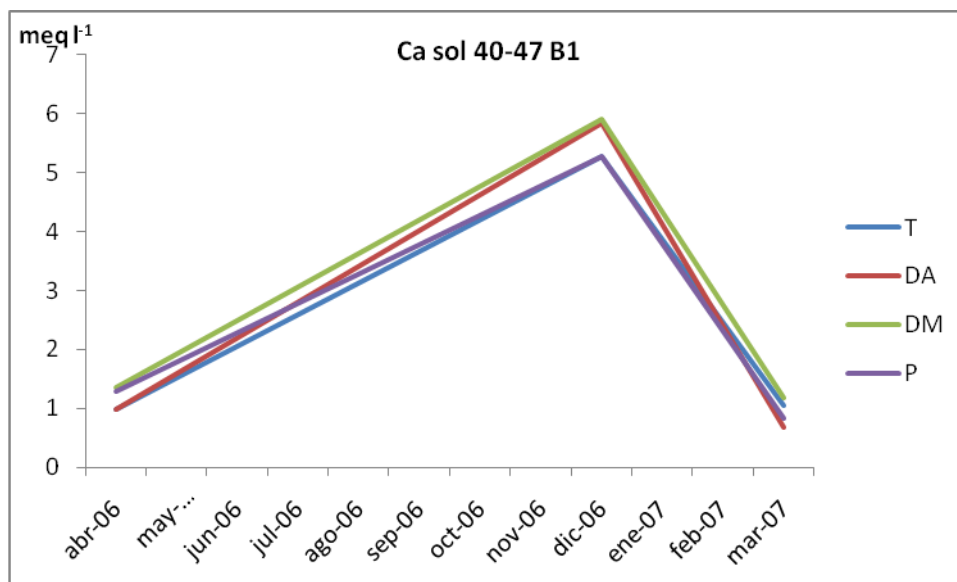


Figura 6: Representación del Calcio soluble en la profundidad de 40-47 cm del bloque N° 1.

El comportamiento del ión Ca^{++} en el muestreo del mes de diciembre es muy similar al de la primera capa, en la misma oportunidad de muestreo, es decir en todos los tratamientos se eleva notablemente, si se compara con el muestreo de abril, no existiendo diferencias de destacar entre tratamientos.

En el muestreo del mes de marzo, y de manera similar a la primera capa evaluada, los tenores de Ca^{++} obtenidos se aproximan a los del primer muestreo.

Profundidad 50-60 cm

Los resultados obtenidos confirman la hipótesis que la enmienda no alcanzó la profundidad suprayacente evaluada, y si lo hizo fue en muy escasa proporción, ya que en la capa de 50-60 cm no se evidencian diferencias entre los tratamientos. Zapata (2009) trabajando en el mismo ensayo encontró que en esta profundidad, la CE fue prácticamente la misma en todos los tratamientos, resultados que confirman que la enmienda no llegó a esta capa. Esto es esperable ya que debido al elevado PSI que presentan estos suelos a los 36 cm se necesitarán mayores cantidades de enmienda y varios años de reenesado como para que el yeso alcance estas profundidades.

3.2.2 SODIO SOLUBLE

Profundidad 15-30 cm

Los valores obtenidos revelan que el comportamiento de Na^+ en solución, entre bloques y tratamientos son bastantes disímiles (ver Tabla 3).

Así, se puede observar en la figura 7, donde indica el círculo amarillo, que en la primera fecha de muestreo, es decir a los 5 meses de agregada la enmienda, en el bloque 1 y para la primera profundidad, en DA el Na^+ soluble aumentó, respecto al testigo, unas 2,5 veces aproximadamente y en DM el valor se triplicó respecto al testigo. Por su parte en P el aumento es de 6 veces, aproximadamente. Este comportamiento pondría en evidencia que debido a la acción del corrector está saliendo Na^+ del complejo de cambio.

Por su parte, en el bloque 2, tanto para DA, DM y P, el Na⁺ soluble aumenta ligeramente respecto al testigo, manteniéndose la secuencia T<DA<P<DM, aunque no en la magnitud que se manifiesta en el bloque anteriormente analizado.

En el bloque 3, si bien los valores encontrados son algo mayores se mantiene la secuencia anteriormente citada.

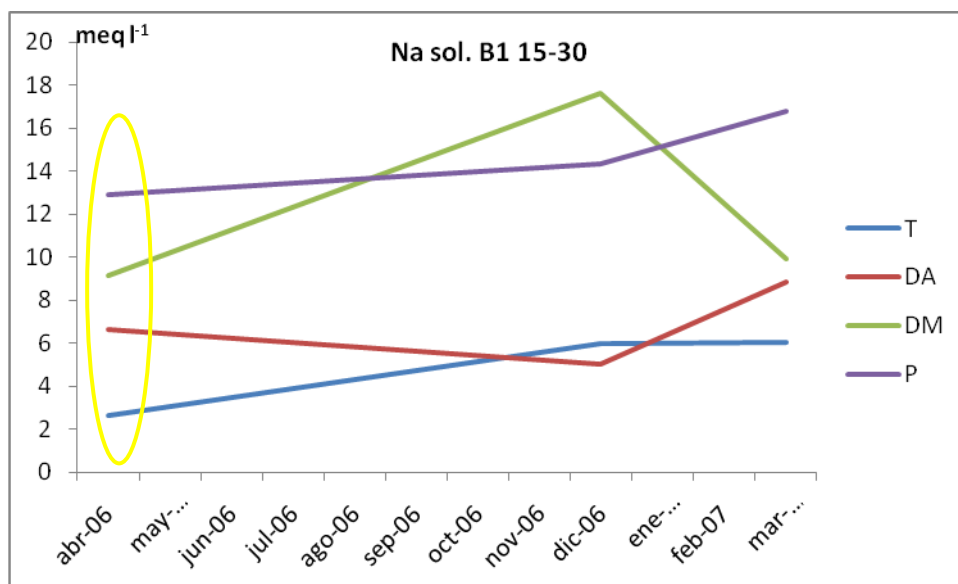


Figura 7. Representación del Sodio soluble en la profundidad de 15-30 cm del bloque N° 1.

Este aumento del Na⁺ soluble en las parcelas donde se agregó la enmienda, se debe al intercambio Na⁺ - Ca⁺⁺, como consecuencia de la acción del yeso. La disparidad de los resultados entre bloques y para el mismo tratamiento puede deberse a varias razones, las cuales se citaron precedentemente cuando se analizó la variación de Ca⁺⁺ soluble, con lo que la lixiviación desde la superficie del SO₄Na₂ neoformado no es uniforme.

En el segundo muestreo, y al igual que para Ca⁺⁺, el Na⁺ aumenta en todos los bloques. Del análisis de los datos del bloque 1 se desprende que T y DA, tienen valores muy similares, por el contrario, en DM y P los tenores de Na⁺ soluble se elevaron en forma importante (11,61 y 8,37 me.l⁻¹, respectivamente).

Esto puede deberse a que el SO₄Na₂ neoformado no se haya lixiviado totalmente en profundidad, dado las escasas precipitaciones que ocurrieron en ese período. Por su parte, los resultados obtenidos en el bloque 2 parecen indicar, esencialmente en DM y P, que la enmienda no se distribuyó uniformemente en la parcela ó que, a pesar de la escasez de lluvias, hubo un descenso en profundidad del Na⁺ soluble, probablemente porque en esos

sitios la permeabilidad no se encuentra tan afectada por el exceso de sodio, ya que el PSI es de alrededor del 3%. Esta tendencia también se observa en el bloque 3, inferencia que no puede demostrarse ya que no existen datos en la capa de suelo comprendida entre los 30 y 40 cm.

En el muestreo de marzo/07 del bloque 1, en las parcelas enyesadas aumenta el Na^+ soluble, respecto de T, siendo muy notable el mismo en el tratamiento P (6,04 y 16,80 me l^{-1} , para T y P, respectivamente), posiblemente debido a la acción solubilizante del agua de lluvia ya que como se citó anteriormente en el período diciembre 2006- marzo 2007 precipitaron 509 mm. El comportamiento en los bloques restantes es similar al del muestreo anterior.

Profundidad 40-47 cm

En general, para los tres bloques, a esta profundidad, el contenido de Na^+ soluble es mayor. Si se observa la caracterización del suelo, en M (tabla 2) puede notarse que el PSI a esta profundidad es superior al 60 %, ante estos elevados valores de sodio intercambiable puede producirse hidrólisis del mismo, con el consecuente aumento de su concentración en la solución del suelo y elevación del pH.

A pesar de ello los resultados obtenidos en el primer muestreo, para los 3 bloques, permiten inferir que el SO_4Na_2 formado por la solubilización del yeso y remoción del Na ha alcanzado esta profundidad, aunque no en una proporción importante, (ver tabla 3).

En diciembre de 2006, para los tres bloques y en todos los tratamientos los valores encontrados son sensiblemente más altos que en el primer muestreo. La causa del aumento es la misma que se mencionó para Ca^{++} , es probable que el ascenso de sales al no ser uniforme debido al intrincado camino poroso del suelo, no permita ver tendencias claras o diferencias entre tratamientos.

