



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA

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

**RELACIÓN ENTRE PROPIEDADES FÍSICO – QUÍMICAS DEL SUELO Y
ENRAIZAMIENTO DE ALFALFA.**

ALUMNO: JUAN PABLO FERNÁNDEZ

DNI: 27598964

DIRECTOR: ELENA BONADEO

CO-DIRECTOR: MARCOS BONGIOVANNI

RIO CUARTO – CORDOBA

JUNIO 2006

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

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Relación entre propiedades físico-químicas del suelo y enraizamiento de alfalfa

Autor: Juan Pablo Fernández
DNI: 27598964

Director: Elena Bonadeo
Co-Director: Marcos Bongiovanni

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

(Nombres)

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

Resumen

Las pasturas de alfalfa (*Medicago sativa L.*) del centro-este de la provincia de Córdoba, Argentina presentan sectores distribuidos al azar, comúnmente llamados “manchones”, de superficie variable y límites abruptos, donde la producción de materia seca es restringida, y sectores denominados “normales” donde la producción de materia seca es mayor. Este fenómeno se manifiesta más intensamente en áreas de relieve subnormal, en donde la capa freática oscila en los 2 m de profundidad. El objetivo de este trabajo fue relacionar las propiedades físicas y físico-químicas del suelo con características de las raíces de una pastura de alfalfa, para las dos situaciones mencionadas “normal”(N) y “manchon” (M). En las situaciones se determinó conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Se evaluaron raíces en dos momentos, mayo 2004 y marzo 2005, según número total, profundidad explorada y densidad de longitud de raíces (DLR). En la evaluación de mayo 2004 y marzo 2005, en “N” las raíces profundizaron más que en “M” debido a las condiciones más favorables en “N”. En cuanto a DLR y su variación en profundidad se observaron mayores valores para “M” en los primeros 30 cm. de suelo debido a las condiciones favorables de suelo. Se concluye que en la situación “M” el contenido de sodio y sales que superan los valores críticos para la alfalfa ocurren a partir de los 20 cm. de profundidad, lo que reduce la densidad de longitud de raíces a partir de esa profundidad y también la profundidad máxima alcanzada por las mismas. En “N” los valores críticos de sales y sodio para la alfalfa no ocurren hasta la profundidad evaluada, por lo tanto el condicionamiento al desarrollo de raíces no se observa.

PALABRAS CLAVES: salinidad, sodio, densidad de longitud de raíces, manchon, normal

Summary

The lucerne (*Medicago sativa* L.) pastures of the east-central Córdoba province, Argentina, present “patches” that are randomly distributed sectors, of variable surface and abrupt limits in which dry matter production is restricted and sectors called “normal” where dry matter production is higher. They are manifested more intensely in subnormal relief areas in which the ground water table is located approximately at 2 m profundity. The study of the relationships between the physical and chemical properties of soil and lucerne root spatial development for two locations, normal (N) and “patched” (P) is the objective of this work. Electrical conductivity, Ph, cationic exchange capacity and exchangeable sodium percentage (ESP) were analyzed. In two periods, May 2004 and March 2005, the roots were evaluated for roots longitude density (DLR) and their relationship with the explored depth and total number. In the evaluations of this two periods, the roots of “N” went deeper than in “M” due to the favorable conditions of “N” in depth. For DLR and its variation in depth, “P” overcome “N” in the first 30 cm of soil, attributed to the favorable conditions. We conclude that in the “P” situation, the critical values of salts and sodium for leucerne occurs after the 20 cm of depth, and reduces the DLR and the maximum deepness achieved by the roots. In “N” the critical values of salts and sodium for leucerne does not occur up to the evaluated depth, thats why there is no conditioning for development observed.

Key words: salinity, sodium, roots longitude density, match, normal.

Índice

Introducción

Introducción	1
Hipótesis	3
Objetivos	3
Objetivos específicos	3

Materiales y Métodos

1-Materiales

Rasgos Fisiográficos	4
Condiciones Climáticas	4
Suelos	5
Capa Freática	7
Vegetación natural del área	8

