

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

**Trabajo final para optar al Grado de Ingeniero
Agrónomo**

**APLICACIÓN DE YESO A UN SUELO HAPLUSTOL TÍPICO DE
VILLA MARÍA, Y SU EFECTO SOBRE LA DINÁMICA DE SALES
Y PH**

**Alumno: Guillermo Ignacio Zapata
DNI 29536625**

**Director: Lic. Química Inés Moreno de Hampp
Co-Director: Ing. Agr. Elena Bonadeo**

**Río Cuarto – Córdoba
Febrero / 2009**

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

| | |
|---|---|
| 1.1 Presentación, planteo del problema y antecedentes | 1 |
| 1.2 Hipótesis | 7 |
| 1.3 Objetivos | 7 |

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y METODOS

| | |
|---|----|
| 2.1. Caracterización del área de estudio | 8 |
| 2.2. Características de la experiencia | 9 |
| 2.2.1. Diseño experimental | 9 |
| 2.2.2. Enmienda | 9 |
| 2.2.2.1. Aplicación y tratamientos | 10 |
| 2.2.3. Muestreos de suelos | 10 |
| 2.3. Parámetros evaluados y determinaciones | 11 |
| 2.3.1. Análisis estadístico | 11 |

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSION

| | |
|---|----|
| 3.1. Consideraciones | 12 |
| 3.2. Análisis de CE | 12 |
| 3.3. Dinámica del contenido hídrico | 19 |
| 3.4. Análisis de pH | 22 |
| 3.4.1. Variación del pH en el tiempo, según tratamiento y profundidad | 22 |
| 3.5. Velocidad de Infiltración | 26 |
| 3.6. Producción de materia seca | 27 |

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES

| | |
|--|----|
| | 28 |
|--|----|

| | |
|---------------------|----|
| BIBLIOGRAFIA | 29 |
|---------------------|----|

| | |
|-----------------|----|
| ANEXO I | 34 |
| ANEXO II | 35 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Distribución de precipitaciones, entre enero 2005 y mayo de 2007 | 8 |
| Figura 2. Detalle de la aplicación de la enmienda en un sector afectado | 10 |
| Figura 3. Distribución de los bloques y tratamientos en el ensayo | 11 |
| Figura 4. Fluctuación de los valores de CE en el tiempo (05-15 cm) | 12 |
| Figura 5. Fluctuación de los valores de CE en el tiempo (20-30 cm) | 14 |
| Figura 6. Fluctuación de los valores de CE en el tiempo (35-45 cm) | 15 |
| Figura 7. Fluctuación de los valores de CE en el tiempo (50-60 cm) | 17 |
| Figura 8. Variación temporal del contenido hídrico (05-15 cm) | 19 |
| Figura 9. Variación temporal del contenido hídrico (20-30 cm) | 19 |
| Figura 10. Variación temporal del contenido hídrico (35-45 cm) | 20 |
| Figura 11. Variación temporal del contenido hídrico (50-60 cm) | 21 |
| Figura 12. Fluctuación de pH en el tiempo (05-15 cm) | 23 |
| Figura 13. Fluctuación de pH en el tiempo (20-30 cm) | 23 |
| Figura 14. Fluctuación de pH en el tiempo (35-45 cm) | 24 |
| Figura 15. Fluctuación de pH en el tiempo (50-60 cm) | 25 |
| Figura 16. Velocidad de infiltración para los distintos tratamientos | 26 |
| Figura 17. Producción de materia seca (tratamientos y situación normal) | 27 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Características del perfil del suelo afectado con la problemática | 9 |
| Tabla 2. Valores promedios de CE, según tratamientos y profundidad | 17 |
| Tabla 3. Valores promedios de pH, según tratamientos y profundidad | 22 |

RESUMEN

Una importante superficie de suelos, en la región de Villa María (Córdoba), manifiesta exceso de sodio en horizontes subsuperficiales, que perjudica la estructura del suelo, el movimiento de agua y la disponibilidad de nutrientes; a campo se visualizan manchones, de menor producción de materia seca. Debido a esto, se planteo analizar como responden los indicadores de CE, pH, velocidad de infiltración, contenido hídrico y producción de materia seca, ante la aplicación de yeso. Se definieron cuatro tratamientos: T (sin aplicación), DA (2000 kg/ha de yeso en polvo), DM (4000 kg/ha de yeso en polvo), y P (2000 kg/ha de yeso perlado). La CE aumento en los tratamientos enyesados, producto de la solubilización de la enmienda; entre los 35 y 45 cm, el tratamiento DM tuvo, opuestamente a lo observado en profundidades suprayacentes, menores valores de CE que DA y P; esto evidencia que hubo una mayor lixiviación de sales en profundidad. El yeso aplicado permitió reducir el pH; se encontraron diferencias significativas en la profundidad 05-15 cm, entre los tratamientos con yeso y T, y en la profundidad 20-30 cm, entre DM y el resto de los tratamientos. Las velocidades de infiltración de DA, P y DM, se mantuvieron por sobre la de T, entre los 10 y 70 minutos; DM fue el tratamiento que más evidenció esta mejora. En cuanto a la producción de materia seca, solo se observó un incremento de un 14 % en DM, comparando con lo producido en T. El yeso es útil como enmienda mejoradora; sin embargo, las dosis empleadas, y tal vez el acotado tiempo de evaluación, no fueron los correctos, para ver una respuesta satisfactoria en la producción de materia seca.

Palabras clave: Yeso, manchones, velocidad de infiltración, pH, conductividad eléctrica.

SUMMARY

An important soils surface, in the county of Villa María (Córdoba), expressed excess of sodium in subsurface horizons, that prejudices the structure of the soil, the water movement and the nutrimental availability; to field are visualized productions patches, of smaller matter production dries. Due to this, it is I outlined to analyze as answer the indicators of CE, pH, infiltration speed, water contents and matter production dries, before the application of gypsum. They were defined four treatments: T (without application), DA (2000 kg/ha of powdery gypsum), DM (4000 kg/has of powdery gypsum), and P (2000 kg/ha of pearly gypsum). The CE increase in the gypsy treatments, product in the solubility of the amendment; between 35 and 45

cm of depth, the treatment DM had, contrarily to what is observed in-depth infra-adjacents, smaller values of CE than DA and P; this evidence that there was a great wash of you leave in-depth. The industrious plaster permitted to reduce the pH; they were found meaningful differences in the depth 05-15 cm, between the treatments with gypsum and T, and in the depth 20-30 cm, between DM and the rest of the treatments. The infiltration speeds of DA, P and DM, were maintained by on that of T, between 10 and 70 minutes; DM was the treatment that more evidenced this improvement. Concerning the matter production dries, alone was observed an increase of a 14 % in DM, comparing with produced what is in T. The gypsum is useful as improvement amendment ; however, the employed dose, and perhaps the annotated evaluation time, they were not correct, to see a satisfactory response in the matter production dries.

Key words: gypsum, production patches, infiltration speed, pH, electrical conductivity

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Aplicación de yeso a un suelo Haplustol típico de Villa María, y su efecto sobre la dinámica de sales y pH

**Autor: Guillermo Ignacio Zapata
DNI: 29.536.625**

**Director: Lic. Química, Inés Moreno de Hampp
Co-Director: Ing. Agr., Elena Bonadeo**

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

Ing. Agr. Marcos Bongiovanni _____

Ing. Agr. Sergio González _____

Ing. Agr. Miguel Reynero _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1. Presentación, planteo del problema y antecedentes

El concepto de suelo ideal para uso agrícola, hace referencia a aquel suelo, cuyas propiedades intrínsecas, permitirían cubrir satisfactoriamente las necesidades de muchas plantas de valor económico; este debería presentar las siguientes características: adecuada aireación, aproximadamente neutro en reacción, sin capas que inhiban la penetración de las raíces, sin exceso de sales, y que tenga suficiente agua y un amplio abastecimiento de nutrimentos (Millar *et al.*, 1971).

Algunos de los paradigmas que en la actualidad tienen vigencia son: la necesidad de producir grandes cantidades de alimentos y fibras para la población mundial; el desarrollo de nuevas tecnologías para mantener y mejorar la fertilidad de los suelos y detener el deterioro ambiental (Brown *et al.*, 1994). La sustentabilidad de la producción agrícola en los ecosistemas depende de muchos factores, principalmente de mantener la óptima fertilidad física, química y biológica de los suelos (Bethlenfalvay y Linderman, 1992). La agricultura actual enfrenta un problema de gran importancia, la degradación paulatina del recurso suelo (Crovetto, 1992).

Uno de los principales componentes de los sistemas de producción es el suelo, y de los numerosos procesos que ocurren dentro de él, está bien definido y se visualiza el denominado proceso de salinización, en donde las futuras generaciones tendrán que desarrollar una importante tarea, en lo que respecta a la conservación, sustentabilidad, manejo de la tierra y protección del medio (Szabolcs, 1994).

La salinización de los suelos es un problema para la agricultura del mundo, siendo el factor que más restringe la productividad de los cultivos (Gouia *et al.*, 1994); este proceso degradante es reconocido por su efecto sobre la mayoría de los ecosistemas agrícolas en el mundo (Gaxiola, 1995). A nivel global, existen aproximadamente 900×10^6 ha de suelos afectados por salinidad, que resultan marginales o no aptos para la agricultura, ya que la mayoría de los cultivos extensivos son susceptibles a esta condición (Flowers and Yeo, 1995). Los suelos afectados por sales representan cerca del 15 % de las tierras áridas y semiáridas del mundo, y aproximadamente el 40 % de las tierras irrigadas (Shannon, 1984; Serrano y Gaxiola, 1994).

La República Argentina no está exenta de esta problemática, ya que posee 85.000.000 ha afectadas por exceso de sales y sodio, incluyendo los ambientes áridos y semiáridos del país

(Szabolcs, 1979). En ambientes húmedos y subhúmedos, esta problemática es de relevancia, debido a la gran superficie de tierras afectadas por condiciones hidrohalomórficas: 11.000.000 ha en los bajos submeridionales de la provincia de Santa Fe (Panigatti, 1990); 9.000.000 ha en el centro-oeste de la provincia de Buenos Aires (Lavado, 1987) y 2.500.000 ha ubicadas al noroeste de las provincias de Entre Ríos, Corrientes, Chaco y La Pampa (Casas y Pittaluga, 1990). Estos procesos adquieren una dimensión económica y social especial, debido a la superficie afectada, al ritmo de evolución y a las restricciones que impone a la productividad de las tierras (Cantero y col., 1988; Gorgas y Lovera, 1988).

En el centro-sur de la provincia de Córdoba, según diferentes estimaciones, la superficie afectada es entre 1,5 y 2,2 millones de ha (INTA, 1990). Una considerable superficie de suelos ubicados al sudoeste y este de la ciudad de Villa María (Córdoba), presentan sectores que no permiten el desarrollo normal y homogéneo de alfalfa (*Medicago sativa*), especie principal en la cadena forrajera de los sistemas productivos lecheros, observándose en los lotes manchones que se caracterizan por tener menor densidad de plantas y de porte más pequeño, lo cual repercute en la producción de materia seca de dicha pastura. Estos manchones, de tamaño variable y forma irregular, se manifiestan en porciones definidas del terreno, poseen límites abruptos, y se observan con mayor precisión después del primer año de implantada la pastura (Bonadeo *et al.*, 2001). La alfalfa manifiesta en forma notoria esta problemática, debido a la alta sensibilidad a condiciones de salinidad (Bresler *et al.*, 1982).

En la región a la que se hace referencia, los suelos de los sectores planos o ligeramente deprimidos son similares a los de los sectores mas altos, diferenciándose de estos últimos por la presencia de elevados contenidos de sales y/ o sodio a profundidades menores, que propician la manifestación del típico “manchoneo” (Jarsun, 1996). El origen de esta problemática está relacionada a procesos halomórficos vinculados a una napa freática que contiene una importante concentración de sales sódicas; ésta se encuentra por debajo del nivel crítico, oscilando entre los 2-3 m de profundidad (Bonadeo *et al.*, 2002).

La salinidad es una condición de exceso de sales, tanto en el suelo como en el agua, las cuales afectan las plantas por incremento de la presión osmótica en la solución del suelo, interfiriendo en la absorción de agua y nutrientes e induciendo toxicidad de los iones específicos; producen también un desbalance nutricional, siendo éstas las principales causas de mortandad de las plantas susceptibles que se desarrollan en suelos con altos niveles de sales (Subbarao y Johansen, 1991).

La presencia de sales en un suelo, requiere de dos condiciones: primero, que exista contacto entre las capas de suelo y la fuente de sales solubles; y segundo, que existan

condiciones que aseguren que la acumulación de sales prevalezca periódica o permanentemente sobre el lavado (Darab, 1981).

La afectación de esta problemática no se limita únicamente a la planta, si no que también influye en los demás componentes del sistema suelo-planta; así, Szabolcs (1994) expresó que la salinidad no solo afecta la absorción de nutrientes y disponibilidad de agua para la planta, también perjudica la actividad y diversidad microbiana, limita la cubierta vegetal sobre la superficie del suelo, disminuye el contenido de humus, lo cual conduce a una elevación de la temperatura y a modificar las propiedades del suelo.

Como se expuso con anterioridad, la napa freática contiene sales de sodio; los sectores del lote donde se manifiesta el manchoneo, presentan elevados valores de sodio de intercambio, ya prevalecen condiciones de acumulación (Bonadeo *et al.*, 2002). El efecto negativo del porcentaje de sodio intercambiable (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 la conductividad eléctrica (CE) del agua de riego, o bien de la capa freática (Sumner, 1995). Según los autores 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.

Estudios realizados por Rhoades (1990), y Rengasami y Sumner (1997), han permitido demostrar los efectos adversos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo de elevados valores de PSI; estos autores coinciden en que el efecto directo es sobre los componentes coloidales del suelo, en donde las arcillas sufren dispersión y expansión.

Indirectamente, al degradarse la estructura, se reduce o elimina la macro y mesoporosidad, lo cual perjudica el movimiento de agua y aire en el perfil del suelo (Quirk & Schofield., 1955; Shainberg *et al.*, 1981; Gupta & Abrol., 1990; Dorronsoro, 2005); esto se traduce en una disminución en la velocidad de infiltración y en la permeabilidad del suelo. Al respecto, otros trabajos mencionan que se observa una disminución importante de la conductividad hidráulica del suelo, con el aumento del PSI (Barreto Filho *et al.*, 2003).

El efecto del exceso de sodio, sobre la actividad biológica en el suelo, no es de menor significancia, ya que el aumento de pH en el medio, por acción del carbonato y bicarbonato de sodio (Richards, 1973; Garavito Neira, 1980; Porta Cassanellas, 1994), afecta la actividad microbiana; esto conduce a una reducción en la nitrificación y la biodisponibilidad de fósforo, como así también de micronutrientes: hierro, manganeso, zinc, cobre y boro (Dorronsoro, 2005).

La recuperación y rehabilitación de los suelos afectados por sales y/o sodio, implica un conjunto de medidas, entre las cuales se encuentran: elección del mejorador, la siembra de cultivos tolerantes, el manejo de la fertilización y riego, laboreos subsuperficiales y trabajos de recuperación (Yadab, 1993). El mejoramiento de estos suelos tiene por objetivo la remoción total o parcial de sales solubles de la zona radicular, mediante el lavado (Amudson y Zund, 1985; Papadopulos, 1988); este se puede lograr con el agua de lluvia, o por sistemas artificiales de riego; la eficiencia de lavado esta dada por la reducción total de las sales y/o sodio intercambiable, como una función de la cantidad de agua y enmienda aplicada. Son varios los métodos que se reportan para la recuperación de los suelos salinos: mecánicos, biológicos, químicos e hidrotécnicos; dentro de éstos, el mas difundido es el mejoramiento químico (Pizarro, 1985).