En el último muestreo, y luego de 509 mm precipitados, el contenido de Na^+ aumenta respecto a lo obtenido en diciembre de 2006, fundamentalmente en DA, DM y P, es probable que las precipitaciones ocurridas en el período hayan permitido un mayor lixiviado y concomitantemente un mayor contenido del ión en cuestión.

Profundidad 50-60 cm

En esta profundidad los valores encontrados, al igual que para Ca^{++} , permiten inferir que la enmienda no ha alcanzado esta profundidad. La diferencia de valores entre bloques y entre fechas de muestreo posiblemente es consecuencia de la heterogeneidad que presentan los suelos con afectación sódico- salina. Si bien, a esta profundidad esta diferencia es más notoria, profundidades suprayacentes también la manifiestan. A ello se suma que la metodología utilizada para obtener solución de suelo, particularmente en lo relativo a la succión aplicada a la pasta saturada (aproximadamente 0,7 atm.) es insuficiente para extraer solución de suelo que sea representativa de la situación real, problema esperable en suelos sódicos, donde debido a la degradación de la estructura hay un aumento de la microporosidad, lo que dificulta la obtención de solución de suelo.

3.3. CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE CALCIO Y SODIO INTERCAMBIABLES

La tabla 4 muestra los resultados obtenidos en los 3 bloques y para los tres tratamientos de Ca⁺⁺ y Na⁺ intercambiables.

Bases Intercambiables

Tabla 4. Concentración de Ca⁺⁺ y Na⁺ intercambiable en los tres bloques y para los tres momentos de muestreo.

Prof. (cm)	Momen to	Tratamien to	T		DA		DM		P		
			Ca (cmol kg ⁻¹)	Na (cmol kg ⁻¹)	Ca (cmol kg ⁻¹)	Na (cmol kg ⁻¹)	Ca (cmol kg ⁻¹)	Na (cmol kg ⁻¹)	Ca (cmol kg ⁻¹)	Na (cmol kg ⁻¹)	
15-30	Abril 2006	1	7.10	1.29	7.57	1.15	7.57	1.87	7.3	7.10	
			2	7.63	0.83	7.34	0.91	8.51	1.18	8.45	0.95
			3	8.74	2.03	8.96	2.65	8.45	3.43	8.51	3.93
		Dic 2006	1	7.95	1.86	7.5	4.24	11.13	0.80	9.83	7.15
			2	7.54	1.33	7.93	0.64	10.66	1.62	9.50	0.77
			3	7.95	7.11	7.40	1.86	9.27	0.53	8.92	0.62
	Mar 2007	1	8.22	2.32	7.69	2.53	7.99	1.78	7.78	7.3	
		2	8.43	1.33	8.97	0.47	10.64	1.4	9.07	1.05	
		3	8.63	3.19	8.41	0.51	14.77	3.73	9.25	1.95	
	40-47	Abril 2006	1	9.16	7.92	8.23	3.46	7.87	4.14	7.85	1.02
			2	7.92	6.52	8.15	1.63	8.63	1.22	7.44	8.24
			3	14.76	6.66	18.09	6.37	17.38	10.7	13.91	6.17
Dic 2006		1	9.54	7.19	8.6	6.39	7.5	4.22	7.4	11.87	
		2	7.65	3.62	8.7	4.28	7.99	8.51	8.6	4.14	
		3	18.21	9.65	15.48	2.66	11.61	8.43	22.10	3.73	
Mar 2007		1	7.44	9.53	7.59	9.18	7.76	4.69	7.39	9.02	
		2	8.06	1.09	7.95	3.99	8.38	9.79	8.10	6.33	
		3	20.27	7.09	23.82	4.87	11.58	9.41	23.41	6.89	
50-60	Abril 2006	1	7.55	2.99	11.02	76.8	16.94	9.67	8.47	10.91	
		2	7.98	8.24	10.50	10.13	8.75	1.53	8.17	11.78	
		3	19.05	9.31	19.28	9.06	17.25	10.9	19.61	9.05	
	Dic 2006	1	8.16	8.62	9.7	0.79	10.50	6.94	6.97	10.92	
		2	8.63	7.89	12.7	8.26	8.74	9.79	4.90	8.89	
		3	18.7	11.6	18.1	7.22	14.41	9.33	23.06	5.53	
	Mar 2007	1	8.69	9.8	7.52	10.82	12.98	9.84	5.01	10.86	
		2	10.06	7.9	9.96	4.25	6.09	11.2	9.88	8.53	
		3	11.76	8.3	22.92	7.72	10.53	9.49	23.82	8.32	

3.3.1 CALCIO INTERCAMBIABLE

Profundidad 15-30 cm

Como se mencionó anteriormente, por acción del yeso, el Ca intercambiable debería aumentar en los tratamientos DA, DM y P, ya que tendría que entrar Ca al complejo de cambio y salir Na. A los cinco meses después de agregado el corrector este efecto sólo se manifiesta débilmente en el bloque 2, para DM y P.

Luego de 13 meses de la aplicación de la enmienda en DA no se evidencian cambios en el contenido de Ca^{++} intercambiable. No ocurre lo mismo en P y DM, donde se obtiene un incremento de Ca intercambiable en todos los bloques (ver figura 8). En promedio, para los tres bloques, y respecto a T el mencionado incremento fue del 20 y 32 %, respectivamente.

En el último muestreo los resultados arrojan un comportamiento similar al anterior. Excepto en el bloque 1 donde DM prácticamente se mantiene y P disminuye en $0,44 \text{ cmol.Kg}^{-1}$.

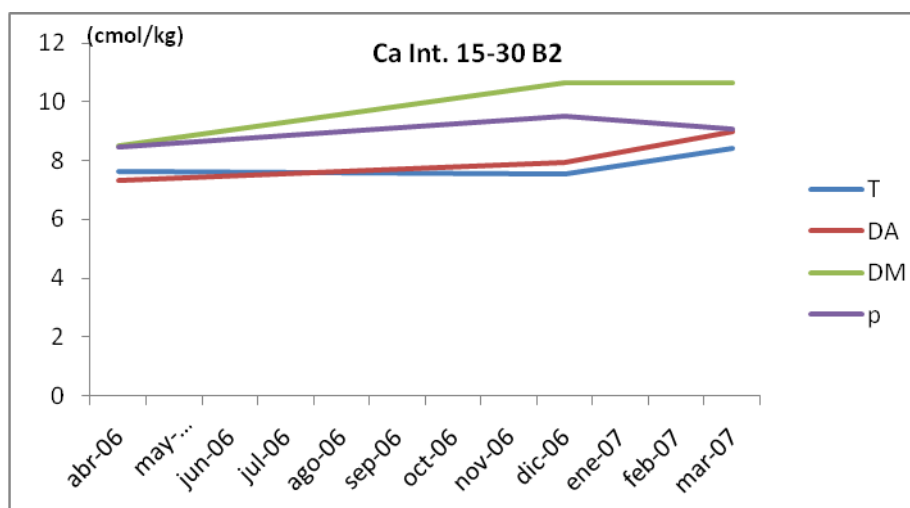


Figura 8: Representación del Calcio Intercambiable en la profundidad de 15-30 cm del bloque N° 2.

Profundidad 40-47 cm

En esta profundidad los datos de Ca intercambiable obtenidos no muestran una tendencia clara. Los valores obtenidos para el tercer bloque demuestran que la capa muestreada tiene CO_3Ca desde los 40 cm de profundidad mezclado con la masa del suelo, que parcialmente se disuelven cuando se desplaza el Ca^{++} intercambiable con acetato de amonio pH 7, y al intentar corregir restándole el Ca^{++} soluble, no da resultados satisfactorios. Esto se debe a que la acción del agua es diferente a la del acetato de amonio, por esta razón los valores de Ca^{++} intercambiable están sobrestimados.

Además, se observa una alta heterogeneidad espacial, muy típica de los suelos que presentan esta problemática ligado a que se ha introducido un desorden en el suelo, producto de la adición del mejorador y si bien, los fenómenos de intercambio iónico son instantáneos, es probable que deba transcurrir un tiempo hasta que se restablezca el equilibrio. Esto se ve claramente en los resultados de los tres bloques, no hay una tendencia clara, a esto se suma que la forma del límite cuando aparecen los carbonatos es ondulado, y en el muestreo se puede estar tomando una zona con más carbonatos que otra.

Profundidad 50-60 cm

El comportamiento del Ca intercambiable en esta profundidad sigue el mismo patrón que en la profundidad anteriormente analizada, por las causas ya expuestas.

3.3.2. SODIO INTERCAMBIABLE

Profundidad 15-30 cm

Es de esperar que la acción del yeso produzca una disminución del Na intercambiable, por el intercambio Na – Ca, no obstante, y a pesar del incremento del sodio soluble (ver tabla 3), no se observan prácticamente cambios en DA y DM, pero, si es notable el cambio en P. Esto puede deberse a la cantidad de Na^+ soluble en el sistema (ver tabla 3), y debido a aspectos metodológicos posiblemente lo que se esté evaluando sea este catión en su forma intercambiable + soluble, lo cual no permite discernir si hubo cambios en la cantidad

de Na intercambiable en el complejo de cambio, este mismo comportamiento se observa en el bloque 3 para DA, y en mayor medida para DM y P.