2-Métodos

Determinaciones en suelo	9
Determinaciones en planta	9
Análisis estadístico	9

Resultados y Discusión

Figura 1: Variación del pH en función de la profundidad del suelo en mayo 2004	11
Figura 2: Variación de la conductividad eléctrica en función de la profundidad en mayo 2004	12
Figura 3: DLR en función de la profundidad para el mes de mayo 2004	14
Figura 4: DLR en función de la profundidad para el mes de marzo 2004	15
Tabla 6: Capacidad de intercambio cationico y porcentaje de sodio intercambiable por horizontes en situación “Normal” y “manchon”.	10
Tabla 7: Numero total de raíces y profundidad máxima alcanzada en “N” y “M”	13
Tabla 8: Mapa de raíces en “N” (mayo 2004)	16
Tabla 9: Mapa de raíces en “M” (mayo 2004)	18

Conclusiones

Conclusión	19
------------	----

Bibliografía

Bibliografía	20
--------------	----

INTRODUCCIÓN

Una característica del área comprendida entre los 32° 20'-32° 40' de LS y 63° 30'-63° 00' de LO, que corresponde a la Hoja Villa María (INTA, 1987), es la aparición -en los principales cultivos y pasturas- de “manchones” de superficie variable, caracterizados por un menor desarrollo, que alternan con áreas de producción “normal”.

Según Jarsun (1996) los suelos de esta área se pueden clasificar por su ubicación en el paisaje en suelos de planos altos o de lomadas, de planos o ligeramente deprimidos y de bajos. Los sectores planos o ligeramente deprimidos están formados por suelos similares a los de lomadas, pero con la presencia de sales y/o sodio a diferentes profundidades siendo en éstos donde se manifiesta el “manchoneo” típico del área. Este fenómeno ocurre frecuentemente en la Consociación Oncativo o las Asociaciones o Complejos que la incluyen, y es de especial importancia por ser tierras de alto potencial productivo (INTA, 1987). La intensidad de la manifestación está relacionada con la especie o cultivar, con la etapa ontogénica y con el déficit hídrico (Jarsun, 1996).

Esta problemática adquiere relevancia productiva y económica en pasturas de alfalfa (*Medicago sativa L.*) por ser el principal recurso forrajero de la cuenca lechera de Córdoba, segunda provincia productora de leche del país. Esta provincia cuenta con cuatro cuencas, Noroeste, Villa María, Central y Sur. La más importante es la de Villa María, que se continúa con la cuenca Santa Fe Centro, constituyendo la zona lechera más importante del país.

La producción de forraje y la duración de la pastura disminuyen con el tiempo (Barrenechea, comunicación personal) por afectarse el comportamiento de raíces y biomasa aérea (Bonadeo *et al.* 2001).

No existe un diagnóstico claro del problema por los escasos antecedentes y por el carácter muy general de algunos estudios realizados (Jarsun, 1996; Carvajal, 1971), por ende, se carece de técnicas de manejo del suelo y de la pastura para resolverlo.

Se necesita un entendimiento claro del funcionalismo suelo-pastura para evidenciar las restricciones que le impone el suelo a la producción durante todo su ciclo, en la situación “normal” y de “manchoneo”.

La alfalfa se adapta a diferentes tipos de suelo siendo los más aptos los de textura franca. Una condición importante es que tengan buen drenaje y que sean lo suficientemente profundos para permitir un normal desarrollo radical. La especie no prospera satisfactoriamente cuando existe algún impedimento en el perfil que pueda restringir su desarrollo. Los impedimentos pueden ser de tipo mecánicos (tosca, horizontes densos), físicos (falta de aireación, exceso de humedad, saturación temporaria por la napa freática) o químicos (acidez, alcalinidad elevada). Estos factores no sólo disminuyen la producción sino también la persistencia, ya que las plantas están imposibilitadas de acumular reservas suficientes para un aprovechamiento intensivo (Culot, 1986).

El pH óptimo del suelo para permitir una buena implantación y persistencia, junto con una mayor actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno es de 6,7 – 6,9, a su vez, en ese rango se encuentran disponibles para las plantas los nutrientes necesarios existentes en el suelo (Jarsum, 1996). Con valores inferiores a 5,8 crece con graves problemas nutricionales y de nodulación. Es medianamente resistente a la salinidad, ya que tolera suelos con conductividad eléctrica de hasta 8 dS/m, pero a costa de una reducción del 50% de su producción. La salinidad crítica sin reducción de rendimiento es de 2 dS/m (Culot, 1986). Con respecto a los nutrientes, existe una demanda continua que varía de acuerdo al ritmo de crecimiento y a la estación, siendo mayor cuando se produce el pico de producción (Romero *et al*, 1995).