En los suelos sódicos, por presentar baja conductividad hidráulica debido al alto PSI, el mejoramiento requiere la remoción del sodio cambiante por el calcio; este último se moviliza por el propio mejorador, o aportado por este, contribuyendo a la floculación del medio y neutralización del pH (Prather *et al.*, 1978; Pizarro, 1985; Aceves, 1985); para lograr esto es necesaria la aplicación de sustancias químicas que sean capaces de aportar calcio para promover su incremento en la solución del suelo, o la movilización a partir del carbonato alcalino-terreo, para reemplazar al sodio adsorbido, el cual pasa a la solución para ser eliminado mediante el lavado (Nadler *et al.*, 1996).

Los mejoradores químicos, son aquellas sustancias capaces de reemplazar el sodio intercambiable por el calcio, a través de la acción directa o indirecta de los procesos biológicos o químicos (Pizarro, 1985; Grupta y Abrol, 1990); estos productos deben tener cierto carácter ácido con el fin de que contribuyan al descenso del pH (Garavito Neira, 1980).

El cloruro de calcio, sulfato de calcio (yeso), carbonato de calcio, calcita y fosfoyeso, actúan en forma importante como enmiendas, ya que aportan calcio a la solución. Otros mejoradores químicos de gran efectividad, son las sustancias ácidas o formadoras de ácidos (ácido sulfúrico, sulfato de aluminio y hierro, pirita y azufre), los cuales son capaces de reaccionar con el carbonato de calcio presente en el suelo, liberando el calcio a la solución (Pizarro, 1985; Grupta y Abrol, 1990). La elección de mejoradores depende de la disponibilidad, costo y efectividad de los mismos.

El yeso ha sido la fuente de calcio mas utilizada en el mejoramiento de los suelos afectados por sodio, debido a su bajo costo y porque es capaz de aumentar la concentración de electrolitos y mantener la infiltración del suelo (Frenkel *et al.*, 1989). Una vez que la enmienda entra en contacto con la masa del suelo, comienza a reaccionar y actuar el yeso como corrector;

en primera instancia, el calcio aportado por el yeso, y mediante el intercambio catiónico, empieza a desplazar el Na^+ adsorbido en las arcillas del suelo, produciendo una reducción progresiva del pH; este reemplazo se produce por que 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 (Niborski, 2000).

Una mejora que puede ocurrir, es en la tasa de infiltración del suelo, debido a la acción flocculante que ejercen los cationes Ca^{++} y Mg^{++} .

Diversos trabajos han sido realizados sobre suelos afectados por sodio, usando yeso como material corrector.

Existen en el país antecedentes sobre el uso de estos correctores; así técnicos de la Universidad de Mendoza, conjuntamente con integrantes de la empresa Repsol-YPF, realizaron un ensayo sobre suelos con exceso de sodio, en la provincia de Neuquén; la zona en cuestión, presenta en gran proporción suelos de texturas medias a gruesas, que poseen una capacidad de retención hídrica reducida; como conclusiones generales, comunicaron que los suelos de la zona son tratables, pero debido a las bajas velocidades de infiltración que poseen, el proceso de recuperación será lento; también mencionaron que el mezclado del yeso con el suelo, ayuda a acortar los tiempos para que la enmienda haga su efecto (López *et al.*, 2003).

Moreno *et al.*, (2006), reporta que la aplicación de yeso, en dosis de 2 y 6 t ha^{-1} , a un Haplustol éntico, situado en Villa María (Córdoba), produjo descensos en los valores de pH; la mayor dosis (6 t ha^{-1}) permitió reducir el pH hasta los 50 cm de profundidad. Otro indicador considerado fue la CE, esta aumentó en los tratamientos con yeso, debido a que la solubilización de este, aporta sales a la solución del suelo.

Mendoza y Barberis (1980), señalaron que al agregar yeso a un Natracualf de la serie Poblet, Partido de Magdalena (Buenos Aires), disminuyó el pH, la relación de adsorción de sodio (RAS) y el PSI, y aumentó la CE; la producción de materia seca a igual dosis de yeso, estuvo en función de la intensidad de lavado.

Lazovich *et al.* (1985), hallaron que el yeso fue la enmienda mas eficiente para desplazar el sodio en un Natracuol de la serie Guido, en Balcarce; en este mismo suelo, tiempo después, Costa y Godz (1999), comunicaron que la mejora del mismo, inducida por el agregado de yeso, favoreció la implantación de pasturas y duplicó la producción primaria de forraje. Esto coincide con lo expuesto por Quintero *et al.* (2003), quienes realizaron un ensayo a campo desde el año 1997 al 1999, en el Departamento Tala (Entre Ríos); la experiencia se realizó sobre un Argiudol vértico, disperso, afectado por sodio, con baja salinidad y pH neutro; los autores concluyeron que el yeso aplicado, permitió recuperar las condiciones físicas del suelo, lo cual incrementó la

productividad de forraje, posibilitando también una mayor eficiencia en la utilización del fertilizante por parte del cultivo.

El mejoramiento de propiedades hidráulicas de los suelos sódicos por efecto del agregado de yeso ha sido mencionado por numerosos autores y asociado al estado de dispersión - floculación del coloide. Quirk y Schoffield (1955), indican que mientras la concentración de la solución del suelo se aumente por encima de un valor límite, la dispersión será mínima y la conductividad hidráulica (K) aumentará. Ilyas *et al.* (1993), mencionan que la K de parcelas a las que se agregó yeso duplicó a aquellas en que no se agregó.

Como se mencionó al principio de este capítulo, una importante superficie de suelos situados en Villa María, presentan condiciones adversas que limitan el desarrollo de la alfalfa, originando sectores manchoneados en los lotes, producidos por altos contenidos de sodio intercambiable, y en menor medida de sales solubles. El análisis y búsqueda de soluciones a esta problemática que afecta a la pastura, es de singular importancia, ya que incide directamente en los índices productivos y económicos de la explotación.

Una alternativa para la solución de esta problemática, es realizar un estudio sobre la influencia de una enmienda cálcica en la remoción del sodio intercambiable y la lixiviación de sales, en condiciones de secano.

1.2. Hipótesis:

El agregado superficial de una enmienda cálcica a un Suelo Haplustol típico -ubicado en Villa María- y su posterior solubilización e incorporación al suelo, mejorará la dinámica hídrica al disminuir el contenido de sodio intercambiable. Esto favorecerá el descenso del frente de sales, aumentando el sector del perfil explorable por las raíces. Por otra parte, el pH descenderá, mejorando la disponibilidad de nutrientes para la pastura. De esta manera, se generarán mejores condiciones para la producción de alfalfa.

1.3. Objetivos:

- General:

- Realizar un seguimiento en el tiempo de la disolución de la enmienda aplicada, a través de la variación de la CE, y observar su influencia sobre el pH y la dinámica hídrica.

- Específicos:

- Cuantificar periódicamente, a través de la CE, la disolución de la enmienda y su lixiviación a través del perfil.
- Evaluar la velocidad de infiltración y la variación del contenido hídrico del suelo.
- Determinar la evolución del pH del suelo.
- Determinar la producción de materia seca.

CAPITULO 2

MATERIALES Y METODOS

2.1. Caracterización del área de estudio

El área en cuestión, 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).

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).

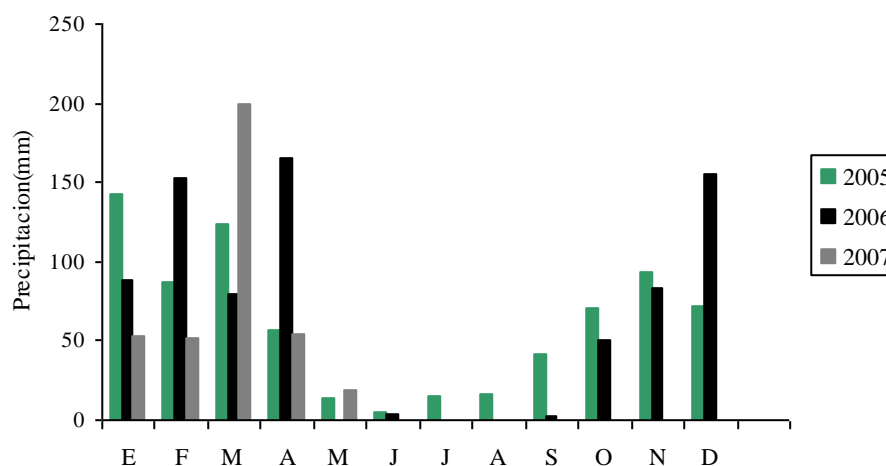


Figura 1. Distribución de precipitaciones en el período comprendido entre enero 2005 y mayo 2007.

El relieve es subnormal, en un paisaje muy plano; la pendiente regional presenta una dirección oeste-este, y con un gradiente menor al 0,5 %.

El suelo es un Haplustol típico, con fases por alcalinidad y salinidad a distintas profundidades (Hampp, comunicación personal); dichas fases se encuentran a menor profundidad en la situación donde los cultivos manifiestan manchoneo (M).

La capa freática oscila entre los 2 y 3 m de profundidad; el agua de la misma tiene una C.E. de aproximadamente 2 mS cm⁻¹, contiene distintos tipos de sales sódicas, con predominancia de sulfato de sodio (Hampp *et al*, 2004).

La experiencia se realizó sobre una pastura de alfalfa (*Medicago sativa* L.), cv. Araucana (grupo 8-9); la misma fue sembrada el 15 de marzo de 2005.

Tabla 1. Características del perfil del suelo afectado con la problemática (Manchón).

| Horizonte | Prof. (cm.) | Estructura | 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 |
| A3 | 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 |

2.2. Características de la experiencia

2.2.1. 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).

2.2.2. Enmienda

La enmienda utilizada fue yeso (CaSO₄ 2H₂O). Se usaron dos tipos de productos: el primero, yeso molido con un 67% de pureza. El segundo producto, es un yeso pelletizado con 95% de pureza y una granulometría de 500 micrones.



Figura 2. Detalle de la aplicación de la enmienda en uno de los sectores afectados.

2.2.2.1. Aplicación y tratamientos

La enmienda se aplicó en superficie y al boleó, en el mes de noviembre de 2005. Se definieron los siguientes tratamientos:

- Testigo (T): sin aplicación.
- Dosis Agronómica (DA): 2000 kg $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de producto comercial, equivalente a 1340 kg de yeso puro.
- Dosis Máxima (DM): 4000 kg $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ de producto comercial, equivalente a 2680 kg de yeso puro.
- Perlado (P): 2000 kg $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ que equivale a 1900 kg de yeso puro.

La mayor dosis, DM, se determinó utilizando el método propuesto por Yágodin *et al* (1986), en donde la cantidad de producto a aplicar esta en función de los valores de PSI actuales o iniciales, y los futuros o esperables (anexo 1). Para DA y P se tuvieron en cuenta otros criterios, relativos a aspectos prácticos y económicos.

2.2.3. Muestreos de suelo

Se realizaron en los meses de abril, junio y octubre de 2006, y en marzo de 2007.

Las profundidades de muestreo para todos los tratamientos, fueron: 05-15; 20-30; 35-45 y 50-60 cm.

De esta manera, se analizaron un total de 192 muestras de suelo, determinándose para cada una de ellas: CE, pH, y contenido hídrico

La secuencia de muestreos no tuvo un patrón temporal fijo o predeterminado; se tomó 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.

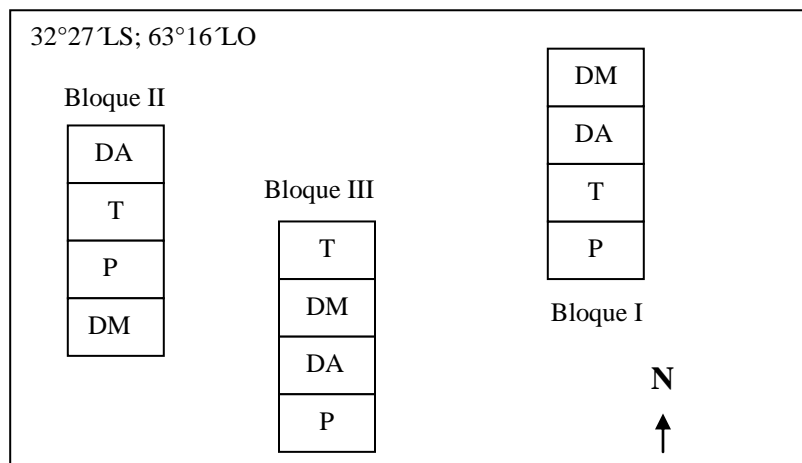


Figura 3. Distribución de los bloques y tratamientos en el ensayo.

2.3. Parámetros evaluados y determinaciones

A continuación se detallan los parámetros evaluados en este trabajo:

- **Conductividad Eléctrica (CE):** relación suelo-agua 1:1 (Richards, 1973).
- **pH:** relación suelo-agua 1: 2,5; método potenciométrico.
- **Contenido Hídrico:** por gravimetría, secado en estufa a 105 °C, hasta peso constante.

- **Infiltración:** por el método del permeámetro de disco (Gil, R. C. INTA s/f). Para determinar este parámetro, se quitaron los 20 cm superficiales de suelo, colocándose el permeámetro a esa profundidad. En el mes de marzo de 2007, se realizaron lecturas de infiltración hasta los 70 minutos, en todos los tratamientos y bloques.

- **Materia Seca:** muestreo al azar, empleando un aro de 0.25 m². Las muestras obtenidas se colocaron en estufa a 65 °C, hasta peso constante. Las mismas fueron tomadas en el mes de diciembre de 2006, en todos los bloques.

2.3.1. Análisis estadístico:

Los datos de pH y CE, fueron sometidos al análisis estadístico ANADEVA (INFOSTAT, 2008). La separación de medias se realizó mediante el test LSD al 10 % de probabilidad.

CAPITULO 3

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Consideraciones

Del análisis estadístico de los datos de CE y pH, surge, que entre las variables tiempo-dosis no se establece interacción (anexo 2), por ello, el análisis de los resultados se realizará basándose en las tendencias de las relaciones CE-dosis-tiempo y pH-dosis-tiempo, en cada profundidad evaluada, para ajustarse a las restricciones que la estadística impone.

3.2. Análisis de la Conductividad Eléctrica

La figura 4, muestra la variación de CE, en todos los tratamientos, para las distintas fechas de muestreo y para la profundidad de 05-15 cm.

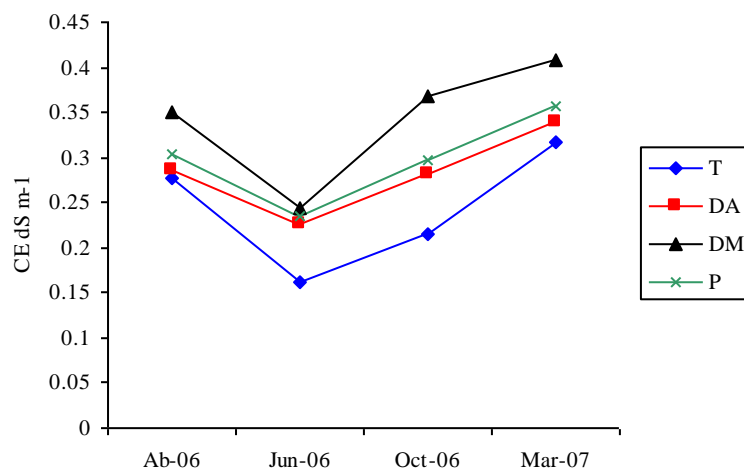


Figura 4. Fluctuación de los valores de CE en el tiempo. Profundidad 05-15 cm.

La curva de T indica la variación natural de este parámetro con el tiempo. En los tratamientos donde se agregó sulfato de calcio (DM, DA y P), se observa un patrón de variación similar a T.