En el bloque 2, no se visualizan cambios que merezcan destacarse.

Profundidad de 40-47 cm.

En esta profundidad los resultados no tienen una tendencia clara. Es altamente probable que ello se deba al elevado PSI que presenta esta capa (> al 60 %).

Es claro, según los resultados obtenidos, que las características del suelo donde se presentan los manchones, manifiestan diferencias entre sí, en muy cortas distancias. Esto coincide con lo afirmado por Richards (1973) quien afirma que los suelos salinos y sódicos son de naturaleza muy variable y sus características cambian notablemente a cortas distancias.

A ello se suma que la metodología utilizada para obtener solución de suelo, como ya se mencionó anteriormente. Al respecto, Várallyay (1981) afirma que el rango de humedad disponible, calculado como la diferencia entre los porcentajes de agua a capacidad de campo y marchitez permanente, incrementa con el aumento de PSI, siendo el principal factor limitante de la disponibilidad de agua los coeficientes de transporte (conductividad capilar y difusividad); y el flujo desde zona más húmedas a zonas más secas es extremadamente lento.

Al intentar corregir los valores de Na⁺ intercambiable, en las dos últimas profundidades muestreadas, descontando el Na⁺ soluble del obtenido por desplazamiento con acetato de amonio, para obtener el valor real de Na⁺ intercambiable, el cambio es apenas perceptible. La citada corrección se realiza convirtiendo los me l⁻¹, obtenidos en solución a meq/100 gramos de suelo, mediante el porcentaje de agua a saturación (Richards, 1973). Al respecto Richards (1973) informa que el análisis de los cationes intercambiables en los suelos salinos y sódicos lleva consigo dificultades, ya que es común encontrar carbonatos de metales alcalino-térreos y una concentración relativamente alta de sales solubles. Cualquier solución que sea capaz de desplazar los cationes intercambiables de los suelos, disuelve casi todo el total de sales solubles así como una buena proporción de carbonatos de calcio y magnesio si se encuentran en el suelo. Por lo tanto, la disolución de las sales requiere determinaciones independientes del contenido de cationes solubles y que además se corrija el análisis de cationes intercambiables por la presencia de sales. Continúa diciendo que la baja permeabilidad de muchos suelos alcalinos vuelve engorrosas e inconvenientes las técnicas convencionales de lavado para desplazar los cationes intercambiables.

Para cada ión las concentraciones en las soluciones externas e internas son diferentes, pero existe un equilibrio entre ellas; toda modificación de la concentración relativa de un ión lleva consigo una modificación del equilibrio, estas modificaciones intervienen muy lentamente en el suelo hasta el establecimiento de un nuevo equilibrio (Duchaufour, 1975).

Profundidad de 50-60 cm.

Del análisis de los datos obtenidos para esta profundidad surgen las mismas consideraciones que para la capa superior.

3.4 CAMBIOS DE pH EN LA SOLUCIÓN DEL SUELO

Consideraciones

Como consecuencia de la aplicación de la enmienda, el pH debería disminuir ya que según Niborski (2000) una vez que la enmienda entra en contacto con la masa del suelo, el calcio aportado por el yeso, empieza a desplazar el Na^+ adsorbido en las arcillas del suelo, produciendo una reducción progresiva del pH; este reemplazo se produce porque el catión bivalente tiene mayor preferencia de adsorptividad en el coloide, y por el efecto de concentración -incremento de iones de Ca^{++} en la solución del suelo- producido por la aplicación del corrector. Por ello es esperable que en DM se obtengan las mayores reducciones de pH

Profundidad 15-30 cm

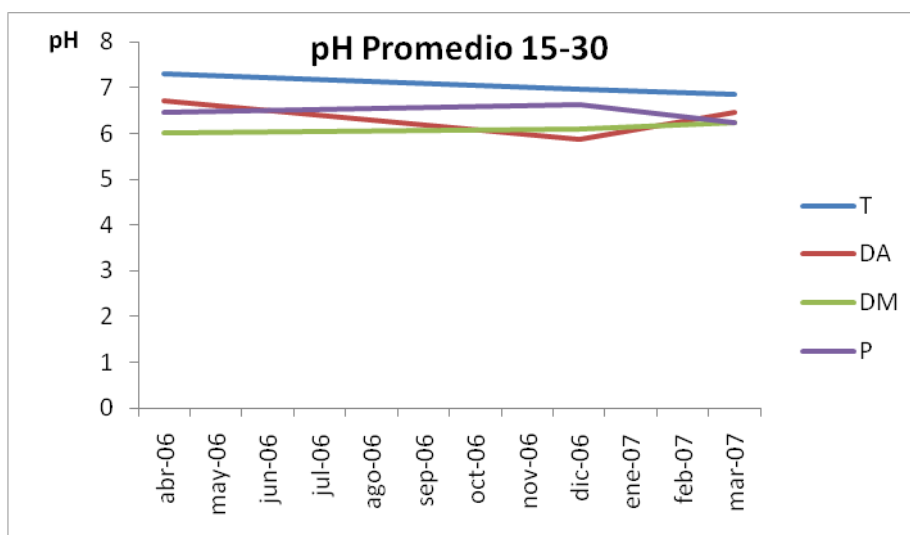


Figura 9: pH promedio de los tres bloques en la profundidad de 15-30 cm.

La evolución del pH durante el año se puede observar en la Figura 9, siguiendo la tendencia en T. En general, el mismo tiende a aumentar en las épocas invernales, debido a que no solo disminuye la actividad respiratoria de las raíces y microorganismos, sino también las precipitaciones, por lo cual, se reduce la producción de ácido carbónico y la solubilización de la enmienda.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que los cambios más importantes de pH se encuentran en la primera profundidad y en DM. Observando la figura 9 todos los

tratamientos en promedio para la primera profundidad se encuentran por debajo de T, en todos los momentos de evaluación.

En el primer muestreo (abril de 2006) se ve claramente que la disminución de pH ha sido mayor en DM con respecto a DA y P, ya que DM disminuye con respecto a T 1,29 unidades de pH y DA y P 0,58 y 0,83 unidades respectivamente.

Para el segundo muestreo (diciembre de 2006) se observa, que si bien, el valor de pH en DA es 0,23 unidades de pH mayor que en DM, esto no es de consideración a los fines comparativos, ya que sus valores son muy próximos, aunque continúan siendo sensiblemente menores que T, y P posee valores más cercanos a T. Esto puede deberse a las escasas precipitaciones que se dieron en este período por lo cual la enmienda en DM se ha disuelto muy poco en ese lapso de tiempo. Esto puede verse también en P.

Para el tercer muestreo (marzo de 2007) en DA, el pH comienza a aproximarse al de T, quizás esto se debe a que la enmienda se está agotando en esta capa, tal como lo demuestra la cantidad de Ca^{++} soluble evaluado en ese período (ver tabla3). En DM y P, si bien los valores de pH han incrementado respecto al muestreo anterior, siguen por debajo de T, este aumento de pH puede deberse, en el caso de P a un principio de agotamiento de la enmienda, por ser una dosis más baja que DM, ó estar lixiviándose parte de la misma a los estratos inferiores, esto se da en DM, tal cual puede observarse en la profundidad subyacente de 40-47 cm.

Todo esto coincide con lo encontrado por Quinteros (2003) el cual adicionó yeso a un Argiudol vértico de la zona de Entre Ríos. Esta adición provocó una disminución significativa del pH a los 5 meses ($p < 0.012$) e incluso al año ($p < 0.111$), indicando la continuidad de la hidrólisis del yeso aplicado, con la consecuente liberación de electrolitos acidificantes a la solución del suelo sin diferencias significativas entre las dosis de yeso utilizadas. A los dos años, la acción de la enmienda cálcica disminuyó marcadamente, posiblemente por un agotamiento de la misma, con la consiguiente disminución de la liberación del anión sulfato principal responsable de la reducción del pH provocada por el agregado de yeso.

Por su parte Rengasamy y Olsson (1991), informan que la aplicación de yeso a un suelo sódico neutral, disminuyó el pH entre 0,5 y 1 unidad a una profundidad de 0 a 20 cm, debido a efectos de fuerzas iónicas que favorecen la formación de complejos de cationes con el ión sulfato (SO_4^{-2}) conduciendo a la reducción del pH.

Profundidad 40-47 cm

En la segunda profundidad evaluada, el pH es mayor que en la profundidad de 15-30 cm, valor esperable ya que el PSI es más elevado y además ya hay presencia de carbonato de calcio en la masa del suelo, el control (T), sigue la tendencia estacional observada en la profundidad anterior, lo que supone, que en esta zona del perfil del suelo, las raíces tienen una importante actividad respiratoria, ya que hacia el mes de marzo el pH disminuye. Esta tendencia se evidencia con mayor claridad en la profundidad subyacente.