La alfalfa es muy sensible al anegamiento. Esto limita la oxigenación a nivel radical, provocando los mayores daños en estado de plántula y con altas temperaturas. Las plantas adultas son algo más tolerantes, siempre que la temperatura del suelo no sea elevada y el tiempo no sea prolongado, en estas condiciones se ha calculado que 8 días de anegamiento disminuyen la fotosíntesis en un 30% (Culot, 1986).

Situaciones de napas freáticas fluctuantes cercanas a superficie, que oscilan entre 1 y 1,5 m de profundidad y una salinidad que supere los 5 mScm⁻¹ de conductividad eléctrica, representan valores críticos que limitan la producción y la persistencia de los alfalfares (Ochoa, 1980).

Hipótesis

En áreas de menor desarrollo de la alfalfa (Manchon), el suelo presenta contenidos de sodio y sales a menor profundidad que en las áreas de mayor desarrollo (Normal), y que superan los límites de tolerancia de la pastura.

La condición desfavorable mencionada en el párrafo anterior afecta la profundización y proliferación de las raíces de alfalfa.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es relacionar el contenido de sales y sodio del suelo con el sistema de raíces de un alfalfar para las situaciones de desarrollo “normal” y de “manchon” de la pastura.

Objetivos específicos

Evaluar el contenido de sales y sodio del suelo en la situación “normal” y en la situación “manchon”.

Evaluar el número total y la densidad de raíces de ambas situaciones.

Relacionar el número total de raíces con el contenido de sales y sodio del suelo.

Relacionar la densidad de longitud de raíces con el contenido de sales y sodio del suelo.

MATERIALES Y METODOS

1-Materiales

Área de estudio

-Rasgos Fisiográficos

El área de Villa María, esta comprendida dentro de la unidad geomorfológica denominada Pampa loessica plana, ubicada en el centro Este de la llanura Cordobesa.

Este ambiente fisiográfico posee las siguientes características:

- Relieve muy plano con pendiente regional hacia el Este no mayor al 0.5%.
- Potentes depósitos eólicos (loess) de textura franco limosa que constituyen el material originario de los suelos.

- Capa de agua subterránea o freática que afecta las áreas cóncavas en mayor o menor medida por su presencia. Los suelos en estas depresiones presentan problemas de drenaje, sodificación, salinización y cementación en profundidad.

- La presencia de bajos alargados suavemente deprimidos evidencian un control estructural. El ancho oscila entre 100 y 300 m. Con relieve ligeramente cóncavo, orientados en dos direcciones predominantes (NE-SO y NO-SE) conformando una red de drenaje subrectangular. Estas líneas, de origen estructural, funcionan como colectores actuales de las aguas superficiales, conduciendo las mismas hacia el Este en la medida que coincidan con la pendiente regional, o bien, las llevan lentamente a terrenos más deprimidos donde se infiltran o evaporan. También pueden encauzar las aguas hacia el curso permanente del Río Tercero.

- El escurrimiento en las lomas y planos en general es lento y muy lento a nulo en los pozos de inundación y depresiones mayores. Los fenómenos erosivos se manifiestan con muy poca intensidad, por falta de pendientes importantes. Por otra parte, las texturas medias de los suelos (franco limosa) con moderada estabilidad estructural, atenúan la acción erosiva del viento.

-Condiciones Climáticas

Para caracterizar este aspecto del área a describir, se ha recurrido a los datos pluviométricos de la ciudad de Villa María, que es una de las localidades ubicadas dentro de la hoja Villa María (INTA,1987), y que presenta los registros más extensos. La información termométrica ha sido tomada de los datos suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional para la ciudad de Bell Ville distante 60 Km. de Villa María y situada a una latitud similar dado que no existe para la ciudad de referencia información meteorológica completa del Servicio Meteorológico Nacional, ni información agro meteorológica del INTA.

-Régimen térmico

El régimen térmico de esta localidad es templado, su temperatura media anual es de 16.05 °C y resulta característica de la zona central de la pradera pampeana con una amplitud térmica aproximada entre el mes más cálido (enero) y el más frío (julio) de 14.5 °C.

-Régimen pluviométrico

El régimen pluviométrico de Villa Maria es del tipo monzonico ya que las lluvias de los seis meses estivales (octubre a marzo = 587 mm.), triplican largamente a las del semestre invernal (abril a septiembre =192 mm.).

La precipitación media anual es de 799 mm. Los meses más lluviosos son Diciembre, Enero, Marzo y los más secos Junio, Julio, Agosto. En la tabla 1 se informan los valores de precipitaciones mensuales registradas durante el periodo en que se realizo el trabajo.