A los 6 meses de agregada la enmienda (abril de 2006), se observan cambios importantes en la CE para el tratamiento DM; debido a que la dosis agregada de sulfato de calcio fue mayor, la disolución de la sal, produjo una concentración cuantitativamente más importante de iones en la solución del suelo. Si bien, la cantidad de precipitaciones (485 mm), el contenido hídrico del suelo (20 %) en el momento del muestreo, y el tiempo transcurrido, fueron los mismos para

todos los tratamientos, la menor dosis en DA y P, no modificaron sustancialmente el contenido de sales.

En junio de 2006 se registran los menores valores de CE en todos los tratamientos, pero DA y P se alejan de T, elevándose el valor de los primeros, llegando prácticamente a igualar el valor de DM. En esta época del año es esperable que las sales se concentren, ya que las precipitaciones disminuyen marcadamente al igual que la evapotranspiración, con lo cual, consecuentemente, tienden a elevarse los valores de CE; en el año de referencia precipitaron 165 mm en el período abril-junio, y si bien el contenido hídrico fue menor que en abril (ver figura 8), la lluvia caída y la disminución de la ETP, permitió que las sales naturalmente presentes y la agregada, descendieran a mayores profundidades en el perfil, produciendo en consecuencia, los mas bajos valores de CE en el total del período evaluado.

En el período junio-octubre de 2006 las precipitaciones fueron prácticamente nulas (6 mm), el contenido hídrico del suelo continuó disminuyendo, pero a diferencia del muestreo anterior, el contenido salino aumentó en todos los tratamientos siguiendo la secuencia $DM > DA \cong P > T$. Este comportamiento podría atribuirse a que las sales ascendieron por capilaridad, como resultado del aumento de la evaporatividad atmosférica, siendo más notable en el tratamiento de mayor dosis.

El muestreo realizado en marzo de 2007 manifiesta esta misma tendencia, pero a diferencia del período anterior, debido al mayor contenido hídrico del suelo, puede hipotetizarse que la disolución del yeso causó un aumento en la CE.

Para la segunda profundidad de muestreo (figura 5) se observa que el tratamiento P tiene un comportamiento muy diferente al resto, en cuanto a los valores y a la fluctuación con el tiempo. Esto sería consecuencia de la mayor velocidad de solubilización de esta presentación comercial de la enmienda, la cual habría permitido que los iones provenientes del yeso o de la sal neoformada (SO_4Na_2), desciendan desde la profundidad suprayacente con mayor rapidez, en comparación a los demás tratamientos. Los tratamientos DA y DM, tienen lógicamente mayores valores de CE que T, pero a diferencia de P, éstos tienen similitud en cuanto a la fluctuación que manifestó T, durante el período evaluado.

En el mes de abril de 2006, se observa una clara diferencia de los tres tratamientos con respecto a T. El tratamiento P, muestra los valores mas elevados de CE, posiblemente por las razones que se mencionaron con anterioridad; la diferencia entre DM y DA se debe a la dosis aplicada.

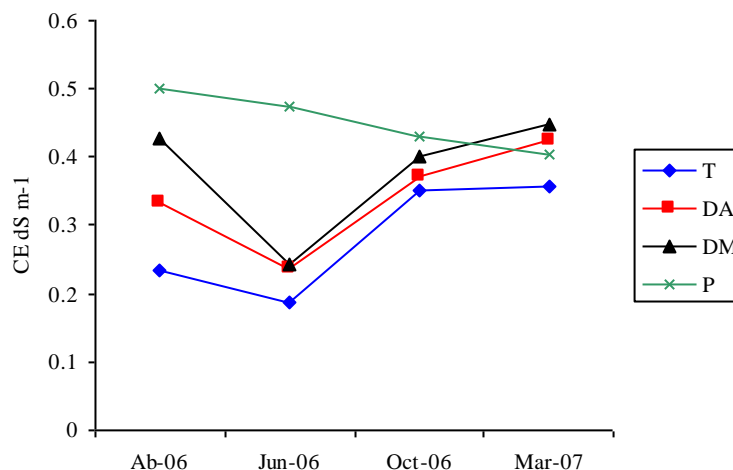


Figura 5. Fluctuación de la CE en el tiempo. Profundidad 20-30 cm.

En el mes de junio, se aprecia que los valores de CE descienden, en comparación al mes de abril, para todos los tratamientos, a pesar de que el contenido hídrico del suelo es menor; las razones son las mismas que justifican los valores encontrados en este período para la capa superior.

En el período junio-marzo, la tendencia de las curvas de los tratamientos DM y DA, indica que el contenido de sales se incrementa, hasta llegar a un máximo en el mes de marzo; en el tratamiento P, el contenido de sales decrece, probablemente debido a que la enmienda se agotó o se lixivió a mayores profundidades.

Como se puede observar, las dosis aplicadas -DM, P, y DA, en menor medida- produjeron una elevación de los valores de CE con respecto a T, en todas las fechas de muestreo; esto indicaría que parte de la enmienda aplicada en los tratamientos, se solubilizó, y por efecto del lixiviado llegaron a esta profundidad.

En lo que respecta a la tercera profundidad de muestreo, las curvas de CE tuvieron un patrón de comportamiento diferente, en comparación a las profundidades anteriores; tal como se aprecia en la figura 6, los valores de CE en los tratamientos P, DM y DA, se incrementan gradualmente en el tiempo.

Este comportamiento podría deberse a varias razones; entre ellas merecen citarse las siguientes: primero, que la disolución de la enmienda, y posterior lixiviación del sulfato de

sodio, provocó la acumulación de sales en esta profundidad; segundo, que parte de la enmienda aplicada sigue disolviéndose.

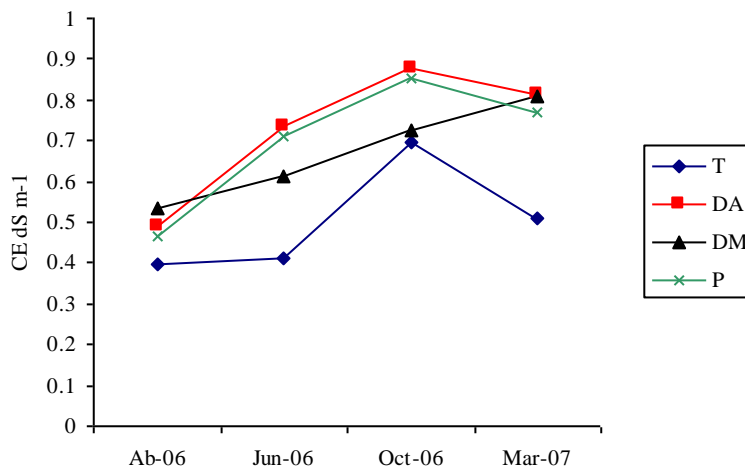


Figura 6. Fluctuación de la CE en el tiempo. Profundidad 35-45 cm.

En consecuencia, el comportamiento de la CE, en DA y P podría explicarse por la permeabilidad en esta porción del perfil, la cual se ve afectada por los elevados valores de PSI (tabla 1), perjudicando el movimiento de las sales hacia horizontes subyacentes, lo que provocaría una concentración gradual de sales en dicha profundidad; por el contrario, en DM este fenómeno no es tan manifiesto ya que la mayor dosis aplicada ha permitido una mayor lixiviación de las sales.

Analizando el comportamiento de T, se observa que en el periodo abril-junio, no hay diferencias en la CE; la razón, en cuanto a esta paridad en el contenido salino, podría deberse a la reducción de la demanda evaporativa (ambiente) y transpiratoria (pastura), que disminuyen el ascenso y concentración de sales. En el resto de los tratamientos, el comportamiento fue diferente, como ya se explicó en párrafos anteriores, debido a que la enmienda aplicada aportó sales a la solución del suelo.

En el período junio-octubre, los tratamientos DA, DM, y P, tuvieron un comportamiento semejante al de T, observándose un incremento en los valores de CE; posiblemente, la escasez de precipitaciones determina una menor solubilización de la enmienda, afectando también el movimiento de las sales dentro del perfil, lo cual justifica que la diferencia en los valores de CE entre los meses de junio y octubre, para los tratamientos enyesados, no sea importante.

En el último periodo evaluado (octubre-marzo), se observa una disminución de la CE, para los tratamientos T, DA y P; esto podría atribuirse a las precipitaciones estivales, que posibilitaron aumentar la disolución de las sales (aportadas por el yeso, y las que naturalmente posee el suelo); no se podría aseverar, por las contradicciones encontradas, que el comportamiento de la CE, este asociado a una mejora en la permeabilidad, ya que el tratamiento T, también manifiesta esta tendencia, pero, si se observa las curvas de contenido hídrico para esta profundidad (figura 10), los tratamientos DA y P, al igual que DM, tienen menor humedad que T, lo que supondría algún tipo de mejora en la permeabilidad de los tratamientos enyesados. En el caso de DM, si bien tuvo valores finales semejantes a DA y P, la tendencia observada en este periodo es opuesta a la de los tratamientos mencionados, posiblemente debido a que la dosis aplicada (4000 kg ha^{-1}) esté aportando mayor cantidad de sales a la solución del suelo; sin embargo, se podría decir, que este tratamiento produjo mejoras en la permeabilidad de esta profundidad, en mayor magnitud con respecto a los demás (DA y P), debido a la semejanza de valores de CE, y a la notable diferencia entre las dosis empleadas.

La solubilización de la enmienda dependió en gran medida de las precipitaciones. La enmienda aplicada y las sales formadas, están sujetas a procesos de solubilización-lixiviación cuando el balance hídrico es positivo ($P_p > ETP$), y a procesos opuestos (ascenso capilar-concentración) cuando el mismo sea negativo (Porta Casanellas *et al.*, 1994); teniendo en cuenta esto, y las características sódicas que prevalecen desde los 35 cm de profundidad, es esperable que las sales se concentren en esta profundidad. El exceso de sodio estaría perjudicando la remoción de sales, debido a la degradación que produce en la estructura y el sistema poroso, prevaleciendo entonces los procesos de acumulación y ascenso capilar.

En la figura 7 se expresa el comportamiento de la CE en la última profundidad de muestreo; no se observan diferencias notorias entre los tratamientos y el testigo; esto se puede deber, a que el yeso aplicado no alcanzó dicha profundidad.

Lo que se pudo observar en las tres primeras profundidades, aunque sin diferencias estadísticamente significativas (tabla 2), es que la conductividad eléctrica (CE) aumento en aquellos tratamientos en donde se empleo yeso; esto coincide con lo comunicado por Quintero *et al.*, (2003), en donde la aplicación de esta enmienda, en dosis de 3, 6 y 9 tn/ha, a un Argiudol vertico, incremento la CE, pasando de 0,35 a 1,49 dS m^{-1} , en la mayor dosis.

Al respecto, Costa y Godz (1999), realizaron un ensayo sobre un suelo Natracuol típico de la serie Guido (Pcia. de Bs.As.), en el cual se evaluó el efecto de la aplicación de yeso sobre la producción primaria de forraje y las propiedades químicas del suelo, durante 11 años (1983-

1993). Encontraron resultados similares (pero con diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos y el testigo) al del presente trabajo, en donde la aplicación de yeso produjo

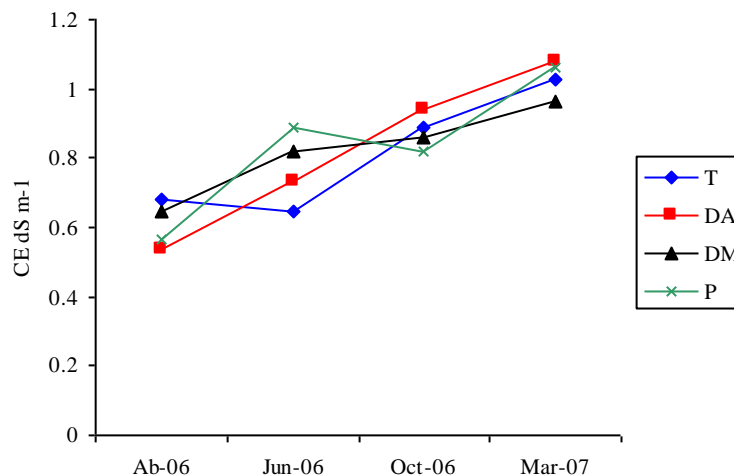


Figura 7. Fluctuación de la CE en el tiempo. Profundidad 50-60.

aumentos en los valores de CE con respecto a testigo, entre los años 83-87; emplearon dosis de 15, 35 y 60 t ha⁻¹ incorporadas al suelo a 10 cm de profundidad. A partir del quinto año de aplicada la enmienda y con 6500 mm acumulados, los tratamientos manifestaron descensos de CE, tomando valores inferiores al testigo, en los primeros 20 cm de profundidad. El yeso, produjo una mejora en la infiltración, permitiendo el lavado de sales. Este hecho no se pudo corroborar en el presente trabajo, ya que en el transcurso de los 17 meses del ensayo, los tratamientos DA, DM y P, siempre tuvieron mayores valores de CE que T, hasta los 45 cm de profundidad. Esto lleva a pensar, que las dosis aplicadas y el tiempo de evaluación, no fueron suficientes para convalidar parte de la hipótesis planteada en este trabajo

Tabla 2. Valores promedios de CE, según tratamientos y profundidad.

| | 05-15 cm. | 20-30 cm. | 35-45 cm. | 50-60 cm. |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Testigo. | 242 a | 293 a | 616 a | 931 a |
| Dosis Agr. | 314 a | 342 a | 772 a | 822 a |
| Dosis Máxima. | 341 a | 417 a | 670 a | 822 a |
| Pelletizado. | 309 a | 472 a | 774 a | 834 a |

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Test LSD.

Según Oster (1982), se logra una adecuada infiltración de agua, siempre y cuando la concentración de electrolitos aportados por el yeso, sea suficiente para mantener floculado el coloide, lo cual, indirectamente, favorece el lavado de sales. Si bien no hubo descenso del frente salino, el yeso aplicado mejoro la tasa de infiltración (inciso 3.5); seguramente, el empleo de dosis mayores a las usadas, hubiesen permitido lixiviar una mayor cantidad de sales.

3.3. Dinámica del Contenido hídrico

La figura 8 muestra la variación del contenido hídrico en el tiempo, para la primera profundidad analizada. De la misma surge que hay un patrón de variación similar, y valores muy cercanos para todos los tratamientos en cada fecha de muestreo, que estarían relacionados a la distribución de precipitaciones en el año.

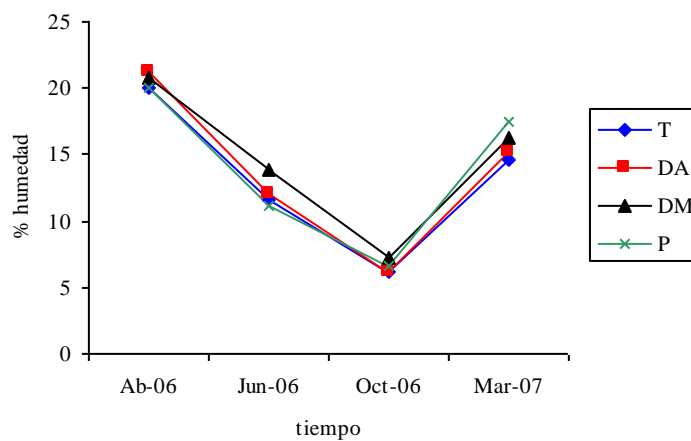


Figura 8. Variación temporal del contenido hídrico. Profundidad 05-15 cm

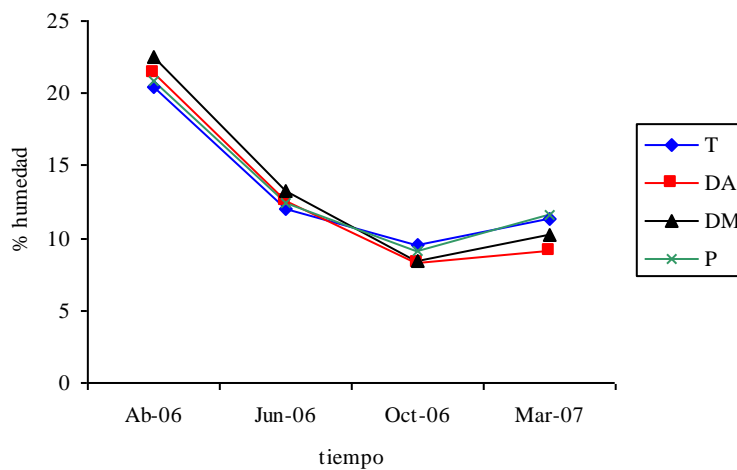


Figura 9. Variación temporal del contenido hídrico. Profundidad 20-30 cm

Esto evidencia, que en esta porción del perfil, la fluctuación del contenido hídrico está en estrecha relación al aporte de las precipitaciones, a la demanda ambiental, y al consumo por parte de la pastura.