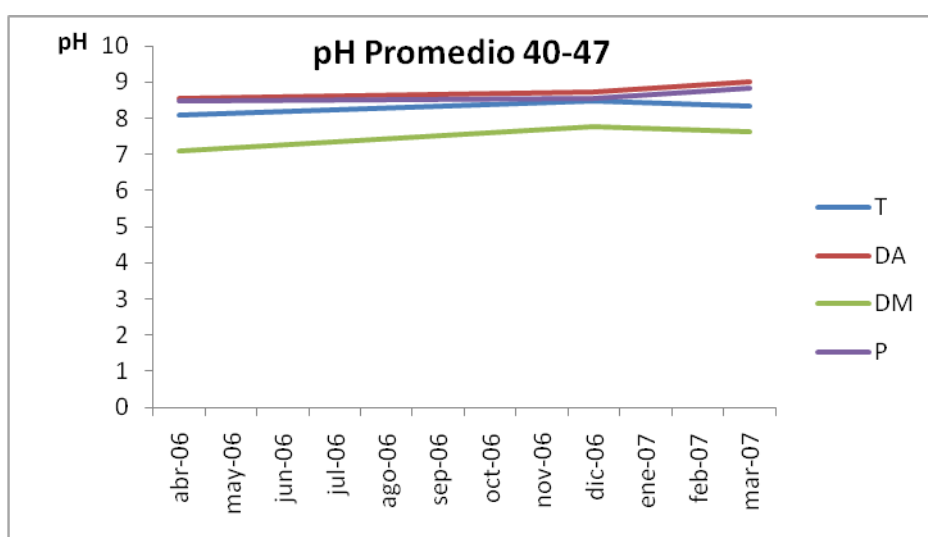


Figura 10: Promedio de pH para la la profundidad 40-47

En la profundidad de 40-47 el único tratamiento que se mantiene siempre por debajo de T, en el tiempo que duró la experiencia es DM. Esta particularidad se podría justificar por la mayor dosis aplicada en este tratamiento.

En los otros tratamientos no se observa ningún cambio con respecto a T por lo que se llega a la conclusión que la concentración de yeso utilizado no ha sido suficiente como para que llegue a esta profundidad. Concluyendo que la dosis a aplicar para este tipo de suelo debe ser de 4 Tn.ha⁻¹ o mayor a la misma si se quieren alcanzar profundidades superiores a los 30 cm, y realizar reenesados periódicos, con una frecuencia anual o bianual, según los resultados que arrojen los indicadores que se utilicen para verificar la acción de la enmienda.

Profundidad 50-60 cm

Entre los 50 y 60 cm, no se observaron diferencias entre T y el resto de los tratamientos (ver figura 11). El motivo, seguramente se debe a la gran proporción de carbonatos y bicarbonatos y a que, tal como se expresó en la discusión de los datos de Ca^{++} y Na^+ soluble la enmienda, en ninguna de sus formas y dosis alcanzó esta profundidad.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Zapata (2009), quien obtuvo resultados similares en la misma área de estudio del presente trabajo.

Consideraciones Finales

Como síntesis de los resultados obtenidos puede decirse que respecto a Ca^{++} soluble, las mayores diferencias entre tratamientos como resultado de la aplicación de la enmienda, es en la primera profundidad evaluada de 15-30 cm y para el primer muestreo. Así, la cantidad soluble de este catión aumenta el doble en DA con respecto a T, el triple para DM y seis veces más para P, por efecto de la disolución del yeso, esto se ve así en el 1º muestreo. En el 2º muestreo el Ca^{++} soluble aumenta en todos los tratamientos, debido, como ya se expresó al ascenso de sales producto de las escasas precipitaciones ocurridas en este periodo, no obstante DA y DM superan a T, específicamente en el bloque 1. En el 3º muestreo no se ven diferencias con el testigo excepto en DM el Ca^{++} soluble continúa aumentando, producto de la mayor dosis aplicada.

En la profundidad de 40-47 cm y de 50-60 cm debido al abrupto aumento del PSI, que genera una muy baja permeabilidad debido a la dispersión del aumento de la microporosidad, aspectos que hacen imposible mejorar la situación, al menos en el tiempo durante el cual fueron evaluados estos parámetros y con la cantidad de enmienda utilizada

Como consecuencia del aumento de los valores del Ca^{++} soluble y el Na^+ soluble, para la primera profundidad y en todos los bloques en el primer muestreo, siguen la secuencia $T < DA < P < DM$, lo que indica que está saliendo Na^+ del complejo de intercambio y está siendo remplazado por el Ca^{++} de la enmienda. En el segundo muestreo este aumento continúa, sobre todo en el bloque 1 como se veía para Ca^{++} soluble, mayormente en DM y P. En el tercer muestreo los resultados obtenidos son muy similares al anterior.

En las siguientes profundidades (40-47 cm. y 50-60 cm.) no se ven datos claros en concordancia con lo observado en el Ca^{++} soluble por efecto del alto PSI.

El Ca^{++} intercambiable debería aumentar ya que remplaza el Na^+ de intercambio por el Ca^{++} de la enmienda esto se da en la primera profundidad en el bloque 2 más que nada para DM y P concordando con todo lo expuesto anteriormente. En el 2º muestreo también aumenta el Ca^{++} para todos los bloques en un 20-30% principalmente para DM y P signo de que la enmienda ha entrado al complejo de intercambio mejorando la situación del suelo.

En las siguientes profundidades y por las razones expuestas anteriormente no se evidencian cambios claros.

Con respecto al sodio intercambiable solo se observan cambios en P, en la primera profundidad. En parte, esto es esperable, ya que por un lado, si bien se observan cambios en el Ca^{++} intercambiable, el sistema en si se encuentra en un importante desorden, a pesar de que el Na^+ soluble en algunos casos aumenta, la permeabilidad se encuentra sumamente

impedida debido al alto PSI y en el SO_4Na_2 neoformado, no puede lixivarse como para que se observen cambios. Además, como se cita precedentemente, según Duchaufour (1975), estas modificaciones intervienen muy lentamente en el suelo hasta el establecimiento de un nuevo equilibrio.

En lo que hace a la evolución del pH, se puede concluir que en el único tratamiento donde se ven claras tendencias del efecto del yeso, durante el tiempo que duró la experiencia, es en DM y sólo para las dos primeras profundidades, en el resto de los tratamientos (DA y P) si bien hubo diferencias con respecto a T en la primera profundidad las mismas no se manifestaron en las profundidades restantes.

CONCLUSIONES

- El yeso produjo el mayor efecto en la primera profundidad evaluada (15-30 cm), donde los mejores resultados se observan a los 5 y 13 meses de aplicada la enmienda, luego tiende a mantenerse en los mismos valores debido a que probablemente se agota la misma. Excepto en DM donde se ven los mejores resultados debido a que es la dosis más alta y mantiene diferencias con T luego de 16 meses del enyesado.
- A la profundidad de 36 cm ya no se obtiene resultados claros debido al elevado PSI que tiene el suelo desde esta profundidad.
- El Ca soluble en la primera profundidad aumenta considerablemente en DM y P, perpetuando el primero hasta el final de la experiencia, por lo tanto es la dosis más recomendada y tal vez se podrían haber utilizado dosis mayores para obtener resultados más claros
- La heterogeneidad del suelo hace que los límites entre horizontes cambien a muy poca distancia en profundidad lo cual dificulta la determinación y extracción de muestras.
- La presencia de CO_3Ca , a partir de la profundidad de 40 cm fue un problema adicional en la evaluación de los parámetros elegidos, no obstante los resultados obtenidos hacen presumir que el yeso no alcanzó tal profundidad.
- Es muy importante la ocurrencia de precipitaciones para la disolución del yeso y para que se lixivie el SO_4Na_2 neoformado.
- El modo de aplicación del producto, al voleo, puede que no sea el más recomendable, tal vez al incorporarlo se acelera el proceso en estos tipos de suelo donde el problema se encuentra en profundidad.
- Es muy importante la pureza de la enmienda a utilizar.
- Lo recomendado luego de la experiencia, es continuar con las observaciones y las aplicaciones.

CAPITULO 5

BIBLIOGRAFÍA

- BONADEO, E.; MORENO, I.; ODORIZZI, A., HAMPP, E., SORONDO, A. Y M. BONGIOVANI. 2002. **Relación entre propiedades fisico-químicas del suelo y raíces de alfalfa**. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Madryn. Chubut.
- BONADEO, E.; MORENO, I.; HAMPP, E. Y A. SORONDO. 2001. **Factores del suelo que regulan la productividad de la alfalfa en áreas con manchoneo**. XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Cuba.
- BRESSLER, E., MC. NEAL, G.L, Y D.L. CARTER. 1982. **Saline and sodic Soils. Modelling, Principles and dynamics**. Advances series in agriculture sciences 10. Springer Verlag. pp 166-187.
- COLACELLI, N.2003. **Corrección de suelos alcalinos**. Cát. de Uso del Suelo Facultad de agronomía y Zootecnia de la U.N.T .Edicion digital: www.produccion.com.ar. consultado:14/11/2008
- COSTA J L., GODZ P.1998. **The effectes of gypsum applied to a natraquoll of the Flooding Pampas of Argentina**. Soil Use and Management 14:246-247.
- DORRONSORO C. 2005. **Contaminacion por sales solubles**. Capitulo 12. Universidad de Granada. España.Edicion Digital: <http://edafología.ugr.es/conta/tema12/sales.htm> Consultado: 23/11/2008.
- DUCHAUFOR P.1975. **Manual de Edafología**. Editorial Toray-Masson. Barcelona, España 488 p.