Tabla 1. Precipitaciones mensuales entre 2003-2005 para la ciudad de Villa Maria.

año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	total
2003	107	83	111	71	18	2	27	7	0	37	21	116	599
2004	42	209	93	121	109	0	66	16	0	85	163	91	993
2005	143	87	124	57	14	5	15	16	42	71	93	72	739

(Datos de precipitaciones aportados por INTA Villa Maria.)

-Suelos

En el sector estudiado, si bien los **suelos** están clasificados como Haplustoles énticos (Consociacion Oncativo), según consta en la hoja Villa Maria de la carta de suelos de INTA hoja 3363-9 (1987), se encontró la secuencia de horizontes, que se indican en las tablas 2 y 3, Probablemente la escala del mapeo no es suficiente para detectar la elevada variabilidad espacial de los suelos del área. Cabe acotar que cercanas al área de estudio existen otras unidades cartográficas que rodean a la serie.

En la tabla 2 y 3 se indican rasgos morfológicos y contenido de materia orgánica (%MO) del suelo en situación “Normal” y “Manchon”

Tabla 2 – Rasgos morfológicos y contenido de materia orgánica (%MO) en situación “Normal” (Extraído de Bonadeo *et al.*2004)

Horizonte	Prof. (cm)	Textura	Estructura (tipo)	MO (%)
A	0-26	Franco limoso	Bloques Subang.	2,64
Bw	26-37	Franco limoso	Bloques Subang.	1,32
Bwk	37-55	Franco limoso	Bloques Subang.	1,16
Bck	55-90	Franco limoso	Bloques Subang.	0,95
Ck	+90	Franco limoso	Masiva	0,84

Tabla 3 – Rasgos morfológicos y contenido de materia orgánica (%MO) en situación “Manchón” (Extraído de Bonadeo *et al.*2004)

Horizonte	Prof. (cm)	Textura	Estructura (tipo)	MO (%)
A	0-24	Franco limoso	Bloques Subang.	2,37
Bwk₁	24-43	Franco limoso	Bloques Subang.	0,99
Bwk₂	43-66	Franco limoso	Bloques Subang.	0,93
Ck	66- 96	Franco limoso	Masiva	0,63
Ck₂	+ de 96	Franco limoso	Masiva	0,32

-Capa Freática:

En la tabla 4 se presentan los datos de conductividad eléctrica (CE) y en la tabla 5 los datos de variación de profundidad de la capa freática, para ambas situaciones desde Noviembre a Abril de 2001.

Tabla 4. Conductividad eléctrica (CE) de la capa freática en las situaciones normal “N” y manchon “M”. (Bonadeo, datos no publicados)

Situación	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
CE (dS m ⁻¹)						
“N”	1,51	1,76	1,64	1,66	1,65	1,58
“M”	2,24	2,13	2,07	2,06	2,10	2,09

Tabla 5. Profundidad de la capa freática para las normal “N” y manchon “M”. (Bonadeo, datos no publicados)

Situación	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Profundidad (m)						
“N”	3,09	2,39	2,25	2,47	2,50	2,78
“M”	3,12	2,35	2,35	2,47	2,53	2,80

-Vegetación natural del área.

Cabrera (1971) citado por INTA (1987), puntualizó el hecho de que la “provincia del espinal” rodea en forma de arco a la “provincia pampeana” en el sector de los 31° de latitud sur; es por ello que se observan ejemplares de especies arbóreas de tipo Xerófitos del “distrito del algarrobo” introducidos dentro del área mas húmeda de la provincia pampeana.

Ragonese (1967) citado por INTA (1987), concuerda con esta delimitación geográfica, y dice que se trata de una región profundamente modificada por el hombre, particularmente desde que la colonización agrícola que tomo impulso en la ultima década antes del siglo pasado. En la actualidad es casi imposible hallar comunidades vegetales intactas, el desmonte, el fuego y el arado han alterado irreversiblemente la vegetación nativa, aun en campos de inferior calidad, que son los menos modificados, como así también el área vecina a vías férreas.

En su lugar, existen cultivos agrícolas (soja, sorgo, trigo, maíz, etc.), y pasturas particularmente basadas en alfalfa, acompañadas por especies tolerantes a las condiciones edáficas existentes (agropiro alargado, trébol de olor blanco) y diversidad de malezas.

Dada la vecindad con el “distrito del algarrobo” ya mencionada, aparecen ocasionalmente relictos de “algarrobos” blancos y negros(*Prosopis sp.*), “tala” (*Celtis spinosa*), “chañar” (*Geoffrodea decorticans*), “espinillo”(Acacia *caven*), etc.