En cuanto a la segunda profundidad evaluada, la variación del contenido hídrico con el tiempo es muy similar entre los tratamientos (figura 9), no obstante, para la última fecha evaluada, se comienza a ver un comportamiento diferente en DA y DM, donde el contenido hídrico de estos, se reduce levemente con respecto a T; esto, quizás sea resultado de una muy leve mejora en la condición físico-química del coloide, que mejora la conductividad hidráulica del suelo.

Este efecto explicado en el párrafo anterior, cobra relevancia en la tercera profundidad evaluada, según se observa en la figura 10.

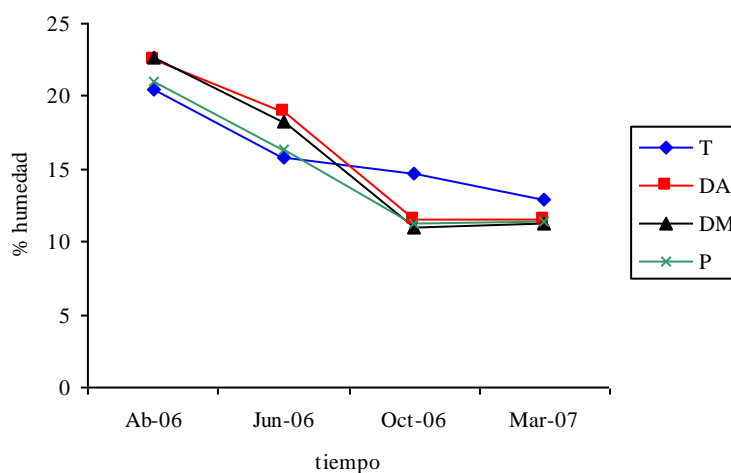


Figura 10. Variación temporal del contenido hídrico. Profundidad 35-45 cm.

Los efectos de la enmienda, entre los 20 y 45 cm (figuras 9 y 10), en lo referente a una posible mejora en la conductividad hidráulica del suelo, en el periodo octubre-marzo, pueden deberse a lo observado en las curvas de infiltración (figura 16), en donde los tratamientos DM, DA y P, mejoraron las tasas de infiltración, en comparación a T, entre los 10 y 70 minutos.

Otra observación que merece ser mencionada, se relaciona al comportamiento que tuvieron las curvas en los primeros dos muestreos (abril-junio); la tendencia indica, que los tratamientos presentaron, porcentualmente, mayor humedad que T (figuras 8 a 11), lo que supone algún efecto de la enmienda sobre el contenido hídrico de los tratamientos en este lapso

de tiempo. De acuerdo a los resultados comentados sobre la CE (inciso 3.2.), se mencionó que la enmienda provocó un aumento en el tenor salino de la solución del suelo; esto podría ser la causa de la mayor humedad encontrada en los tratamientos DA, DM y P. Según Porta Casanellas (1994), la diferencia que existe en los valores de humedad, comparando un suelo salino de uno que no lo es (o lo es en menor proporción), se debe a que los primeros tienen un potencial osmótico mayor en la solución del suelo, razón por la cual se enlentece el traslado de agua líquida por potenciales matrices en flujo no saturado, aumentando por consiguiente la humedad edáfica.

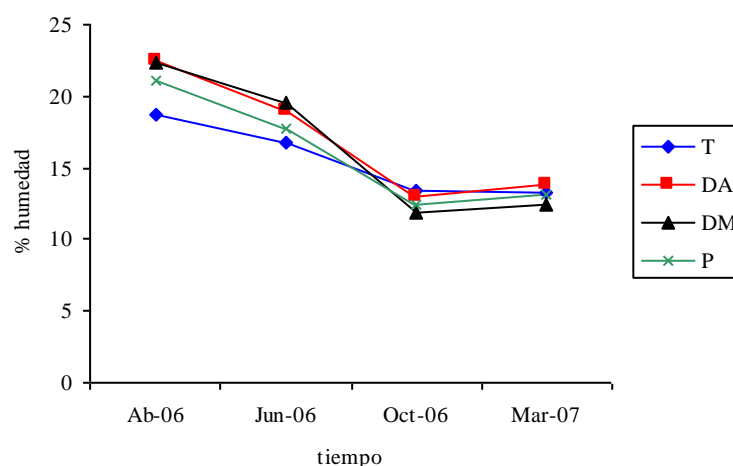


Figura 11. Variación temporal del contenido hídrico. Profundidad 50-60 cm.

Al respecto de lo mencionado en el párrafo anterior, cabe hacer algunas aclaraciones: los tratamientos DA, DM y P, siempre tuvieron mayores valores de conductividad eléctrica (CE) que T, lo que supondría, de acuerdo a lo mencionado por el autor, una mayor humedad en los tratamientos enyesados; esto se observó en los primeros 2 muestreos, pero no en los siguientes. Sería difícil determinar el porqué de este comportamiento, pero si consideramos que las diferencias de CE entre los tratamientos y T, no son lo suficientemente importantes, se podría decir que el yeso aplicado fue más importante, en cuanto a los efectos producidos, en la floculación del coloide, que el mismo, en el enlentecimiento del movimiento de agua; quizás, el efecto de la enmienda sobre el coloide, este siendo importante a partir del mes de octubre.

La fluctuación que se observa en el contenido hídrico de la figura 11, fue fundamentada en la profundidad anterior.

3.4. Análisis de pH

A continuación se detallan los valores promedios de pH para cada tratamiento (tabla 3).

Haciendo un análisis general, se observa que la aplicación de yeso permitió disminuir, aunque en forma leve, el pH para las dos primeras profundidades, ya que T siempre tiene mayores valores en comparación a los otros tratamientos; la reducción en los valores de pH, se justificaría por el predominio de los aniones sulfatos, por sobre los de carbonato y bicarbonato (Millar *et al.*,1971).

En la primera profundidad (05-15 cm), se observaron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos, lo que supone que la enmienda, en sus distintas dosis, redujo los valores de pH. No ocurre lo mismo en la siguiente profundidad (20-30); el tratamiento DM es el único estadísticamente significativo con respecto al control.

Entre los 35 y 45 cm no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos enyesados y T; tal como sucede en las profundidades anteriores, DM sigue siendo el tratamiento que más se diferencia de T.

En resumen, en el período de 16 meses analizado, se detecta una leve tendencia, en la que el pH se reduce por efecto de la enmienda aplicada en las primeras 2 profundidades; en la siguiente, el efecto solo se manifiesta en DM. Posiblemente las menores dosis de DA y P, no fueron suficientes para modificar el pH del suelo.

Tabla 3. Valores promedios de pH de acuerdo al tratamiento y la profundidad.

| | 05-15 cm. | 20-30 cm. | 35-45 cm. | 50-60 cm. |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Testigo. | 6.61 b | 7.48 b | 8.36 a | 9.37 a |
| Dosis Agr. | 6.04 a | 6.77 ab | 8.88 a | 9.33 a |
| Dosis Máxima. | 5.98 a | 6.31 a | 7.94 a | 9.33 a |
| Pelletizado. | 6.11 a | 6.95 ab | 8.55 a | 9.28 a |

Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Test LSD.

3.4.1. Variación de pH en el tiempo, según tratamiento y profundidad

La figura 12, muestra la variación en el tiempo, de este parámetro para la profundidad 05-15 cm.

Como se puede observar, el testigo siempre toma valores mayores de pH que los tratamientos restantes; si bien las diferencias en el transcurso del tiempo no son de gran magnitud con respecto a T, se puede decir que la aplicación de la enmienda, en sus tres dosis, permitió reducir los valores de pH; las diferencias más notorias se dan, en general, entre DM y

T. El pH de los suelos tiende a aumentar en las épocas invernales, debido a que no solo disminuye la actividad respiratoria de las raíces y microorganismos, si no también las precipitaciones, por lo cual, se reduce la producción de ácido carbónico y la solubilización de la enmienda (Rengasamy y Olson, 1991)

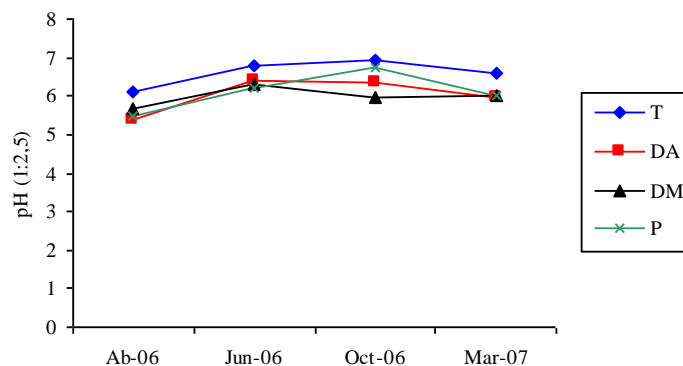


Figura 12. Fluctuación de pH en el tiempo. Profundidad 05-15 cm.

En el periodo junio-octubre, los valores de pH, para DA y DM, son muy similares, a excepción de P que se acercan a T.

De octubre a marzo la tendencia de este parámetro, es a disminuir o mantenerse, debido a que al ser una época de precipitaciones, se ve favorecida la solubilización, y por ende el aporte de aniones sulfato acidificantes; otra razón es la importante producción de ácido carbónico en los primeros centímetros del perfil del suelo.

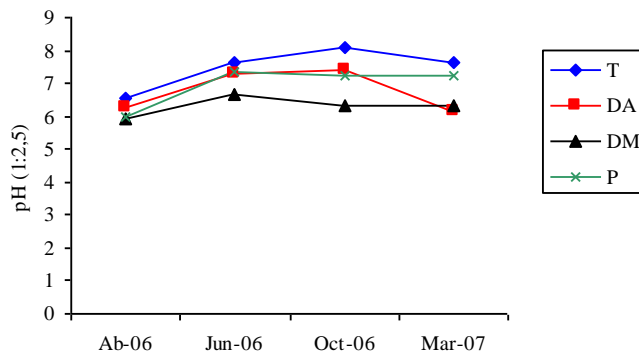


Figura 13. Fluctuación de pH en el tiempo. Profundidad 20-30 cm.

En la segunda profundidad (figura 13), se observa una tendencia semejante a la anterior, donde el pH del suelo en las parcelas con enmienda, es menor que en T; la reducción de pH más importante se sigue manifestando entre DM y T. Los tratamientos DA y P, muestran un comportamiento distinto a DM, posiblemente debido a la diferencia de dosis aplicada; no obstante el pH en DA y P también fue menor que el de T.

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 14).

En DM, a diferencia de T, DA y P, los valores de pH tienen una escasa fluctuación en el tiempo; esta particularidad se podría justificar por la mayor dosis aplicada en este tratamiento, lo que produciría un aporte de aniones en mayor magnitud a la solución del suelo.

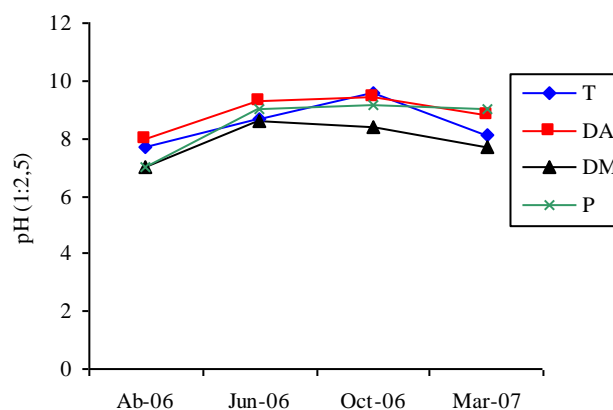


Figura 14. Fluctuación de pH en el tiempo. Profundidad 35-45 cm.

En la anteúltima profundidad (figura 14), se observa que el efecto de la aplicación de la enmienda es prácticamente nulo en los tratamientos DA y P; al igual que en las profundidades suprayacentes, DM sigue siendo el tratamiento que más modificó el pH, pero en menor magnitud. Esto indicaría que en suelos de características similares al de la experiencia, se necesitarían dosis mínimas de 4 t ha^{-1} , para producir alguna reducción en los valores de pH hasta los primeros 45 cm del perfil.

Entre los 50 y 60 cm, no se observaron diferencias entre el testigo y los tratamientos (figura 15). El motivo, seguramente se debe a la gran proporción de carbonatos y bicarbonatos que predominan, y a la escasa llegada de la enmienda, a esa profundidad.

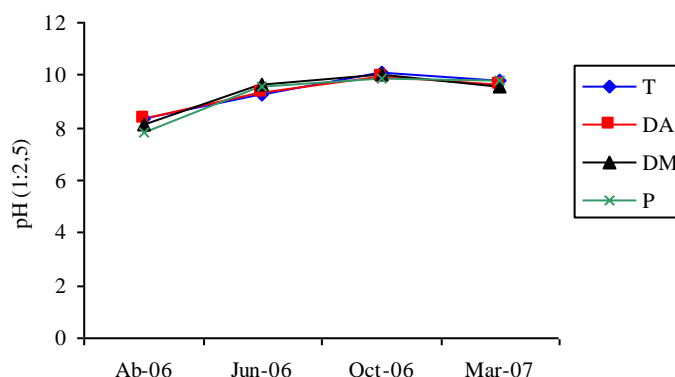


Figura 15. Fluctuación de pH en el tiempo. Profundidad 50-60 cm.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que el yeso aplicado permitió reducir el pH en algunas situaciones, según profundidades y dosis (tabla 3). Esto coincide con lo comunicado por Moreno *et al.*, (2006), quienes reportan que la aplicación de yeso en un Haplustol éntico, en dosis de 2 y 6 t ha⁻¹, produjo un descenso en los valores de pH; el tratamiento testigo siempre tuvo mayor pH, en comparación a los otros tratamientos (2000 kg ha⁻¹ y 6000 kg ha⁻¹), en todas las profundidades evaluadas; se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la dosis mayor y los tratamientos restantes, en la profundidad comprendida entre 10-30 cm. Esta coincidencia general, en cuanto a los resultados, cobra más relevancia aún, si se tiene en cuenta que ambos trabajos fueron realizados bajo similares condiciones climáticas (Villa María), lo que daría mayor confianza a los resultados obtenidos. Otros autores (Quintero *et al.*, 2003; Costa y Godz., 1999), aunque en condiciones experimentales distintas (clima, suelo, dosis, y tiempo de evaluación), encontraron resultados semejantes a los ya mencionados.

Por su parte Redly y Darab (1981), dicen que los valores de pH, generalmente, son menores después de la aplicación de yeso, pero aclaran que los cambios en los mismos, usualmente exceden el error de análisis, cuando el número de muestras es reducido.