- FERNANDEZ J.P. 2006. **Relación entre propiedades físico química del suelo y enraizamiento de alfalfa**. Tesis de Maestría. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. 22 p.
- FRENKEL H, GERSTL Z. ALPEROVITCH N. 1989. **Exchange- induced dissolution of gypsum and the reclamation of sodic soil**. Soil Sci. 40:599-611.
- GARAVITO NEIRA, F. 1970. **Propiedades químicas de los suelos**. Instituto Geografico Agustin Codazzi. Bogota. Colombia.
- HAMPP, E.; BONADEO, E.; M. BONGIOVANNI; Y MORENO, I. 2004. **Aspectos genéticos de suelos con manchoneo de cultivos**. XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Cartagena. Colombia.
- ILYAS M., 1 , RH QURESHI B AND MA QADIR BRH, QURESHI Y LA EEM QADIR. MARCH 1997, **Chemical changes in a saline-sodic soil after gypsum application and cropping**. Soil Technology, Volume 10, Issue 3, Pages 247-260
- INFOSTAT.2004. **Infostat versión 2004**.Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Cordoba, Argentina.
- INTA. 1987. **Carta de los suelos de la República Argentina**. Hoja 3363-9 Villa María. Plan Mapa de Suelos. Córdoba . Argentina.
- JARSUN, B. 1996. **Condiciones del suelo para la alfalfa. Métodos correctivos**. V Jornadas Nacionales de alfalfa. Villa María. Cordoba. Argentina.
- LAMOND. R. AND DAVID A. WHITNEY. 1992. **Management of Saline and Sodic Soils**, Kansas State University. Contents of this publication may be freely reproduced for educational purposes. All other rights reserved. In each case, credit Ray E.
- MAAS EV, GRATAN SR. 1999. **Crop yields as affected by salinity**. In: Skaggs, R.W., van Schilfgaarde J (eds.) Agron. Monogr. No. 38. Am. Soc. Agron, Madison, WI, pp. 55–108.

- MAAS, E. W. AND G. H. HOFFMAN. 1977. **Crop salt tolerance- Current assessment**. J. Irrig. and Drain. Div., ASCE. 103: 115-134. IR2. Proc. Paper 12993
- MORENO, I .BONADEO, E., HAMPP, E., URBANI D.Y M. BONGIOVANI. 2006. **Agregado de yeso y dinamica de sales y pH en suelos con horizontes salinos subsuperficiales**. Actas en cd. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta.
- MORENO, I.S.; E. BONADEO; E.R. HAMPP Y J.P.NAZARIO. 2008. **Cambios químicos producidos por el agregado de yeso en un suelo salino**. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas en CD
- NIVORSKI, M. 2000. **El exceso de sales y sodio en los suelos de las regiones áridas y semiáridas**. Cátedra de manejo y conservación de suelos. Facultad de agronomía de la Universidad de Buenos Aires. 19 p. Edición Digital : <http://www.oas.org/usde/publication/unit/oea10s>. Consultado:06/04/2009
- OCHOA, L.H. 1980. **El cultivo de la alfalfa en las áreas de riego de Santiago del Estero**. En: I Reunión técnica de alfalfa del noroeste argentino. INTA EEA La Banda, Santiago del Estero: 17.
- OSTER, J D.1982. **Gypsum use in irrigated agriculture**: a review. Fertilizer Research 3:73-79.
- PAGE, A.L., R. H. MILLER and D D.R. KEENEY (eds.) 1982. **Methods of soil analysis. Part 2 Chemical and microbiological properties**. Agron. Monograph N°9. ASA, SSSA. Madison, Wisconsin USA.
- PEARSON K. E. AND J. W. BAUDER. 2003. **The Basics of Salinity and Sodicty Effects on Soil Physical Properties**. Department of Land Resources and Environmental Sciences. Montana State University – Bozeman. Edicion Digital: <http://waterquality.montana.edu> Consultado el 14/11/2008.
- PORTA CASANELLAS, J., M. LOPEZ ACEVEDO REGUERIN.M, Y C. ROQUERO DE LABURU. 1994. **Edafologia Para la Agricultura y el Medio Ambiente**. Editorial Mundi Prensa, Madrid. 807 pags.

- QUINTERO C. ; BOSCHETTI N.; DURAND MORAT A. Y S. FETTOLINI. 2003. **Recuperación de suelos dispersivos por medio de enmiendas.** Cátedra Edafología, Facultad Ciencias Agropecuarias- universidad Nacional de Entre Ríos –.Argentina. Edición digital: <http://www.uner.edu.ar>. Consultado el 04/05/2009
- RENGASAMY, P.; OLSSON, K.A. 1991. **Sodicity and Soil Structure.** Aust. J. Soil Res. 29:925-32.
- RENGASAMY, P. 1997. Sodic Soils. **In Methods for assessment of soil degradation.** Edited by R. Lal et al. CRC Press LLC. Pp 265 – 277.
- RICHARDS, L.A. (ED.) 1973. **Rehabilitación de suelos salinos y sódicos.** Limusa.
- SADIQ M, HASSAN G, MEHDI SM, HUSSAIN N, JAMIL M. 2007. **Amelioration of saline sodic soil with tillage implements and sulphuric acid application.** Pedosphere. 17 (2): 182-190.
- SÁNCHEZ ENRIQUE Y MARIELA CURETTI 2003 .**Los suelos salinos y sódicos. Características y diferenciación. Modos de recuperación y recomendaciones.** INTAAlto. Valle. Argentina. Edición digital: www.inta.gov.ar/altovalle/info/biblio/rompecabezas/pdfs. Consultado el 23/08/2008.
- SUMNER, M. E. 1995. Sodic soils; New perspectives. In: Naidu, R., M. E. Sumner, P. Rengasamy(eds). **Australian sodic soils. Distribution, properties and management.** Adelaide: First National Conference and Workshop on Sodic Soils. p.1-34
- TANJI KK .1990. **Nature and extent of agricultural salinity.** In: Tanji KK (ed.), Agricultural Salinity Assessment and Management. American Society of Civil Engineers, New York, Manual Rep. Eng. Practice. **71: 71–92.**
- VARALLYAY G. 1981.**Extreme Moisture regime as the main limiting factor of the fertility of salt affected soils.** In Hungaro-Indian seminar on salt affected soils. Agrokemia Es Talajtan. Budapest..

YÁGODIN, B.; SMIRNOV, P. Y A. P. PETERBURGSKI. 1986. **Agroquímica**. Editorial Mir. URSS. Pp 198-255.

ZAPATA, G. 2009. **Aplicación de yeso a un suelo Haplustol típico de Villa María, y su efecto sobre la dinámica de sales y pH**. Tesis de Grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. 56 p.

ANEXOS

ANEXO I

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE Ca^{++} Y Na^+ SOLUBLE.

Ca sol. Profundidad 15-30 cm.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca soluble	36	0,82	0,62	48,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)					
Modelo	138,91	19	7,31	3,95	0,0039
Bloque	5,09	2	2,54	1,37	0,2815
Dosis	8,56	3	2,85	2,54	0,1531
(Bloque*Dosis)					
Bloque*Dosis	6,75	6	1,13	0,61	0,7207
Tiempo	106,48	2	53,24	28,75	<0,0001
Tiempo*Dosis	12,03	6	2,00	1,08	0,4133
Error	29,62	16	1,85		
Total	168,53	35			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,17762

Error: 1,8515 gl: 16

Bloque	Medias	n	
2,00	2,27	12	A
3,00	3,04	12	A
1,00	3,10	12	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,22379

Error: 1,1256 gl: 6

Dosis	Medias	n		
T	2,26	9	A	
DA	2,49	9	A	B
P	2,90	9	A	B
DM	3,55	9		B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=2,35524

Error: 1,8515 gl: 16

Bloque	Dosis	Medias	n		
2,00	DA	1,84	3	A	
2,00	T	2,01	3	A	
1,00	T	2,04	3	A	B
3,00	DA	2,13	3	A	B
2,00	DM	2,45	3	A	B
3,00	T	2,74	3	A	B

Efecto del agregado del yeso sobre la solución del suelo y el complejo de cambio en suelos salinos - sódicos

2,00	P	2,79	3	A	B
3,00	P	2,89	3	A	B
1,00	P	3,03	3	A	B
1,00	DA	3,51	3	A	B
1,00	DM	3,81	3	A	B
3,00	DM	4,39	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,17762

Error: 1,8515 gl: 16

Tiempo	Medias	n	
abr-06	1,35	12	A
mar-07	1,84	12	A
dic-06	5,22	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=2,35524

Error: 1,8515 gl: 16

Tiempo	Dosis	Medias	n					
mar-07	T	0,75	3	A				
abr-06	T	0,80	3	A				
mar-07	DA	1,08	3	A	B			
abr-06	DA	1,09	3	A	B			
abr-06	DM	1,25	3	A	B			
mar-07	P	2,14	3	A	B	C		
abr-06	P	2,24	3	A	B	C		
mar-07	DM	3,40	3		B	C	D	
dic-06	P	4,33	3			C	D	E
dic-06	T	5,24	3				D	E
dic-06	DA	5,31	3				D	E
dic-06	DM	6,00	3					E