-Pastura:

Alfalfa variedad araucana grupo 8 sembrada en marzo de 2001.

2-Métodos

Se seleccionaron tres áreas de menor crecimiento de alfalfa, denominadas “manchon” y tres áreas de mayor crecimiento denominado “normal”, a las cuales se les realizaron las determinaciones que se detallan seguidamente. Cabe aclarar que en la situación “Manchon” existían plantas de “*Stipa sp.*” incipientes.

2.1 En el suelo

a) Conductividad eléctrica: relación 1:1 (Richards, 1973). Los valores medidos en relación 1:1 fueron convertidos a valores de conductividad eléctrica del extracto de saturación (C_{e_e}) mediante la siguiente ecuación $(C_{e_e}) = (CE_{1:1}) / 0.59$. (USDA 1999).

b) pH: relación suelo:agua 1:2,5 por potenciometría .

c) Na^+ : extracción - $AcNH_4$ pH=7- (Richards, 1973) y determinación -fotómetro de llama- previa dilución de la muestra.

d) Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con $AcNa$ (pH=8.2) (Richards, 1973)

2.2 Determinaciones en la planta

Se realizaron sin repetición.

a) Densidad de longitud de raíces (DLR): método del perfil expuesto (Bohm, 1979) en mayo 2004 y marzo 2005. Este método consiste en realizar una calicata, alisar las paredes de la misma luego aplicar agua a presión con una mochila pulverizadora y colocar una grilla metálica para facilitar la tarea de conteo de raíces. El conteo de raíces se realiza sin discriminar a que especie pertenecen.

b) Numero total de raíces: recuento de raíces en un área de 90 x 140 cm. con la ayuda de una grilla metálica. (Raíces de alfalfa + raíces de malezas).

2.3 Análisis estadístico de datos

Se realizó mediante Infostat (versión 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 6 se informan los valores de CIC y porcentaje de sodio intercambiable (PSI) determinados para la situación “normal” y “manchon”.

Tabla 6: Capacidad de intercambio cationico (CIC) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI) por horizontes de la situación “Normal” y “Manchon”.

“Normal”				“Manchon”			
Horizonte	Prof. (cm)	CIC (cmol kg ⁻¹)	PSI	Horizonte	Prof. (cm)	CIC (cmol kg ⁻¹)	PSI
A	0-26	12,6	2.4 a	A	0-24	11,7	12.4 b
Bw	26-37	14,3	12.4 a	Bw1k	24-43	13,36	33.0 b
Bwk	37-55	14,3	14.2 a	Bw2k	43-66	12,6	42.0 b
Bck	55-90	13,0	23.4 a	Ck1	66- 96	13,0	43.7 b
Ck	+90	10,9	39.7 a	Ck2	+ de 96	10,0	45.1 a

Letras diferentes entre las columna de PSI de la situación normal y PSI de la situación manchon para una misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Del análisis de la tabla 6 surge que en ambas situaciones el PSI se incrementa en profundidad y que en “N” siempre es menor que en “M” para todas las profundidades. Las diferencias entre horizontes son estadísticamente significativas a excepción de los dos últimos horizontes (Ck para “N” y Ck₂ para “M”).

Según Bressler *et al*, (1982) el umbral critico de PSI para la alfalfa es de 40% por ocasionar condiciones nutricionales y físicas adversas. Este valor es superado en “M” a partir de los 0,43 m, a diferencia de la situación “N” donde no es superado.

Si se toma como valor crítico un PSI de 15%, valor relacionado al proceso de dispersión de arcillas, se observa que en “N” este valor se alcanza a partir de los 55 cm. mientras que en “M” a partir de los 24 cm.