3.5. Velocidad de infiltración

La figura 16, muestra la velocidad de infiltración en función del tiempo para los diferentes tratamientos, medida a los 20 cm de profundidad. Se realizó a esta profundidad por que allí el PSI es de 5.96, para pasar a los 34 cm a 61.70 (Tabla 1), por lo que se hipotetizó que a partir de los 20 cm se produce una acumulación salina (SO_4Ca y SO_4Na), y es por lo tanto a esa profundidad de suelo, donde se detectaría más rápidamente el efecto del yeso agregado.

En la misma se observa que a partir de los 10 minutos de lectura comienza a evidenciarse el efecto del agregado de la enmienda y que éste se mantiene hasta los 70 minutos, registrándose en ese momento, valores de 20, 9, 12 y 11 mm para DM, T, DA y P, respectivamente.

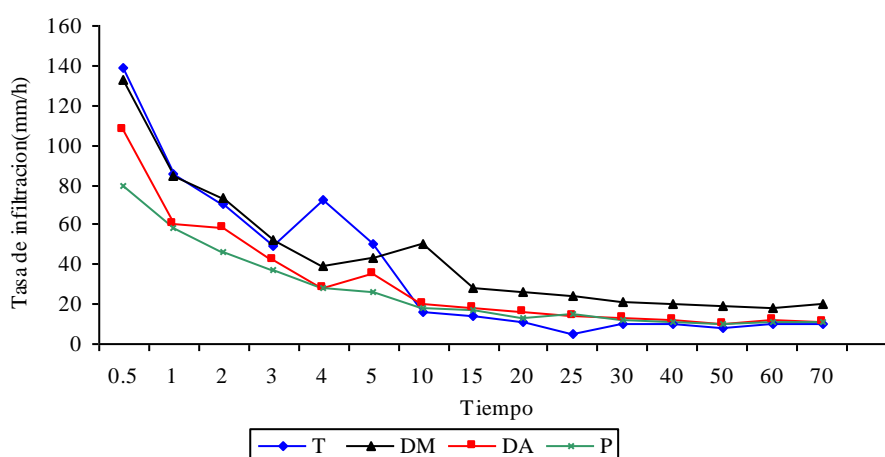


Figura 16. Velocidad de infiltración de los tratamientos.

El agregado de yeso provocó un aumento de la velocidad de infiltración, la que se atribuye a la mejora en la condición del coloide debido al incremento de la CE por efecto del agregado del yeso y al reemplazo de Na^+ intercambiable por Ca^{++} y la consecuente formación de SO_4Na_2 . Si bien Redly y Darab, (1981) citan que los valores promedio del producto de solubilidad termodinámico (es decir el producto de la actividad del ión sulfato por el ión calcio en la solución) son generalmente bajos, y se aproximan solo en algunos pocos casos, al producto de solubilidad del sulfato de calcio encontrado en la literatura, se produciría un aumento de la actividad iónica lo suficientemente importante como para mejorar la condición del coloide. Por lo tanto se considera que el agregado de yeso y su posterior disolución provocan un incremento de iones en la solución del suelo, lo que induce la floculación del coloide e incrementos de la velocidad de infiltración.

El reemplazo de Na^+ intercambiable por Ca^{++} , que es en definitiva lo que permitiría mantener elevada la infiltración en el tiempo, ocurriría al producirse el lixiviado de sales del suelo o el SO_4Na_2 formado por el agregado del yeso, pero para que ello ocurra se necesitaría de períodos de tiempo más largos, fenómeno que no se registró en ninguno de los tratamientos, por lo que se atribuye el aumento de la infiltración al mayor contenido salino (ítem CE).

3.6. Producción de materia seca

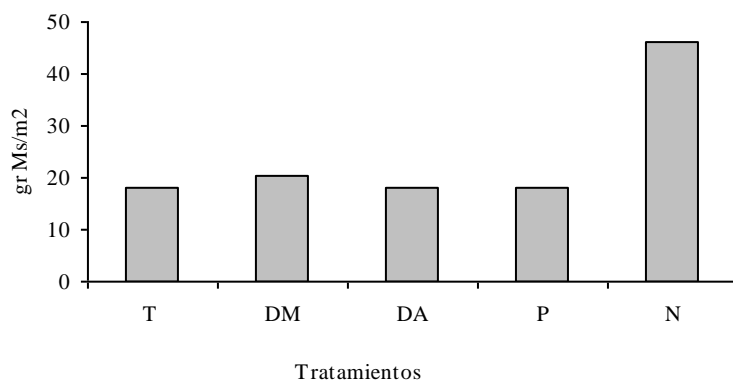


Figura 17. Producción de materia seca, para los distintos tratamientos en comparación a la situación normal (N).

En la figura 18 se observan los valores promedios de materia seca de los tres bloques medidos en Diciembre de 2006. Se denominó normal a la superficie del suelo en donde no se observaron manchones y el cultivo de alfalfa no demostró problemas para crecer y desarrollarse.

Si bien los datos obtenidos pertenecen a un único muestreo, se observó una mayor producción de materia seca en el tratamiento DM; esta respuesta se atribuiría a una mayor disponibilidad de nutrientes, producto de la disminución de pH en las tres primeras profundidades evaluadas (figuras 12, 13 y 14), y a una mejor oferta hídrica en el perfil del suelo (curvas de infiltración, figura 16). Quintero *et al.*, 2003, coinciden con estos resultados, pero respaldados en este caso, por un análisis estadístico, y un número mayor de muestreos durante varios años; mencionan que la aplicación de yeso favorece la producción de materia seca, debido a los cambios en la estructura y el sistema poroso, que mejoran el movimiento de agua y gases en el perfil, contribuyendo a la emergencia de los cultivos y al desarrollo radical.

CAPITULO 4

CONCLUSIONES

- La aplicación de yeso no produjo descenso del frente salino; esta aseveración se corresponde con los incrementos observados en los valores de CE, para aquellos tratamientos en donde se aplicó la enmienda.
- Se observó una reducción en los valores de pH por efecto del yeso aplicado, según dosis y profundidad; DA y P, hasta los 30 cm, y DM hasta los 45 cm de profundidad.
- Se evidenció una mejora en la tasa de infiltración, por efecto del yeso, entre los 10 y 70 minutos; DM fue el tratamiento que mejor manifestó dicha mejora.
- La producción de materia seca tuvo un incremento de un 14 % en el tratamiento DM.

Consideraciones finales

El yeso es una enmienda útil para corregir el pH del suelo, ante condiciones de exceso de sodio intercambiable; también ejerce mejoras en la tasa de infiltración en estas situaciones. Sin embargo, estas mejoras directas observadas, inciden levemente sobre el rendimiento de materia seca de la pastura, por lo cual, no se justificaría la aplicación de la enmienda a las dosis empleadas en este trabajo. Por tal motivo, es necesario seguir investigando, para determinar que dosis son convenientes para obtener rendimientos que ameriten la aplicación de yeso.

BIBLIOGRAFIA

ACEVES, N. L. A. 1985. **Salinity Problem in food production of the Mexican irrigation districts**. From water policy in world food supplies: Proceeding of the conference. Texas A. & University, 129-133.

AMUDSON, R. G., and L. J. ZUND. 1985. **Changes in the chemical and physical properties of a reclaimed saline-sodic soil in the San Joaquin Valley of California**. Soil Science, 140 (3), 213-222.

BARRETO FILHO F. L., H. O. CARVALLO GUERRA, y H. R. GHEYI. 2003. **Conductividad hidráulica en un suelo aluvial, en respuesta al porcentaje de sodio intercambiable**. Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient. vol. 7 N° 2. Campina Grande. Brasil. May/Aug.

BETHLENFALVAY, G. J., y R. G. LINDERMANN. 1992. **Mycorrhizae in sustainable Agriculture**. A.S.A. Special Publication. v.54, p.7-13.

BONADEO, E., I. MORENO, E. HAMPP, A. SORONDO. 2001. Factores del suelo que regulan la productividad de alfalfa en áreas con manchoneo. **XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo**. Cuba IV-20.

BONADEO, E., I. MORENO, A. ODORIZI, E. HAMPP, A. SORONDO, M. BONGIOVANNI. 2002. Relación entre propiedades fisico-químicas del suelo y raíces de alfalfa. **XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Madrin, Chubut. Pp 48.

BONADEO, E., I. MORENO., M. IRASTORZA., E. HAMPP. 2008. Efecto del agregado de yeso sobre el pH y la conductividad eléctrica de un suelo manchoneado. **XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Potrero de los Fúnes, San Luis, Argentina.

BRESLER, E., B. L. MC NEAL and D. L. CARTER. 1982. **Saline and Sodic Soils**. Principles-Dynamics-Modelling. Springer Verlag. 236 pags.

BROWN, S., J. M. ANDERSON, P. L. WOOMER, M. J. SWIFT, y E. BARRIOS. 1994. Soil biological processes in tropical ecosystems. In: **the biological management of tropical soil fertility**. Woomer, P. L., and M. J. Swift (eds). Cap 2, p.15-45.

CANTERO, G. A., J. J. CANTERO, J. M. CISNEROS, M. P. CANTU, S. DEGIOVANNI, V. BECERRA, A. BECKER, I. MORENO, M. BLARASIN y M. VILLEGAS. 1988. Propuesta de ordenamiento y Manejo integrado de las tierras y aguas en el sur de la provincia de Córdoba. **Informe UNRC**; 58 pag., 1 Carta 1: 250.000.

CASAS, R. R. y A. PITTALUGA. 1990. **Anegamiento y salinización de suelos en el Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**. En " Manejo de Tierras Anegadizas" PROSA-FECIC.

COSTA, J. L., P. GODZ. 1999. **Aplicación de yeso a un Natracuol del sudeste de la pampa deprimida**. INTA Balcarce. En: <http://www.suelos.org.ar/vol.17nro.2.pdf>. Consultado: 22/ 06/08.

CROVETO, C. 1992. **Rastrojo sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza**. Santiago, Chile, Editorial Universitaria San Francisco. 301 pp.

DARAB, K. 1981. The role of sodium compounds in the formation and properties of salt affected soils. **Agrokemia es` Talajtan** (30) sup. 105-120.

DORRONSORO C. 2005. **Contaminación por sales solubles**. Cap. 12. Universidad de Granada. España. Edición Digital: [http:// edafología.ugr.es/conta/tema12/sales.htm](http://edafología.ugr.es/conta/tema12/sales.htm). Consultado: 25/06/2008.

FLOWERS, T. J., and A. R. YEO. 1995. **Australian Journal of Plant Physiology**. v.22, p.875-884.

FRENKEL, H., Z. GERSTLZ., N. AIPEROVITCH. 1989. Exchange induced dissolution of gypsum and the reclamation of sodic soil. **J. Soil Sci.** 40, 599-611.

GARAVITO NEIRA, 1980. **Química de Suelos**. Instituto Agustín Codazzi. Colombia. Reproducción Cátedra de Suelos. Universidad Nacional de Río Cuarto

GAXIOLA, R. 1995. Salinidad, un problema ineludible. **Boletín de la sociedad de Bioquímica**. _6 (2), p.1-8.

Gil, R. C. s/f. Permeámetro de disco. Instituto de Suelos. **INTA Castelar**. 11 pp.

GORGAS, J. y D. LOVERA. 1988. **Evaluación de áreas afectadas por anegamiento e inundación en la Provincia de Córdoba**. Convenio Fundación Banco de Cordoba-INTA.

GOUIA, H., M. H. GHORBAL, and C. B. TOURAINÉ. 1994. Effects of NaCl on flows of N mineral ions and NO³⁻ reductasa rate within whole plants of salt-sensitive bean and tolerant cotton. **Plant Physiol.** 105: 1409-1418.

GUPTA, R. K., I. P. ABROL. 1990. Salt affected soils: Their reclamation and management for crop production. **Advances of Soil Science**. v.11, p.223-228.

HAMPP, E., E. BONADEO., M. BONGIOVANNI., I. MORENO. 2004. Aspectos genéticos de suelos con manchoneo de cultivos. **XVI Congreso Latino Americano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo**. Cartagena, Colombia.

ILYAS, M., R. W. MILLER., and R. H. QURESHI. 1993. Hydraulic conductivity of saline-sodic soil after gypsum application and cropping. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 57: 1580-1585.

INFOSTAT. 2008. *InfoStat version 2008*. **Grupo InfoStat**, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

INTA. 1987. **Carta de suelos de la República Argentina**. Hoja 3363-9, Villa María. Plan Mapa de Suelos. Córdoba, Argentina.

JARSUN, B. 1996. Condiciones de suelo para alfalfa. Métodos correctivos. **V Jornadas Nacionales de alfalfa**. Villa María, Córdoba. Argentina.

LAZOVICH, M. R., J. L. COSTA, P. GODZ. 1985. Efecto de enmiendas y lavado sobre el desplazamiento catiónico y sobre la producción de materia seca de un Natracuol, en invernadero. **Ciencia del Suelo**. 3: 95-101.

LAVADO, R. S. and M. A. TABOADA. 1987. Soil salinization as an effect of grazing in a native grassland soil in the Flooding Pampa of Argentina. **Soil Use and Manag.** 3 (4): 143-148.

LOPEZ, C., S. VIDELA., E. ERCOLI. 2003. **Restauración de suelos salinizados mediante técnicas de intercambio catiónico**. Yacimiento Loma la Lata, Repsol-YPF, Neuquén, Argentina.

En:<http://www.biblioteca.iapg.org.ar/iapg/archivosadjuntos/petrotecnica/2003/restauraciondesuelos.pdf>. Consultado: 15/04/08.

MENDOZA, R. E., L. A. BARBERIS. 1980. Efecto del agregado de yeso y el lavado a un suelo sódico de la depresión del Río del Salado, y su repercusión sobre la producción de "Lolium perenne" **L. RIA** 2: 297-304.

MILLAR, C. E., L. M. TURK, y H. D. FOTH. 1971. **Fundamentos de la ciencia del suelo**. Compañía editorial continental, S. A., México, D. F. (fundamentals of soil science, 4 ed en inglés, 1ed en castellano). 531 pp.

MORENO, I., E. BONADEO., E. HAMPP., D. URBANI., M. BONGIOVANNI. 2006. Agregado de yeso y dinámica de sales y pH, en suelos con horizontes salinos subsuperficiales. **Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**. Salta, Argentina.

NADLER, A., G. L. LENY., R. KEREN., and H. EISENBERG. 1996. Sodic calcareous soil reclamation as affected by water chemical composition and flow rate. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 60, 252-257.

NIBORSKY, 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 Bs. As. 19 p.

OSTER, J. D. 1982. **Gypsum use irrigated agriculture**: a review. *Fertilizer Research* 3: 73-79.

PANIGATTI, J. L. 1990. Bajos Submeridionales. En: Manejo de Tierras Anegadizas. **PROSA-FECIC Ed.**

PAPADOPULOS, I. 1998. Fiel salinity profite development under drip irrigation with high-sulfhate water. **Soil Soc.** 145 (3), 201-206.

PIZARRO, F. 1985. **Drenaje Agrícola y recuperación de suelos salinos.** Segunda edición. Editorial Agrícola Española, S. A. Madrid, 442 pp.

PONCE Y TORRES DUGGAN.....

PORTA CASANELLAS, J., M. LOPEZ-ACEVEDO REGUERINM, y C. ROQUERO DE LABURU. 1994. **Edafología Para la Agricultura y el Medio Ambiente.** Editorial Mundi Prensa, Madrid. 807 pp.

PRATHER, R., J. O. GOERTZEN., J. D. RHOADES and H. FRENKEL. 1978. Efficient Amendment Use in Sodic soil Reclamation. **Soil Sci. Soc. Am. J.** South Segoe Rd., Madison, USA. 42(5), 782-786.

QUINTERO, C., N. BOSCHETTI., A. DURAND MORAT., y S. FETTOLINI. 2003. **Recuperación de suelos dispersivos por medio de enmiendas.** En: <http://www.fertilizando.com/ Artículos/>. Consultado 15/05/08.