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Ca sol. Profundidad 40-47 cm.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca soluble	36	0,87	0,71	46,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<u>(Error)</u>					
Modelo	116,43	19	6,13	5,51	0,0006
Bloque	5,41	2	2,71	2,43	0,1196
Dosis	1,94	3	0,65	0,24	0,8663
<u>(Bloque*Dosis)</u>					
Bloque*Dosis	16,23	6	2,71	2,43	0,0729
Tiempo	84,31	2	42,15	37,87	<0,0001
Tiempo*Dosis	8,54	6	1,42	1,28	0,3214
Error	17,81	16	1,11		
Total	134,23	35			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,91301

Error: 1,1129 gl: 16

Bloque	Medias	n	
3,00	1,73	12	A
2,00	2,42	12	A
1,00	2,65	12	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,89727

Error: 2,7054 gl: 6

Dosis	Medias	n	
P	1,98	9	A
DA	2,13	9	A
T	2,36	9	A
DM	2,59	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,82603

Error: 1,1129 gl: 16

Bloque	Dosis	Medias	n			
3,00	DM	0,87	3	A		
2,00	T	1,51	3	A	B	
3,00	DA	1,57	3	A	B	
3,00	P	1,72	3	A	B	
2,00	P	1,75	3	A	B	
2,00	DA	2,32	3	A	B	C
1,00	P	2,47	3	A	B	C
1,00	DA	2,50	3	A	B	C
3,00	T	2,78	3		B	C
1,00	T	2,80	3		B	C
1,00	DM	2,82	3		B	C
2,00	DM	4,09	3			C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Efecto del agregado del yeso sobre la solución del suelo y el complejo de cambio en suelos salinos - sódicos

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,91301

Error: 1,1129 gl: 16

Tiempo	Medias	n	
abr-06	1,18	12	A
mar-07	1,19	12	A
dic-06	4,43	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,82603

Error: 1,1129 gl: 16

Tiempo	Dosis	Medias	n			
mar-07	DA	0,70	3	A		
abr-06	DA	0,82	3	A		
mar-07	P	0,84	3	A		
abr-06	T	0,90	3	A		
mar-07	T	1,01	3	A		
abr-06	P	1,20	3	A		
abr-06	DM	1,80	3	A		
mar-07	DM	2,20	3	A	B	
dic-06	DM	3,77	3		B	C
dic-06	P	3,90	3		B	C
dic-06	DA	4,88	3			C
dic-06	T	5,18	3			C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Ca sol. Profundidad 50-60 cm.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca soluble	36	0,86	0,69	52,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)					
Modelo	179,05	19	9,42	5,09	0,0009
Bloque	11,35	2	5,68	3,06	0,0747
Dosis	8,96	3	2,99	1,87	0,2354
(Bloque*Dosis)					
Bloque*Dosis	9,58	6	1,60	0,86	0,5430
Tiempo	135,84	2	67,92	36,68	<0,0001
Tiempo*Dosis	13,33	6	2,22	1,20	0,3558
Error	29,63	16	1,85		
Total	208,69	35			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,17775

Error: 1,8519 gl: 16

Bloque	Medias	n	
2,00	2,20	12	A
1,00	2,23	12	A B
3,00	3,41	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,45718

Error: 1,5959 gl: 6

Dosis	Medias	n	
P	1,96	9	A
T	2,37	9	A
DA	2,81	9	A
DM	3,30	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=2,35550

Error: 1,8519 gl: 16

Bloque	Dosis	Medias	n	
2,00	P	1,69	3	A
3,00	P	2,05	3	A
1,00	DA	2,13	3	A
1,00	T	2,14	3	A
1,00	P	2,15	3	A
2,00	DM	2,18	3	A
2,00	T	2,19	3	A
1,00	DM	2,50	3	A
2,00	DA	2,74	3	A
3,00	T	2,79	3	A
3,00	DA	3,56	3	A B
3,00	DM	5,22	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Efecto del agregado del yeso sobre la solución del suelo y el complejo de cambio en suelos salinos - sódicos

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,17775

Error: 1,8519 gl: 16

Tiempo	Medias	n	
abr-06	1,16	12	A
mar-07	1,32	12	A
dic-06	5,36	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=2,35550

Error: 1,8519 gl: 16

Tiempo	Dosis	Medias	n				
mar-07	P	0,77	3	A			
abr-06	DA	0,96	3	A			
abr-06	T	1,03	3	A			
mar-07	DA	1,05	3	A			
abr-06	DM	1,10	3	A			
mar-07	T	1,19	3	A			
abr-06	P	1,54	3	A	B		
mar-07	DM	2,27	3	A	B		
dic-06	P	3,57	3		B	C	
dic-06	T	4,90	3			C	D
dic-06	DA	6,43	3				D
dic-06	DM	6,53	3				D

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Na sol. Profundidad 15-30 cm.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Na soluble	36	0,92	0,84	28,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)					
Modelo	596,50	19	31,39	10,33	<0,0001
Bloque	289,89	2	144,94	47,70	<0,0001
Dosis	16,33	3	5,44	0,13	0,9361
(Bloque*Dosis)					
Bloque*Dosis	243,41	6	40,57	13,35	<0,0001
Tiempo	34,13	2	17,07	5,62	0,0142
Tiempo*Dosis	12,75	6	2,12	0,70	0,6543
Error	48,61	16	3,04		
Total	645,12	35			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,50856

Error: 3,0384 gl: 16

Bloque	Medias	n	
2,00	2,73	12	A
3,00	5,83	12	B
1,00	9,67	12	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=7,34694

Error: 40,5685 gl: 6

Dosis	Medias	n	
T	5,15	9	A
DM	5,87	9	A
DA	6,26	9	A
P	7,02	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=3,01712

Error: 3,0384 gl: 16

Bloque	Dosis	Medias	n				
2,00	DM	2,05	3	A			
2,00	T	2,05	3	A			
2,00	P	2,57	3	A			
3,00	DM	3,35	3	A			
3,00	P	3,78	3	A			
2,00	DA	4,25	3	A	B		
1,00	T	4,89	3	A	B	C	
1,00	DA	6,86	3		B	C	D
3,00	DA	7,66	3			C	D
3,00	T	8,51	3				D
1,00	DM	12,23	3				E
1,00	P	14,69	3				E

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Efecto del agregado del yeso sobre la solución del suelo y el complejo de cambio en suelos salinos - sódicos

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,50856

Error: 3,0384 gl: 16

Tiempo	Medias	n	
abr-06	4,70	12	A
dic-06	6,68	12	B
mar-07	6,85	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=3,01712

Error: 3,0384 gl: 16

Tiempo	Dosis	Medias	n			
abr-06	T	3,64	3	A		
abr-06	DM	4,52	3	A	B	
abr-06	P	5,29	3	A	B	
abr-06	DA	5,36	3	A	B	
mar-07	DM	5,57	3	A	B	
mar-07	T	5,88	3	A	B	C
dic-06	T	5,94	3	A	B	C
dic-06	DA	6,10	3	A	B	C
dic-06	P	7,13	3		B	C
mar-07	DA	7,31	3		B	C
dic-06	DM	7,53	3		B	C
mar-07	P	8,62	3			C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Na sol. Profundidad 40-47 cm.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Na soluble	36	0,78	0,51	36,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)					
Modelo	1518,73	19	79,93	2,92	0,0174
Bloque	115,68	2	57,84	2,11	0,1532
Dosis	57,33	3	19,11	0,30	0,8261
(Bloque*Dosis)					
Bloque*Dosis	384,88	6	64,15	2,34	0,0812
Tiempo	776,63	2	388,31	14,19	0,0003
Tiempo*Dosis	184,22	6	30,70	1,12	0,3930
Error	437,76	16	27,36		
Total	1956,49	35			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=4,52687

Error: 27,3599 gl: 16

Bloque	Medias	n	
2,00	11,83	12	A
3,00	15,32	12	A
1,00	15,89	12	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=9,23845

Error: 64,1466 gl: 6

Dosis	Medias	n	
T	12,73	9	A
P	14,01	9	A
DA	14,40	9	A
DM	16,25	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=9,05374

Error: 27,3599 gl: 16

Bloque	Dosis	Medias	n		
2,00	T	3,84	3	A	
1,00	DA	11,26	3	A	B
3,00	P	11,90	3	A	B
2,00	DM	12,39	3	A	B
1,00	P	15,00	3		B
2,00	P	15,14	3		B
2,00	DA	15,96	3		B
3,00	DA	15,98	3		B
3,00	T	16,64	3		B
3,00	DM	16,78	3		B
1,00	T	17,70	3		B
1,00	DM	19,58	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Efecto del agregado del yeso sobre la solución del suelo y el complejo de cambio en suelos salinos - sódicos

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=4,52687

Error: 27,3599 gl: 16

Tiempo	Medias	n	
abr-06	7,92	12	A
dic-06	16,40	12	B
mar-07	18,72	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=9,05374

Error: 27,3599 gl: 16

Tiempo	Dosis	Medias	n				
abr-06	P	4,13	3	A			
abr-06	T	8,77	3	A	B		
abr-06	DA	9,02	3	A	B		
abr-06	DM	9,76	3	A	B		
mar-07	T	12,40	3	A	B	C	
dic-06	DA	14,33	3		B	C	D
dic-06	T	17,01	3		B	C	D
dic-06	P	17,06	3		B	C	D
dic-06	DM	17,23	3		B	C	D
mar-07	DA	19,86	3			C	D
mar-07	P	20,85	3			C	D
mar-07	DM	21,77	3				D

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Na sol. Profundidad 50-60 cm.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Na soluble	36	0,66	0,26	45,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)					
Modelo	1633,57	19	85,98	1,65	0,1573
Bloque	146,86	2	73,43	1,41	0,2726
Dosis	58,25	3	19,42	0,36	0,7846
(Bloque*Dosis)					
Bloque*Dosis	323,78	6	53,96	1,04	0,4378
Tiempo	851,20	2	425,60	8,18	0,0036
Tiempo*Dosis	253,48	6	42,25	0,81	0,5759
Error	832,51	16	52,03		
Total	2466,08	35			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=6,24276

Error: 52,0321 gl: 16

Bloque	Medias	n	
3,00	13,26	12	A
1,00	15,84	12	A
2,00	18,21	12	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=8,47352

Error: 53,9640 gl: 6

Dosis	Medias	n	
DM	14,55	9	A
DA	15,03	9	A
T	15,62	9	A
P	17,87	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=12,48551

Error: 52,0321 gl: 16

Bloque	Dosis	Medias	n	
3,00	P	10,87	3	A
1,00	DM	11,85	3	A
1,00	DA	12,10	3	A
3,00	DA	12,70	3	A
2,00	T	12,72	3	A
3,00	DM	12,97	3	A
3,00	T	16,50	3	A
1,00	T	17,64	3	A
2,00	DM	18,83	3	A
2,00	DA	20,30	3	A
2,00	P	20,98	3	A
1,00	P	21,77	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Efecto del agregado del yeso sobre la solución del suelo y el complejo de cambio en suelos salinos - sódicos

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=6,24276

Error: 52,0321 gl: 16

Tiempo	Medias	n	
abr-06	8,90	12	A
mar-07	18,87	12	B
dic-06	19,53	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=12,48551

Error: 52,0321 gl: 16

Tiempo	Dosis	Medias	n				
abr-06	P	7,13	3	A			
abr-06	DA	7,76	3	A	B		
abr-06	DM	9,85	3	A	B	C	
abr-06	T	10,87	3	A	B	C	
dic-06	DM	13,80	3	A	B	C	D
mar-07	T	15,68	3	A	B	C	D
dic-06	DA	17,81	3	A	B	C	D
mar-07	DA	19,52	3	A	B	C	D
mar-07	DM	20,00	3		B	C	D
mar-07	P	20,29	3			C	D
dic-06	T	20,32	3			C	D
dic-06	P	26,19	3				D

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

ANEXO II

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE Ca^{++} Y Na^+ INTERCAMBIABLE.

Ca Interc. Profundidad 15-30 cm.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca intercam	36	0,84	0,66	8,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	42,14	19	2,22	4,57	0,0018	
Bloque	24,94	2	12,47	25,67	<0,0001	
Dosis	3,93	3	1,31	0,71	0,5800	(Bloque*Dosis)
Bloque*Dosis	11,07	6	1,84	3,80	0,0152	
Tiempo	0,43	2	0,22	0,45	0,6480	
Tiempo*Dosis	1,77	6	0,29	0,61	0,7224	
Error	7,77	16	0,49			
Total	49,92	35				

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,60322

Error: 0,4858 gl: 16

Bloque	Medias	n	
1,00	7,23	12	A
3,00	8,93	12	B
2,00	9,05	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,56646

Error: 1,8442 gl: 6

Dosis	Medias	n	
DA	8,07	9	A
T	8,19	9	A
P	8,43	9	A
DM	8,93	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,20644

Error: 0,4858 gl: 16

Bloque	Dosis	Medias	n				
1,00	P	6,73	3	A			
1,00	DM	7,03	3	A	B		
1,00	T	7,58	3	A	B	C	
1,00	DA	7,59	3	A	B	C	D

Efecto del agregado del yeso sobre la solución del suelo y el complejo de cambio en suelos salinos - sódicos

2,00	DA	8,08	3	B	C	D	E	
2,00	T	8,20	3	B	C	D	E	F
3,00	DA	8,56	3		C	D	E	F
3,00	T	8,78	3			D	E	F
3,00	DM	9,16	3				E	F
3,00	P	9,23	3				E	F
2,00	P	9,33	3					F
2,00	DM	10,60	3					

G

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,60322

Error: 0,4858 gl: 16

Tiempo	Medias	n	
dic-06	8,32	12	A
abr-06	8,34	12	A
mar-07	8,56	12	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,20644

Error: 0,4858 gl: 16

Tiempo	Dosis	Medias	n		
dic-06	DA	7,61	3	A	
abr-06	T	7,82	3	A	
abr-06	DA	8,26	3	A	B
mar-07	T	8,26	3	A	B
mar-07	DA	8,36	3	A	B
mar-07	P	8,36	3	A	B
dic-06	P	8,42	3	A	B
dic-06	T	8,48	3	A	B
abr-06	P	8,51	3	A	B
abr-06	DM	8,75	3	A	B
dic-06	DM	8,78	3	A	B
mar-07	DM	9,27	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Ca Interc. Profundidad 40-47 cm.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca intercam	36	0,93	0,85	16,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)					
Modelo	679,51	19	35,76	11,36	<0,0001
Bloque	588,15	2	294,07	93,43	<0,0001
Dosis	16,47	3	5,49	0,78	0,5445
(Bloque*Dosis)					
Bloque*Dosis	41,97	6	6,99	2,22	0,0946
Tiempo	0,79	2	0,40	0,13	0,8823
Tiempo*Dosis	32,13	6	5,36	1,70	0,1848
Error	50,36	16	3,15		
Total	729,87	35			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,53541

Error: 3,1475 gl: 16

Bloque	Medias	n	
1,00	7,93	12	A
2,00	8,08	12	A
3,00	16,58	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=3,05066

Error: 6,9946 gl: 6

Dosis	Medias	n	
DM	9,76	9	A
DA	10,89	9	A
T	11,28	9	A
P	11,52	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=3,07083

Error: 3,1475 gl: 16

Bloque	Dosis	Medias	n		
1,00	P	7,34	3	A	
1,00	DM	7,54	3	A	
2,00	T	7,74	3	A	
1,00	DA	7,81	3	A	
2,00	P	7,85	3	A	
2,00	DM	8,20	3	A	
2,00	DA	8,52	3	A	
1,00	T	9,04	3	A	
3,00	DM	13,53	3		B
3,00	DA	16,35	3		B C
3,00	T	17,06	3		C
3,00	P	19,37	3		C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Efecto del agregado del yeso sobre la solución del suelo y el complejo de cambio en suelos salinos - sódicos

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,53541

Error: 3,1475 gl: 16

Tiempo	Medias	n	
abr-06	10,73	12	A
mar-07	10,79	12	A
dic-06	11,07	12	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=3,07083

Error: 3,1475 gl: 16

Tiempo	Dosis	Medias	n		
mar-07	DM	8,95	3	A	
dic-06	DM	9,03	3	A	
abr-06	P	9,53	3	A	B
mar-07	DA	10,26	3	A	B
abr-06	T	10,61	3	A	B
dic-06	DA	10,93	3	A	B
abr-06	DM	11,29	3	A	B
mar-07	T	11,43	3	A	B
abr-06	DA	11,49	3	A	B
dic-06	T	11,80	3	A	B
mar-07	P	12,52	3		B
dic-06	P	12,52	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Ca Interc. Profundidad 50-60 cm.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca intercam	36	0,84	0,65	24,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)					
Modelo	741,30	19	39,02	4,42	0,0021
Bloque	532,00	2	266,00	30,14	<0,0001
Dosis	78,01	3	26,00	1,35	0,3441
(Bloque*Dosis)					
Bloque*Dosis	115,57	6	19,26	2,18	0,0995
Tiempo	3,62	2	1,81	0,21	0,8166
Tiempo*Dosis	12,10	6	2,02	0,23	0,9613
Error	141,22	16	8,83		
Total	882,52	35			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=2,57117

Error: 8,8263 gl: 16

Bloque	Medias	n	
1,00	9,52	12	A
2,00	9,58	12	A
3,00	17,71	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=5,06237

Error: 19,2612 gl: 6

Dosis	Medias	n	
T	10,62	9	A
DM	11,08	9	A
P	13,21	9	A
DA	14,18	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=5,14234

Error: 8,8263 gl: 16

Bloque	Dosis	Medias	n		
1,00	P	7,92	3	A	
1,00	T	8,13	3	A	
2,00	DM	8,53	3	A	
2,00	P	9,36	3	A	B
2,00	T	9,39	3	A	B
1,00	DM	10,65	3	A	B
2,00	DA	11,04	3	A	B
1,00	DA	11,39	3	A	B
3,00	DM	14,06	3		B
3,00	T	14,32	3		B
3,00	DA	20,10	3		C
3,00	P	22,34	3		C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Efecto del agregado del yeso sobre la solución del suelo y el complejo de cambio en suelos salinos - sódicos