QUIRK, J. P., R. K. SCHOFIELD. 1955. The effect of electrolyte concentration on soil permeability. *Journal of Soil Science, Oxford*, v.6, p.163-178.

REDIL, M., K. DARAB. 1981. The evaluation of Physico-Chemical processes from the point of view of Alkali soil ameloration. In: Hungaro-Indian Seminar on Salt Affected Soils. Tom. 30. Suppl. **Agrokemia es` Talajtan.** Budapest, Hungría.

RENGASAMY, P., K. A. OLSON. 1991. Sodicyty and Soil Structure. **Aust. J. Soil Res.** 29: 925-932.

RENGASAMY, P., M. E. SUMNER. 1997. Processes involved in sodic behavior. In: Sumner, M. E., R. Naidu (ed). **Sodic soils.** New York: Oxford University Press, NY.

RHOADES, J. D. 1990. Overview: Diagnosis of salinity problems and selection of control practices. In: Tanji, K. K.(ed). **Agricultural salinity assessment and management.** New York: American Society of Civil Engineers. P.18-41.

RICHARDS, L. A. (Ed.) 1973. **Rehabilitación de suelos salino sódicos.** Limusa.

SERRANO, R., and R. GAXIOLA. 1994. Microbial model and salt stress tolerance in plants. **Crit. Rev. Plant Sci.** 13: 121-138.

SHAINBERG, I., and J. D. RHOADES, R. J. POPRATHER. 1981. Effects of low electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity of a sodic soil. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.45, p.273-277.

SHANNON, M. C. 1984. Salinity tolerance in plants: strategies for crop improvement. In Stalpes, R. C. (ed). **Breeding, selection and the genetics of salt**. John Wiley, NY, USA. p 231-254.

SUBBARAO, G. V., y JOHANSEN, C. (1991). Strategies and Scope for Improving salinity tolerance in crop plants. **Plant and crop stress**. Mohammad Pessaraki (ed.) New York. Basel HONG KONG. P 529-579..

SZABOLCS, I. 1979. Soil salinization and alcalinization process. **Agrokemia es Talajtan** (28) Suppl. 47-62.

SZABOLCS, I. 1994. Prospects of salinity for the 21st century. In: 15th world congress of soil science. **The international society of soil science and the Mexican society of science**, 123-142.

YADAB, J. S. P. 1993. Problems and prospects of crop productions and afforestation on salt affected soils with special reference to India. **Agrokemia e's Talajtan**, 42(1-2), 157-172.

YAGODIN, B., P. SMIRNOV, P. y A. P. PETERBURGSKI. 1986. **Agroquímica**. Editorial Mir, URSS. Pp 198-255.

ANEXO I

Método para calcular dosis de yeso (Yagodin *et al.*, 1986)

Yeso a agregar cada 100gr de suelo: $0,086 (Na - k * T) / 100$.

Donde:

- $0,086 = 1$ meq de $SO_4Ca \cdot 2H_2O$.
- Na = Contenido de sodio intercambiable (meq/100 gr de suelo).
- K = Contenido de sodio a alcanzar (meq/100 gr de suelo).
- T = CIC (meq/100 gr de suelo).

Yeso a agregar por capa de suelo: $0,086 * (Na - K * T) H d$.

Donde:

- H = profundidad de la capa en cm.
- d = Densidad aparente de la capa (gr/cm^3).

ANEXO II

C:\TRABAJOS FINALES DE GRADO\Zapata\CE5-15.IDB: 24/04/08 - 17:04:04

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| CE | 48 | 0,35 | 0,07 | 40,85 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-----------------------|-----------|----|----------|------|---------|
| <u>(Error)</u> | | | | | |
| Modelo | 266246,67 | 14 | 19017,62 | 1,25 | 0,2886 |
| Bloque | 8313,79 | 2 | 4156,90 | 0,27 | 0,7626 |
| Dosis | 63961,50 | 3 | 21320,50 | 1,25 | 0,3710 |
| <u>(Bloque*Dosis)</u> | | | | | |
| Bloque*Dosis | 102092,88 | 6 | 17015,48 | 1,12 | 0,3730 |
| Tiempo | 91878,50 | 3 | 30626,17 | 2,01 | 0,1312 |
| Tiempo*Dosis | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd |
| Error | 502023,00 | 33 | 15212,82 | | |
| Total | 768269,67 | 47 | | | |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=88,71984*Error: 15212,8182 gl: 33*

| Bloque | Medias | n | |
|--------|--------|----|---|
| 3,00 | 283,31 | 16 | A |
| 2,00 | 310,75 | 16 | A |
| 1,00 | 311,69 | 16 | A |

*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)***Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=130,30609***Error: 17015,4792 gl: 6*

| Dosis | Medias | n | |
|-------|--------|----|---|
| T | 242,50 | 12 | A |
| P | 309,25 | 12 | A |
| DA | 314,00 | 12 | A |
| DM | 341,92 | 12 | A |

*Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)***Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=177,43969***Error: 15212,8182 gl: 33*

| Bloque | Dosis | Medias | n | | |
|--------|-------|--------|---|---|---|
| 1,00 | T | 196,00 | 4 | A | |
| 3,00 | P | 235,50 | 4 | A | B |
| 2,00 | DA | 255,25 | 4 | A | B |
| 2,00 | T | 260,50 | 4 | A | B |
| 3,00 | T | 271,00 | 4 | A | B |
| 3,00 | DA | 281,00 | 4 | A | B |
| 1,00 | DM | 300,25 | 4 | A | B |

| | | | | | |
|------|----|--------|---|---|---|
| 1,00 | P | 344,75 | 4 | A | B |
| 3,00 | DM | 345,75 | 4 | A | B |
| 2,00 | P | 347,50 | 4 | A | B |
| 2,00 | DM | 379,75 | 4 | | B |
| 1,00 | DA | 405,75 | 4 | | B |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=102,44485

Error: 15212,8182 gl: 33

| Tiempo | Medias | n | |
|--------|--------|----|---|
| jun-06 | 253,50 | 12 | A |
| oct-06 | 264,42 | 12 | A |
| abr-06 | 334,50 | 12 | A |
| mar-07 | 355,25 | 12 | A |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=354,87938

Error: 15212,8182 gl: 33

| Tiempo | Dosis | Medias | n | |
|--------|-------|--------|---|---|
| oct-06 | DA | 147,58 | 1 | A |
| mar-07 | DA | 158,50 | 1 | A |
| jun-06 | T | 187,08 | 1 | A |
| abr-06 | T | 198,00 | 1 | A |
| abr-06 | DA | 206,83 | 1 | A |
| oct-06 | DM | 212,08 | 1 | A |
| oct-06 | DA | 217,75 | 1 | A |
| oct-06 | P | 222,58 | 1 | A |
| mar-07 | DM | 223,00 | 1 | A |
| abr-06 | DA | 228,58 | 1 | A |
| abr-06 | DM | 232,58 | 1 | A |
| mar-07 | P | 233,50 | 1 | A |
| oct-06 | DM | 243,50 | 1 | A |
| jun-06 | DA | 249,33 | 1 | A |
| abr-06 | P | 251,83 | 1 | A |
| oct-06 | P | 262,75 | 1 | A |
| mar-07 | T | 268,08 | 1 | A |
| jun-06 | DA | 287,83 | 1 | A |
| oct-06 | T | 288,83 | 1 | A |
| abr-06 | DM | 293,08 | 1 | A |
| jun-06 | DM | 296,33 | 1 | A |
| jun-06 | DA | 297,33 | 1 | A |
| jun-06 | P | 299,08 | 1 | A |
| abr-06 | P | 303,58 | 1 | A |
| abr-06 | DM | 307,25 | 1 | A |
| abr-06 | DA | 308,25 | 1 | A |
| mar-07 | DA | 308,58 | 1 | A |
| abr-06 | P | 310,00 | 1 | A |
| jun-06 | DM | 313,58 | 1 | A |
| jun-06 | DM | 313,83 | 1 | A |
| jun-06 | P | 324,33 | 1 | A |
| abr-06 | T | 331,33 | 1 | A |
| jun-06 | P | 332,83 | 1 | A |
| mar-07 | DM | 334,33 | 1 | A |
| oct-06 | T | 342,25 | 1 | A |
| mar-07 | P | 353,58 | 1 | A |

| | | | | |
|--------|----|--------|---|---|
| oct-06 | T | 357,33 | 1 | A |
| mar-07 | T | 368,25 | 1 | A |
| mar-07 | DM | 377,33 | 1 | A |
| mar-07 | DA | 378,33 | 1 | A |
| mar-07 | P | 380,08 | 1 | A |
| oct-06 | DM | 398,08 | 1 | A |
| oct-06 | DA | 399,08 | 1 | A |
| oct-06 | P | 400,83 | 1 | A |
| jun-06 | T | 412,33 | 1 | A |
| mar-07 | T | 433,08 | 1 | A |
| abr-06 | T | 438,33 | 1 | A |
| jun-06 | T | 459,08 | 1 | A |

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

TRABAJOS FINALES DE GRADO\Zapata\CE20-30.IDB2: 24/04/08 - 17:37:25

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| CE | 48 | 0,57 | 0,39 | 35,76 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------|------------|----|----------|------|---------|
| (Error) | | | | | |
| Modelo | 820747,13 | 14 | 58624,79 | 3,15 | 0,0033 |
| Bloque | 88497,79 | 2 | 44248,90 | 2,38 | 0,1086 |
| Dosis | 226064,56 | 3 | 75354,85 | 1,22 | 0,3814 |
| (Bloque*Dosis) | | | | | |
| Bloque*Dosis | 371161,88 | 6 | 61860,31 | 3,32 | 0,0114 |
| Tiempo | 135022,90 | 3 | 45007,63 | 2,42 | 0,0839 |
| Tiempo*Dosis | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd |
| Error | 614582,35 | 33 | 18623,71 | | |
| Total | 1435329,48 | 47 | | | |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=98,16327

Error: 18623,7077 gl: 33

| Bloque | Medias | n | | |
|--------|--------|----|---|---|
| 2,00 | 322,13 | 16 | A | |
| 1,00 | 400,75 | 16 | A | B |
| 3,00 | 421,94 | 16 | | B |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=248,45553

Error: 61860,3125 gl: 6

| Dosis | Medias | n | |
|-------|--------|----|---|
| T | 293,83 | 12 | A |
| DA | 342,42 | 12 | A |
| DM | 417,33 | 12 | A |
| P | 472,83 | 12 | A |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=196,32654

Error: 18623,7077 gl: 33

| Bloque | Dosis | Medias | n | | | | | | | |
|--------|-------|--------|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 2,00 | T | 163,00 | 4 | A | | | | | | |
| 1,00 | DA | 271,00 | 4 | A | B | | | | | |
| 1,00 | T | 299,25 | 4 | A | B | C | | | | |
| 2,00 | DA | 305,00 | 4 | A | B | C | | | | |
| 3,00 | P | 311,00 | 4 | A | B | C | D | | | |
| 2,00 | DM | 337,75 | 4 | A | B | C | D | | | |
| 1,00 | DM | 408,00 | 4 | | B | C | D | | | |
| 3,00 | T | 419,25 | 4 | | B | C | D | | | |
| 3,00 | DA | 451,25 | 4 | | B | C | D | E | | |
| 2,00 | P | 482,75 | 4 | | | C | D | E | | |
| 3,00 | DM | 506,25 | 4 | | | | D | E | | |
| 1,00 | P | 624,75 | 4 | | | | | | E | |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=113,34918

Error: 18623,7077 gl: 33

| Tiempo | Medias | n | | | |
|--------|--------|----|---|---|--|
| jun-06 | 296,25 | 12 | A | | |
| oct-06 | 379,83 | 12 | A | B | |
| abr-06 | 416,00 | 12 | | B | |
| mar-07 | 434,33 | 12 | | B | |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=392,65307

Error: 18623,7077 gl: 33

| Tiempo | Dosis | Medias | n | | | | | | | | | | |
|--------|-------|--------|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|
| oct-06 | DM | 77,65 | 1 | A | | | | | | | | | |
| mar-07 | DM | 161,23 | 1 | A | B | | | | | | | | |
| oct-06 | T | 185,65 | 1 | A | B | C | | | | | | | |
| abr-06 | DM | 197,40 | 1 | A | B | C | | | | | | | |
| oct-06 | DA | 213,90 | 1 | A | B | C | | | | | | | |
| jun-06 | DM | 215,73 | 1 | A | B | C | | | | | | | |
| abr-06 | DA | 219,65 | 1 | A | B | C | | | | | | | |
| jun-06 | T | 225,65 | 1 | A | B | C | | | | | | | |
| abr-06 | T | 252,40 | 1 | A | B | C | D | | | | | | |
| mar-07 | T | 269,23 | 1 | A | B | C | D | E | | | | | |
| mar-07 | DA | 297,48 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| oct-06 | DA | 303,23 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| abr-06 | T | 305,40 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| abr-06 | T | 309,23 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| abr-06 | P | 322,65 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| jun-06 | T | 323,73 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| abr-06 | DA | 333,65 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| oct-06 | P | 333,90 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| oct-06 | T | 335,98 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| jun-06 | DA | 339,40 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| mar-07 | T | 345,40 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| jun-06 | DA | 351,98 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| mar-07 | DA | 357,73 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| oct-06 | T | 363,73 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| abr-06 | DM | 365,90 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| jun-06 | T | 372,15 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| mar-07 | T | 390,48 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |
| jun-06 | P | 397,40 | 1 | A | B | C | D | E | F | | | | |

| | | | | | | | | | |
|--------|----|--------|---|---|---|---|---|---|---|
| oct-06 | P | 406,23 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| mar-07 | P | 417,48 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| jun-06 | DA | 420,90 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| jun-06 | P | 442,40 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| oct-06 | DM | 449,48 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| abr-06 | P | 453,65 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| mar-07 | P | 460,73 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| jun-06 | P | 471,98 | 1 | | B | C | D | E | F |
| abr-06 | P | 480,98 | 1 | | B | C | D | E | F |
| jun-06 | DM | 485,65 | 1 | | B | C | D | E | F |
| mar-07 | DM | 503,98 | 1 | | B | C | D | E | F |
| abr-06 | DA | 504,48 | 1 | | B | C | D | E | F |
| mar-07 | P | 517,15 | 1 | | B | C | D | E | F |
| oct-06 | P | 535,48 | 1 | | B | C | D | E | F |
| jun-06 | DM | 539,40 | 1 | | B | C | D | E | F |
| mar-07 | DA | 540,65 | 1 | | B | C | D | E | F |
| oct-06 | DA | 558,98 | 1 | | | C | D | E | F |
| abr-06 | DM | 622,98 | 1 | | | | D | E | F |
| mar-07 | DM | 659,15 | 1 | | | | | E | F |
| oct-06 | DM | 677,48 | 1 | | | | | | F |

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

: \TRABAJOS FINALES DE GRADO\Zapata\CE35-45.IDB2: 24/04/08 - 18:09:04

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| CE | 48 | 0,47 | 0,25 | 37,92 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-----------------------|------------|----|-----------|------|---------|
| <u>(Error)</u> | | | | | |
| Modelo | 2142316,79 | 14 | 153022,63 | 2,12 | 0,0377 |
| Bloque | 924149,63 | 2 | 462074,81 | 6,40 | 0,0045 |
| Dosis | 220262,06 | 3 | 73420,69 | 1,25 | 0,3720 |
| <u>(Bloque*Dosis)</u> | | | | | |
| Bloque*Dosis | 352488,88 | 6 | 58748,15 | 0,81 | 0,5666 |
| Tiempo | 645416,23 | 3 | 215138,74 | 2,98 | 0,0454 |
| Tiempo*Dosis | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd |
| Error | 2380923,02 | 33 | 72149,18 | | |
| Total | 4523239,81 | 47 | | | |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=193,21091

Error: 72149,1824 gl: 33

| Bloque | Medias | n | |
|--------|--------|----|---|
| 2,00 | 530,19 | 16 | A |
| 3,00 | 726,50 | 16 | B |
| 1,00 | 868,63 | 16 | B |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=242,12503

Error: 58748,1458 gl: 6

| Dosis | Medias | n | |
|-------|--------|----|---|
| T | 616,25 | 12 | A |
| DM | 670,75 | 12 | A |

| | | | |
|----|--------|----|---|
| DA | 772,25 | 12 | A |
| P | 774,50 | 12 | A |

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

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=386,42181

Error: 72149,1824 gl: 33

| Bloque | Dosis | Medias | n | | | | |
|--------|-------|---------|---|---|---|---|--|
| 2,00 | T | 362,50 | 4 | A | | | |
| 2,00 | DM | 493,00 | 4 | A | B | | |
| 2,00 | P | 532,00 | 4 | A | B | | |
| 3,00 | T | 657,00 | 4 | A | B | | |
| 3,00 | DA | 716,25 | 4 | A | B | C | |
| 1,00 | DM | 716,75 | 4 | A | B | C | |
| 3,00 | P | 730,25 | 4 | A | B | C | |
| 2,00 | DA | 733,25 | 4 | A | B | C | |
| 3,00 | DM | 802,50 | 4 | | B | C | |
| 1,00 | T | 829,25 | 4 | | B | C | |
| 1,00 | DA | 867,25 | 4 | | B | C | |
| 1,00 | P | 1061,25 | 4 | | | C | |

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

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=223,10074

Error: 72149,1824 gl: 33

| Tiempo | Medias | n | | | |
|--------|--------|----|---|---|--|
| abr-06 | 547,50 | 12 | A | | |
| jun-06 | 659,75 | 12 | A | B | |
| mar-07 | 771,17 | 12 | | B | |
| oct-06 | 855,33 | 12 | | B | |

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

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=772,84363

Error: 72149,1824 gl: 33

| Tiempo | Dosis | Medias | n | | | | | |
|--------|-------|--------|---|---|---|---|---|--|
| abr-06 | DM | 201,56 | 1 | A | | | | |
| oct-06 | DM | 313,81 | 1 | A | B | | | |
| jun-06 | T | 332,06 | 1 | A | B | | | |
| mar-07 | P | 371,06 | 1 | A | B | C | | |
| jun-06 | DM | 425,23 | 1 | A | B | C | | |
| abr-06 | T | 444,31 | 1 | A | B | C | D | |
| jun-06 | P | 483,31 | 1 | A | B | C | D | |
| abr-06 | P | 496,06 | 1 | A | B | C | D | |
| mar-07 | DM | 509,40 | 1 | A | B | C | D | |
| jun-06 | DM | 555,31 | 1 | A | B | C | D | |
| mar-07 | T | 555,73 | 1 | A | B | C | D | |
| jun-06 | P | 555,81 | 1 | A | B | C | D | |
| mar-07 | T | 569,31 | 1 | A | B | C | D | |
| jun-06 | DA | 572,31 | 1 | A | B | C | D | |
| oct-06 | P | 594,73 | 1 | A | B | C | D | |
| oct-06 | P | 608,31 | 1 | A | B | C | D | |
| oct-06 | T | 639,90 | 1 | A | B | C | D | |
| mar-07 | DA | 641,56 | 1 | A | B | C | D | |
| abr-06 | DM | 667,56 | 1 | A | B | C | D | |
| abr-06 | P | 668,06 | 1 | A | B | C | D | |
| abr-06 | DA | 668,31 | 1 | A | B | C | D | |

| | | | | | | | |
|--------|----|---------|---|---|---|---|---|
| abr-06 | P | 678,90 | 1 | A | B | C | D |
| jun-06 | T | 681,56 | 1 | A | B | C | D |
| abr-06 | DA | 684,56 | 1 | A | B | C | D |
| abr-06 | T | 706,31 | 1 | A | B | C | D |
| jun-06 | P | 719,73 | 1 | A | B | C | D |
| jun-06 | DA | 753,81 | 1 | A | B | C | D |
| mar-07 | DM | 778,98 | 1 | A | B | C | D |
| mar-07 | P | 779,48 | 1 | A | B | C | D |
| oct-06 | DA | 780,56 | 1 | A | B | C | D |
| oct-06 | T | 792,98 | 1 | A | B | C | D |
| mar-07 | DA | 795,98 | 1 | A | B | C | D |
| mar-07 | P | 803,90 | 1 | A | B | C | D |
| oct-06 | T | 818,56 | 1 | A | B | C | D |
| oct-06 | DM | 863,15 | 1 | A | B | C | D |
| oct-06 | P | 863,65 | 1 | A | B | C | D |
| oct-06 | DA | 865,23 | 1 | A | B | C | D |
| abr-06 | T | 877,15 | 1 | A | B | C | D |
| oct-06 | DA | 880,15 | 1 | A | B | C | D |
| jun-06 | DA | 891,98 | 1 | A | B | C | D |
| mar-07 | DM | 900,31 | 1 | A | B | C | D |
| jun-06 | T | 929,98 | 1 | A | B | C | D |
| abr-06 | DA | 949,40 | 1 | A | B | C | D |
| mar-07 | DA | 976,15 | 1 | | B | C | D |
| jun-06 | DM | 1012,56 | 1 | | B | C | D |
| mar-07 | T | 1014,15 | 1 | | B | C | D |
| oct-06 | DM | 1123,98 | 1 | | | C | D |
| abr-06 | DM | 1208,15 | 1 | | | | D |

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

C:\TRABAJOS FINALES DE GRADO\Zapata\CE50-60.IDB2: 24/04/08 - 18:14:38

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| CE | 48 | 0,63 | 0,47 | 21,91 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------|------------|----|-----------|------|---------|
| <u>(Error)</u> | | | | | |
| Modelo | 1932961,96 | 14 | 138068,71 | 3,95 | 0,0006 |
| Bloque | 325300,17 | 2 | 162650,08 | 4,66 | 0,0165 |
| Dosis | 99884,40 | 3 | 33294,80 | 0,40 | 0,7584 |
| (Bloque*Dosis) | | | | | |
| Bloque*Dosis | 499507,67 | 6 | 83251,28 | 2,38 | 0,0504 |
| Tiempo | 1008269,73 | 3 | 336089,91 | 9,63 | 0,0001 |
| Tiempo*Dosis | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd |
| Error | 1152159,02 | 33 | 34913,91 | | |
| Total | 3085120,98 | 47 | | | |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=134,40492

Error: 34913,9097 gl: 33

| Bloque | Medias | n | |
|--------|--------|----|---|
| 2,00 | 774,44 | 16 | A |
| 3,00 | 817,06 | 16 | A |
| 1,00 | 966,44 | 16 | B |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=288,22926

Error: 83251,2778 gl: 6

| Dosis | Medias | n | |
|-------|--------|----|---|
| DM | 822,00 | 12 | A |
| DA | 822,67 | 12 | A |
| P | 834,75 | 12 | A |
| T | 931,17 | 12 | A |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=268,80985

Error: 34913,9097 gl: 33

| Bloque | Dosis | Medias | n | |
|--------|-------|---------|---|---|
| 2,00 | DM | 695,50 | 4 | A |
| 2,00 | T | 714,25 | 4 | A |
| 3,00 | DA | 762,25 | 4 | A |
| 3,00 | P | 772,50 | 4 | A |
| 2,00 | P | 812,75 | 4 | A |
| 3,00 | T | 824,50 | 4 | A |
| 1,00 | DA | 830,50 | 4 | A |
| 1,00 | DM | 861,50 | 4 | A |
| 2,00 | DA | 875,25 | 4 | A |
| 3,00 | DM | 909,00 | 4 | A |
| 1,00 | P | 919,00 | 4 | A |
| 1,00 | T | 1254,75 | 4 | B |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=155,19744

Error: 34913,9097 gl: 33

| Tiempo | Medias | n | |
|--------|---------|----|---|
| abr-06 | 661,08 | 12 | A |
| jun-06 | 772,50 | 12 | A |
| oct-06 | 943,83 | 12 | B |
| mar-07 | 1033,17 | 12 | B |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=537,61969

Error: 34913,9097 gl: 33

| Tiempo | Dosis | Medias | n | | | | |
|--------|-------|--------|---|---|---|---|---|
| jun-06 | T | 503,94 | 1 | A | | | |
| abr-06 | DM | 522,69 | 1 | A | B | | |
| jun-06 | DM | 570,69 | 1 | A | B | C | |
| mar-07 | T | 580,94 | 1 | A | B | C | |
| abr-06 | T | 615,35 | 1 | A | B | C | |
| mar-07 | P | 621,19 | 1 | A | B | C | |
| abr-06 | P | 632,94 | 1 | A | B | C | |
| oct-06 | DM | 634,10 | 1 | A | B | C | |
| abr-06 | T | 638,94 | 1 | A | B | C | D |
| jun-06 | P | 669,94 | 1 | A | B | C | D |
| abr-06 | DM | 682,10 | 1 | A | B | C | D |
| jun-06 | DA | 683,69 | 1 | A | B | C | D |
| jun-06 | T | 692,35 | 1 | A | B | C | D |
| mar-07 | DA | 717,44 | 1 | A | B | C | D |

| | | | | | | | | | |
|--------|----|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| mar-07 | DM | 727,44 | 1 | A | B | C | D | | |
| jun-06 | P | 732,60 | 1 | A | B | C | D | | |
| oct-06 | P | 744,35 | 1 | A | B | C | D | | |
| oct-06 | T | 750,35 | 1 | A | B | C | D | | |
| abr-06 | P | 781,35 | 1 | A | B | C | D | | |
| oct-06 | T | 786,69 | 1 | A | B | C | D | | |
| abr-06 | DA | 795,10 | 1 | A | B | C | D | | |
| mar-07 | DM | 805,44 | 1 | A | B | C | D | | |
| jun-06 | DA | 828,85 | 1 | A | B | C | D | E | |
| jun-06 | DM | 838,85 | 1 | A | B | C | D | E | |
| oct-06 | DM | 853,44 | 1 | A | B | C | D | E | |
| abr-06 | T | 863,69 | 1 | A | B | C | D | E | |
| mar-07 | T | 876,02 | 1 | A | B | C | D | E | |
| jun-06 | DM | 894,77 | 1 | A | B | C | D | E | |
| abr-06 | P | 903,94 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| mar-07 | P | 915,69 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| mar-07 | T | 921,69 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| mar-07 | DM | 942,77 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| oct-06 | P | 952,69 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| oct-06 | T | 953,02 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| oct-06 | DA | 966,44 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| oct-06 | P | 993,27 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| abr-06 | DA | 1000,19 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| jun-06 | P | 1005,02 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| abr-06 | DM | 1010,19 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| jun-06 | T | 1011,02 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| mar-07 | P | 1042,02 | 1 | | B | C | D | E | F |
| mar-07 | DA | 1055,77 | 1 | | B | C | D | E | F |
| abr-06 | DA | 1063,19 | 1 | | | C | D | E | F |
| oct-06 | DA | 1089,52 | 1 | | | C | D | E | F |
| oct-06 | DM | 1099,52 | 1 | | | C | D | E | F |
| oct-06 | DA | 1174,60 | 1 | | | | D | E | F |
| mar-07 | DA | 1345,94 | 1 | | | | | E | F |
| jun-06 | DA | 1435,27 | 1 | | | | | | F |

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

C:\TRABAJOS FINALES DE GRADO\Zapata\PH5-15.IDB2: 25/04/08 - 14:24:30

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| PH | 48 | 0,80 | 0,72 | 4,64 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | (Error) |
|--------------|-------|----|------|-------|---------|----------------|
| Modelo | 11,01 | 14 | 0,79 | 9,55 | <0,0001 | |
| Bloque | 1,65 | 2 | 0,82 | 10,00 | 0,0004 | |
| Dosis | 3,02 | 3 | 1,01 | 4,63 | 0,0528 | (Bloque*Dosis) |
| Bloque*Dosis | 1,31 | 6 | 0,22 | 2,64 | 0,0333 | |
| Tiempo | 5,04 | 3 | 1,68 | 20,39 | <0,0001 | |
| Tiempo*Dosis | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd | |
| Error | 2,72 | 33 | 0,08 | | | |
| Total | 13,72 | 47 | | | | |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,20638

Error: 0,0823 gl: 33

| Bloque | Medias | n | |
|--------|--------|----|---|
| 2,00 | 5,97 | 16 | A |
| 1,00 | 6,18 | 16 | B |
| 3,00 | 6,42 | 16 | C |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,46588

Error: 0,2175 gl: 6

| Dosis | Medias | n | |
|-------|--------|----|---|
| DM | 5,98 | 12 | A |
| DA | 6,04 | 12 | A |
| P | 6,11 | 12 | A |
| T | 6,61 | 12 | B |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,41275

Error: 0,0823 gl: 33

| Bloque | Dosis | Medias | n | | | |
|--------|-------|--------|---|---|---|---|
| 2,00 | DA | 5,79 | 4 | A | | |
| 1,00 | DM | 5,85 | 4 | A | B | |
| 2,00 | P | 5,93 | 4 | A | B | |
| 1,00 | DA | 5,97 | 4 | A | B | C |
| 3,00 | DM | 6,03 | 4 | A | B | C |
| 2,00 | DM | 6,07 | 4 | A | B | C |
| 2,00 | T | 6,09 | 4 | A | B | C |
| 1,00 | P | 6,19 | 4 | A | B | C |

| | | | | | | | |
|------|----|------|---|---|---|---|---|
| 3,00 | P | 6,22 | 4 | B | C | | |
| 3,00 | DA | 6,36 | 4 | | C | D | |
| 1,00 | T | 6,69 | 4 | | | D | E |
| 3,00 | T | 7,07 | 4 | | | | E |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,23830

Error: 0,0823 gl: 33

| Tiempo | Medias | n | |
|--------|--------|----|---|
| abr-06 | 5,68 | 12 | A |
| mar-07 | 6,15 | 12 | B |
| jun-06 | 6,43 | 12 | C |
| oct-06 | 6,50 | 12 | C |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,82550