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=2,57117

Error: 8,8263 gl: 16

Tiempo	Medias	n	
mar-07	11,83	12	A
dic-06	12,40	12	A
abr-06	12,57	12	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=5,14234

Error: 8,8263 gl: 16

Tiempo	Dosis	Medias	n		
abr-06	T	9,97	3	A	
mar-07	T	10,17	3	A	
mar-07	DM	10,53	3	A	B
dic-06	DM	11,22	3	A	B
abr-06	DM	11,49	3	A	B
dic-06	T	11,71	3	A	B
mar-07	P	13,16	3	A	B
dic-06	P	13,20	3	A	B
abr-06	P	13,27	3	A	B
mar-07	DA	13,47	3	A	B
dic-06	DA	13,49	3	A	B
abr-06	DA	15,57	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Na Interc. Profundidad 15-30 cm.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Na intercam	36	0,93	0,84	36,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)					
Modelo	103,94	19	5,47	10,97	<0,0001
Bloque	26,88	2	13,44	26,94	<0,0001
Dosis	15,03	3	5,01	0,53	0,6766
(Bloque*Dosis)					
Bloque*Dosis	56,46	6	9,41	18,86	<0,0001
Tiempo	4,59	2	2,30	4,60	0,0263
Tiempo*Dosis	0,97	6	0,16	0,32	0,9143
Error	7,98	16	0,50		
Total	111,92	35			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,61127

Error: 0,4989 gl: 16

Bloque	Medias	n	
2,00	1,13	12	A
3,00	1,49	12	A
1,00	3,11	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=3,53836

Error: 9,4098 gl: 6

Dosis	Medias	n	
DM	1,36	9	A
DA	1,48	9	A
T	1,81	9	A
P	2,99	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,22253

Error: 0,4989 gl: 16

Bloque	Dosis	Medias	n		
2,00	P	0,80	3	A	
3,00	DM	0,97	3	A	
3,00	P	0,99	3	A	
2,00	DM	1,14	3	A	
2,00	T	1,16	3	A	
2,00	DA	1,40	3	A	B
1,00	DA	1,48	3	A	B
3,00	DA	1,56	3	A	B
1,00	T	1,82	3	A	B
1,00	DM	1,96	3	A	B
3,00	T	2,44	3		B
1,00	P	7,18	3		C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Efecto del agregado del yeso sobre la solución del suelo y el complejo de cambio en suelos salinos - sódicos

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,61127

Error: 0,4989 gl: 16

Tiempo	Medias	n	
abr-06	1,62	12	A
dic-06	1,70	12	A
mar-07	2,41	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,22253

Error: 0,4989 gl: 16

Tiempo	Dosis	Medias	n				
dic-06	DA	0,98	3	A			
abr-06	DA	1,16	3	A	B		
dic-06	DM	1,20	3	A	B		
abr-06	DM	1,24	3	A	B		
abr-06	T	1,38	3	A	B		
mar-07	DM	1,63	3	A	B	C	
dic-06	T	1,77	3	A	B	C	
mar-07	T	2,28	3		B	C	D
mar-07	DA	2,30	3		B	C	D
abr-06	P	2,69	3			C	D
dic-06	P	2,85	3			C	D
mar-07	P	3,43	3				D

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Na Interc. Profundidad 40-47 cm.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Na intercam	36	0,91	0,81	14,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<u>(Error)</u>					
Modelo	152,30	19	8,02	8,64	<0,0001
Bloque	29,44	2	14,72	15,86	0,0002
Dosis	20,73	3	6,91	0,42	0,7436
<u>(Bloque*Dosis)</u>					
Bloque*Dosis	98,05	6	16,34	17,60	<0,0001
Tiempo	1,32	2	0,66	0,71	0,5049
Tiempo*Dosis	2,75	6	0,46	0,49	0,8038
Error	14,85	16	0,93		
Total	167,15	35			

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,83381

Error: 0,9282 gl: 16

Bloque	Medias	n	
2,00	5,58	12	A
3,00	7,47	12	B
1,00	7,52	12	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=4,66287

Error: 16,3412 gl: 6

Dosis	Medias	n	
DM	5,87	9	A
T	6,42	9	A
P	7,34	9	A
DA	7,81	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,66761

Error: 0,9282 gl: 16

Bloque	Dosis	Medias	n			
2,00	T	3,90	3	A		
2,00	DM	3,97	3	A		
1,00	DA	4,73	3	A		
2,00	P	5,27	3	A	B	
3,00	P	6,60	3		B	C
3,00	DM	6,63	3		B	C
1,00	DM	7,00	3			C
3,00	T	7,13	3			C
1,00	T	8,21	3			C
2,00	DA	9,17	3			D
3,00	DA	9,51	3			D
1,00	P	10,14	3			D

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Efecto del agregado del yeso sobre la solución del suelo y el complejo de cambio en suelos salinos - sódicos

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,83381

Error: 0,9282 gl: 16

Tiempo	Medias	n	
dic-06	6,69	12	A
abr-06	6,75	12	A
mar-07	7,13	12	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,66761

Error: 0,9282 gl: 16

Tiempo	Dosis	Medias	n				
abr-06	DM	5,48	3	A			
mar-07	DM	6,01	3	A	B		
dic-06	DM	6,11	3	A	B		
dic-06	T	6,15	3	A	B		
abr-06	T	6,37	3	A	B	C	
mar-07	T	6,73	3	A	B	C	D
dic-06	DA	7,05	3	A	B	C	D
abr-06	P	7,15	3		B	C	D
mar-07	P	7,41	3		B	C	D
dic-06	P	7,45	3		B	C	D
abr-06	DA	8,02	3			C	D
mar-07	DA	8,34	3				D

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Na Interc. Profundidad 50-60 cm.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Na intercam	36	0,73	0,42	10,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo	43,66	19	2,30	2,33	0,0464	
Bloque	1,62	2	0,81	0,82	0,4579	
Dosis	8,16	3	2,72	0,84	0,5181	(Bloque*Dosis)
Bloque*Dosis	19,34	6	3,22	3,27	0,0271	
Tiempo	7,46	2	3,73	3,78	0,0451	
Tiempo*Dosis	7,08	6	1,18	1,20	0,3573	
Error	15,77	16	0,99			
Total	59,43	35				

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,85927

Error: 0,9858 gl: 16

Bloque	Medias	n	
3,00	9,07	12	A
2,00	9,40	12	A
1,00	9,58	12	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=2,07109

Error: 3,2238 gl: 6

Dosis	Medias	n	
DM	8,71	9	A
T	9,07	9	A
P	9,75	9	A
DA	9,86	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,71854

Error: 0,9858 gl: 16

Bloque	Dosis	Medias	n					
3,00	DM	8,00	3	A				
2,00	T	8,05	3	A	B			
3,00	P	8,63	3	A	B	C		
1,00	DA	8,82	3	A	B	C		
2,00	DM	8,97	3	A	B	C		
1,00	DM	9,16	3	A	B	C	D	
1,00	T	9,45	3	A	B	C	D	E
3,00	T	9,72	3		B	C	D	E
2,00	P	9,73	3		B	C	D	E
3,00	DA	9,92	3			C	D	E
2,00	DA	10,83	3				D	E
1,00	P	10,90	3					E

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=0,85927

Error: 0,9858 gl: 16

Efecto del agregado del yeso sobre la solución del suelo y el complejo de cambio en suelos salinos - sódicos

	TIEMPO		MEDIAS N		
dic-06	8,83	12	A		
mar-07	9,27	12	A	B	
abr-06	9,94	12		B	

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa:=0,05 DMS:=1,71854

Error: 0,9858 gl: 16

Tiempo	Dosis	Medias	n			
dic-06	DM	7,79	3	A		
mar-07	T	8,65	3	A	B	
dic-06	DA	8,69	3	A	B	
mar-07	DM	9,02	3	A	B	C
abr-06	T	9,16	3	A	B	C
mar-07	P	9,24	3	A	B	C
abr-06	DM	9,32	3	A	B	C
dic-06	T	9,41	3	A	B	C
dic-06	P	9,45	3	A	B	C
mar-07	DA	10,17	3		B	C
abr-06	P	10,58	3			C
abr-06	DA	10,71	3			C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

ANEXO III

Presencia de Carbonatos de Calcio (Reacción al Ac. Clorhídrico)

Bloque 1

Bloque 1	T	DM	DA	P
Prof 15-30				
Abril 06				
Dic. 07				
Marzo 07				
Prof 40-47				
Abril 06				
Dic. 07				X
Marzo 07				
Prof 50-60				
Abril 06				
Dic. 07				X
Marzo 07	X	X	X	X

Bloque 2

Bloque 2	T	DM	DA	P
Prof 15-30				
Abril 06				
Dic. 07				
Marzo 07				
Prof 40-47				
Abril 06				
Dic. 07				
Marzo 07			X	
Prof 50-60				
Abril 06				
Dic. 07			X	
Marzo 07			X	

Bloque 3

Bloque 3	T	DM	DA	P
Prof 15-30				
Abril 06				
Dic. 07				
Marzo 07				
Prof 40-47				
Abril 06				
Dic. 07	X	X	X	X
Marzo 07	X	X	X	X
Prof 50-60				
Abril 06				
Dic. 07	X	X	X	X
Marzo 07	X	X	X	X