Error: 0,0823 gl: 33

| Tiempo | Dosis | Medias | n | | | | | | |
|--------|-------|--------|---|---|---|---|---|---|---|
| jun-06 | DA | 5,27 | 1 | A | | | | | |
| jun-06 | P | 5,34 | 1 | A | B | | | | |
| mar-07 | P | 5,42 | 1 | A | B | C | | | |
| abr-06 | T | 5,46 | 1 | A | B | C | D | | |
| mar-07 | DA | 5,52 | 1 | A | B | C | D | E | |
| jun-06 | T | 5,55 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| abr-06 | DM | 5,58 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| mar-07 | DM | 5,68 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| mar-07 | H | | | | | | | | |
| mar-07 | T | 5,71 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| mar-07 | H | I | | | | | | | |
| mar-07 | DA | 5,74 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| mar-07 | H | I | J | | | | | | |
| mar-07 | P | 5,81 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| jun-06 | H | I | J | K | | | | | |
| jun-06 | DM | 5,85 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| oct-06 | H | I | J | K | L | | | | |
| oct-06 | P | 5,89 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| jun-06 | H | I | J | K | L | | | | |
| jun-06 | T | 5,93 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| oct-06 | H | I | J | K | L | | | | |
| oct-06 | DA | 5,99 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| mar-07 | H | I | J | K | L | | | | |
| mar-07 | T | 6,02 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| abr-06 | H | I | J | K | L | | | | |
| abr-06 | DA | 6,03 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| jun-06 | H | I | J | K | L | | | | |
| jun-06 | DM | 6,05 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| | H | I | J | K | L | | | | |

| | | | | | | | | | |
|--------|----|------|---|---|---|---|---|---|---|
| abr-06 | P | 6,09 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | K | L | | | | |
| oct-06 | DA | 6,10 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | K | L | | | | |
| oct-06 | DM | 6,15 | 1 | | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | K | L | M | | | |
| oct-06 | P | 6,16 | 1 | | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | K | L | M | | | |
| jun-06 | P | 6,17 | 1 | | | C | D | E | F |
| G | H | I | J | K | L | M | | | |
| abr-06 | DA | 6,18 | 1 | | | C | D | E | F |
| G | H | I | J | K | L | M | N | | |
| oct-06 | T | 6,18 | 1 | | | C | D | E | F |
| G | H | I | J | K | L | M | N | | |
| oct-06 | T | 6,21 | 1 | | | C | D | E | F |
| G | H | I | J | K | L | M | N | O | |
| abr-06 | P | 6,24 | 1 | | | C | D | E | F |
| G | H | I | J | K | L | M | N | O | |
| jun-06 | DA | 6,27 | 1 | | | | D | E | F |
| G | H | I | J | K | L | M | N | O | |
| mar-07 | T | 6,29 | 1 | | | | D | E | F |
| G | H | I | J | K | L | M | N | O | |
| abr-06 | T | 6,31 | 1 | | | | | E | F |
| G | H | I | J | K | L | M | N | O | |
| mar-07 | DM | 6,32 | 1 | | | | | E | F |
| G | H | I | J | K | L | M | N | O | |
| oct-06 | DM | 6,33 | 1 | | | | | E | F |
| G | H | I | J | K | L | M | N | O | |
| abr-06 | DA | 6,35 | 1 | | | | | E | F |
| G | H | I | J | K | L | M | N | O | |
| oct-06 | T | 6,38 | 1 | | | | | | F |
| G | H | I | J | K | L | M | N | O | |
| mar-07 | DM | 6,40 | 1 | | | | | | |
| G | H | I | J | K | L | M | N | O | |
| jun-06 | DM | 6,43 | 1 | | | | | | |
| H | I | J | K | L | M | N | O | | |
| jun-06 | T | 6,46 | 1 | | | | | | |
| H | I | J | K | L | M | N | O | | |
| abr-06 | DM | 6,51 | 1 | | | | | | |
| H | I | J | K | L | M | N | O | P | |
| abr-06 | T | 6,53 | 1 | | | | | | |
| I | J | K | L | M | N | O | P | | |
| abr-06 | P | 6,56 | 1 | | | | | | |
| J | K | L | M | N | O | P | Q | | |
| abr-06 | DM | 6,60 | 1 | | | | | | |
| K | L | M | N | O | P | Q | | | |
| jun-06 | DA | 6,65 | 1 | | | | | | |
| L | M | N | O | P | Q | | | | |
| oct-06 | DM | 6,67 | 1 | | | | | | |
| L | M | N | O | P | Q | | | | |
| oct-06 | DA | 6,93 | 1 | | | | | | |
| M | N | O | P | Q | | | | | |
| mar-07 | DA | 7,00 | 1 | | | | | | |
| N | O | P | Q | | | | | | |
| jun-06 | P | 7,03 | 1 | | | | | | |
| O | P | Q | | | | | | | |

| | | | | | |
|--------|---|------|---|---|---|
| oct-06 | P | 7,31 | 1 | | |
| mar-07 | P | 7,38 | 1 | P | Q |
| | | | | | Q |

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

C:\TRABAJOS FINALES DE GRADO\Zapata\PH20-30.IDB2: 25/04/08 - 14:38:05

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| PH | 48 | 0,73 | 0,62 | 8,41 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | (Error) |
|--------------|-------|----|------|------|---------|----------------|
| Modelo | 30,12 | 14 | 2,15 | 6,43 | <0,0001 | |
| Bloque | 6,66 | 2 | 3,33 | 9,94 | 0,0004 | |
| Dosis | 8,50 | 3 | 2,83 | 2,99 | 0,1174 | (Bloque*Dosis) |
| Bloque*Dosis | 5,68 | 6 | 0,95 | 2,83 | 0,0247 | |
| Tiempo | 9,28 | 3 | 3,09 | 9,24 | 0,0001 | |
| Tiempo*Dosis | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd | |
| Error | 11,05 | 33 | 0,33 | | | |
| Total | 41,17 | 47 | | | | |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,41618

Error: 0,3348 gl: 33

| Bloque | Medias | n | |
|--------|--------|----|---|
| 2,00 | 6,36 | 16 | A |
| 1,00 | 7,05 | 16 | B |
| 3,00 | 7,22 | 16 | B |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,97210

Error: 0,9470 gl: 6

| Dosis | Medias | n | |
|-------|--------|----|-----|
| DM | 6,31 | 12 | A |
| DA | 6,77 | 12 | A B |
| P | 6,95 | 12 | A B |
| T | 7,48 | 12 | B |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,83236

Error: 0,3348 gl: 33

| Bloque | Dosis | Medias | n | |
|--------|-------|--------|---|-----|
| 2,00 | DM | 6,01 | 4 | A |
| 1,00 | DM | 6,35 | 4 | A |
| 2,00 | P | 6,44 | 4 | A B |
| 2,00 | DA | 6,48 | 4 | A B |
| 2,00 | T | 6,52 | 4 | A B |
| 3,00 | DM | 6,57 | 4 | A B |
| 1,00 | DA | 6,64 | 4 | A B |

| | | | |
|--------|---|------|---|
| jun-06 | P | 8,37 | 1 |
| | I | J | |
| oct-06 | P | 8,78 | 1 |
| | | J | |
| mar-07 | P | 8,79 | 1 |
| | | J | |

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

C:\TRABAJOS FINALES DE GRADO\Zapata\PH35-45.IDB2: 25/04/08 - 14:42:14

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| PH | 48 | 0,70 | 0,57 | 9,08 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | (Error) |
|--------------|-------|----|------|-------|---------|----------------|
| Modelo | 45,20 | 14 | 3,23 | 5,51 | <0,0001 | |
| Bloque | 11,97 | 2 | 5,99 | 10,22 | 0,0004 | |
| Dosis | 5,58 | 3 | 1,86 | 1,75 | 0,2557 | (Bloque*Dosis) |
| Bloque*Dosis | 6,37 | 6 | 1,06 | 1,81 | 0,1270 | |
| Tiempo | 21,28 | 3 | 7,09 | 12,11 | <0,0001 | |
| Tiempo*Dosis | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd | |
| Error | 19,33 | 33 | 0,59 | | | |
| Total | 64,53 | 47 | | | | |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,55051

Error: 0,5857 gl: 33

| Bloque | Medias | n | |
|--------|--------|----|---|
| 2,00 | 7,73 | 16 | A |
| 3,00 | 8,78 | 16 | B |
| 1,00 | 8,79 | 16 | B |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,02922

Error: 1,0615 gl: 6

| Dosis | Medias | n | |
|-------|--------|----|---|
| DM | 7,94 | 12 | A |
| T | 8,36 | 12 | A |
| P | 8,55 | 12 | A |
| DA | 8,88 | 12 | A |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,10103

Error: 0,5857 gl: 33

| Bloque | Dosis | Medias | n | | | |
|--------|-------|--------|---|---|---|---|
| 2,00 | DM | 6,77 | 4 | A | | |
| 2,00 | T | 7,34 | 4 | A | B | |
| 2,00 | P | 7,96 | 4 | | B | C |
| 1,00 | DM | 8,34 | 4 | | B | C |
| 3,00 | P | 8,47 | 4 | | | C |

| | | | | | |
|------|----|------|---|---|---|
| 1,00 | DA | 8,70 | 4 | C | D |
| 3,00 | DM | 8,71 | 4 | C | D |
| 3,00 | T | 8,84 | 4 | C | D |
| 2,00 | DA | 8,84 | 4 | C | D |
| 1,00 | T | 8,91 | 4 | C | D |
| 3,00 | DA | 9,11 | 4 | | D |
| 1,00 | P | 9,22 | 4 | | D |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,63568

Error: 0,5857 gl: 33

| Tiempo | Medias | n | | | |
|--------|--------|----|---|---|---|
| abr-06 | 7,42 | 12 | A | | |
| mar-07 | 8,26 | 12 | | B | |
| jun-06 | 8,89 | 12 | | B | C |
| oct-06 | 9,15 | 12 | | | C |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,20205

Error: 0,5857 gl: 33

| Tiempo | Dosis | Medias | n | | | | | | |
|--------|-------|--------|---|---|---|---|---|---|---|
| jun-06 | T | 5,76 | 1 | A | | | | | |
| abr-06 | DM | 6,33 | 1 | A | B | | | | |
| mar-07 | T | 6,60 | 1 | A | B | C | | | |
| mar-07 | P | 6,95 | 1 | A | B | C | D | | |
| jun-06 | DM | 7,17 | 1 | A | B | C | D | E | |
| abr-06 | T | 7,23 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| jun-06 | P | 7,33 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| mar-07 | T | 7,46 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| G | | | | | | | | | |
| oct-06 | T | 7,48 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| G | H | | | | | | | | |
| abr-06 | T | 7,69 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| G | H | I | | | | | | | |
| mar-07 | DA | 7,70 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| G | H | I | | | | | | | |
| oct-06 | P | 7,78 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | | |
| oct-06 | DM | 7,80 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | | |
| abr-06 | P | 7,83 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | | |
| jun-06 | DA | 7,83 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | | |
| abr-06 | DA | 7,90 | 1 | A | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|--------|----|------|---|---|---|---|---|---|
| mar-07 | DM | 8,06 | 1 | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| jun-06 | DM | 8,10 | 1 | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| mar-07 | P | 8,16 | 1 | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| mar-07 | DM | 8,21 | 1 | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| oct-06 | T | 8,29 | 1 | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| jun-06 | P | 8,42 | 1 | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| jun-06 | T | 8,52 | 1 | B | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| oct-06 | DA | 8,54 | 1 | | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| jun-06 | P | 8,66 | 1 | | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| mar-07 | DA | 8,67 | 1 | | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| abr-06 | P | 8,67 | 1 | | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| jun-06 | DA | 8,73 | 1 | | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| abr-06 | P | 8,80 | 1 | | C | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| jun-06 | T | 8,93 | 1 | | | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| mar-07 | DM | 8,94 | 1 | | | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| oct-06 | DM | 9,05 | 1 | | | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| oct-06 | P | 9,05 | 1 | | | D | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| oct-06 | T | 9,16 | 1 | | | | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| jun-06 | DA | 9,17 | 1 | | | | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| abr-06 | T | 9,18 | 1 | | | | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| oct-06 | P | 9,30 | 1 | | | | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| abr-06 | DA | 9,30 | 1 | | | | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| oct-06 | DA | 9,37 | 1 | | | | E | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| mar-07 | T | 9,41 | 1 | | | | | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| abr-06 | DA | 9,43 | 1 | | | | | F |
| G | H | I | J | | | | | |
| mar-07 | P | 9,55 | 1 | | | | | |
| G | H | I | J | | | | | |
| oct-06 | DA | 9,55 | 1 | | | | | |
| G | H | I | J | | | | | |
| abr-06 | DM | 9,57 | 1 | | | | | |
| G | H | I | J | | | | | |

| | | | |
|--------|----|------|---|
| mar-07 | DA | 9,62 | 1 |
| G | H | I | J |
| jun-06 | DM | 9,68 | 1 |
| H | I | J | |
| oct-06 | DM | 9,83 | 1 |
| | I | J | |
| abr-06 | DM | 9,94 | 1 |

J

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

C:\TRABAJOS FINALES DE GRADO\Zapata\PH50-60.IDB2: 25/04/08 - 14:48:02

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| PH | 48 | 0,83 | 0,75 | 4,54 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | (Error) |
|--------------|-------|----|------|-------|---------|----------------|
| Modelo | 28,05 | 14 | 2,00 | 11,15 | <0,0001 | |
| Bloque | 3,25 | 2 | 1,62 | 9,03 | 0,0007 | |
| Dosis | 0,04 | 3 | 0,01 | 0,06 | 0,9807 | (Bloque*Dosis) |
| Bloque*Dosis | 1,57 | 6 | 0,26 | 1,46 | 0,2224 | |
| Tiempo | 23,19 | 3 | 7,73 | 43,00 | <0,0001 | |
| Tiempo*Dosis | 0,00 | 0 | 0,00 | sd | sd | |
| Error | 5,93 | 33 | 0,18 | | | |
| Total | 33,98 | 47 | | | | |

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,30496

Error: 0,1797 gl: 33

| Bloque | Medias | n | |
|--------|--------|----|---|
| 2,00 | 9,11 | 16 | A |
| 1,00 | 9,18 | 16 | A |
| 3,00 | 9,69 | 16 | B |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,51169

Error: 0,2624 gl: 6

| Dosis | Medias | n | |
|-------|--------|----|---|
| P | 9,28 | 12 | A |
| DA | 9,33 | 12 | A |
| DM | 9,33 | 12 | A |
| T | 9,37 | 12 | A |

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,60991

Error: 0,1797 gl: 33

| Bloque | Dosis | Medias | n | | |
|--------|-------|--------|---|---|---|
| 2,00 | DM | 8,78 | 4 | A | |
| 1,00 | P | 8,95 | 4 | A | B |

| | | | | | | | |
|------|----|------|---|---|---|---|---|
| 2,00 | T | 9,01 | 4 | A | B | | |
| 1,00 | DA | 9,09 | 4 | A | B | C | |
| 2,00 | DA | 9,27 | 4 | A | B | C | D |
| 1,00 | T | 9,34 | 4 | A | B | C | D |
| 1,00 | DM | 9,37 | 4 | A | B | C | D |
| 2,00 | P | 9,38 | 4 | A | B | C | D |
| 3,00 | P | 9,52 | 4 | | B | C | D |
| 3,00 | DA | 9,63 | 4 | | | C | D |
| 3,00 | T | 9,77 | 4 | | | | D |
| 3,00 | DM | 9,85 | 4 | | | | D |

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

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,35213

Error: 0,1797 gl: 33

| Tiempo | Medias | n | |
|--------|--------|----|-----|
| abr-06 | 8,17 | 12 | A |
| jun-06 | 9,46 | 12 | B |
| mar-07 | 9,71 | 12 | B C |
| oct-06 | 9,98 | 12 | C |

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

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,21982

Error: 0,1797 gl: 33

| Tiempo | Dosis | Medias | n | |
|--------|-------|--------|---|-------------|
| jun-06 | T | 7,62 | 1 | A |
| mar-07 | DM | 7,78 | 1 | A B |
| abr-06 | DM | 7,84 | 1 | A B |
| abr-06 | T | 7,93 | 1 | A B C |
| jun-06 | DA | 8,11 | 1 | A B C D |
| abr-06 | DA | 8,17 | 1 | A B C D E |
| jun-06 | P | 8,20 | 1 | A B C D E F |
| mar-07 | P | 8,22 | 1 | A B C D E F |
| mar-07 | T | 8,36 | 1 | A B C D E F |
| jun-06 | DM | 8,47 | 1 | A B C D E F |
| abr-06 | P | 8,61 | 1 | A B C D E F |
| mar-07 | DA | 8,69 | 1 | A B C D E F |
| abr-06 | T | 8,91 | 1 | B C D E F |
| jun-06 | DM | 9,07 | 1 | C D E F |
| oct-06 | DM | 9,13 | 1 | C D E F |

| | | | | | | |
|--------|----|-------|---|---|---|---|
| abr-06 | T | 10,18 | 1 | | | |
| oct-06 | DA | 10,23 | 1 | M | N | O |
| oct-06 | DM | 10,29 | 1 | M | N | O |
| mar-07 | P | 10,42 | 1 | M | N | O |
| abr-06 | DA | 10,51 | 1 | | N | O |
| | | | | | | O |

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