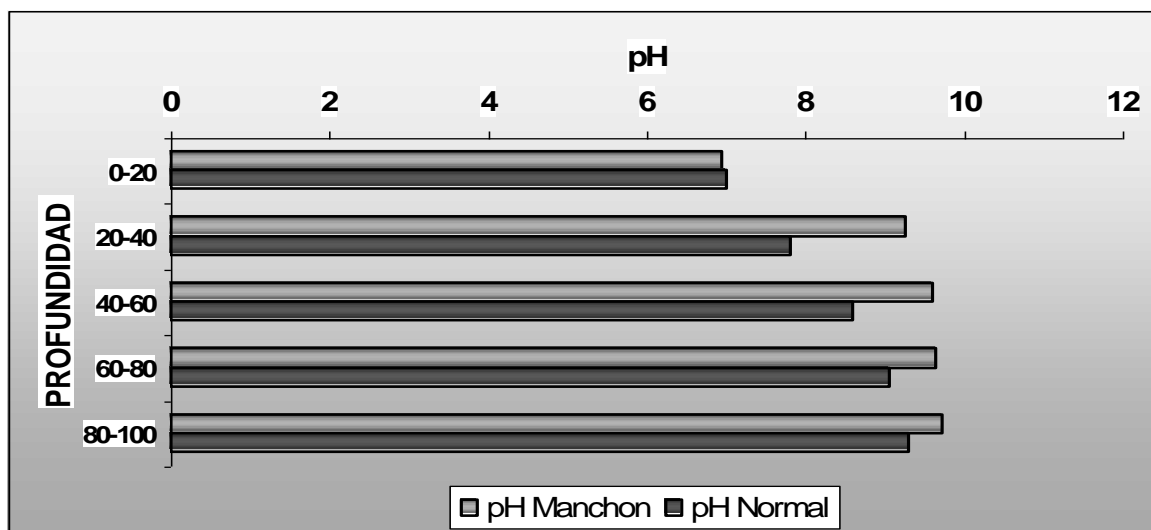


Figura 1: Variación del pH en función de la profundidad del suelo en mayo 2004 para la situación “Normal” y “Manchon”.

Los valores de pH de “M” superan a los de “N” en todas las profundidades analizadas a excepción de la primera capa, donde los valores son similares (figura 1).

El aumento del pH con la profundidad es gradual en “N” alcanzando valores máximos entre los 80-100 cm. (9,31), mientras que en “M” se incrementa bruscamente entre la primera y segunda capa y luego se mantienen elevados en profundidad, alcanzando valores de pH cercanos a 10.

En “M” y en “N” a partir de los 20 cm. se supera el rango indicado como crítico para la alfalfa, lo que afecta la disponibilidad de nutrientes y la nodulación de raíces (Jarsun, 1996) aunque este efecto es menos marcado para “N”.

En la figura 2 se indica la variación de la CE con la profundidad para ambas situaciones en mayo 2004.

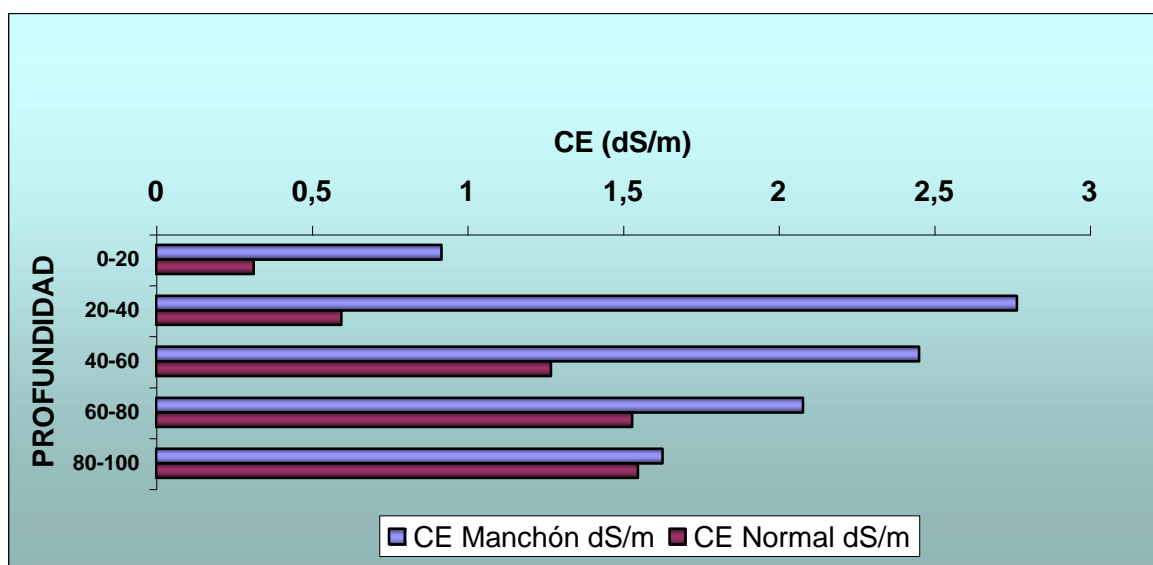


Figura 2: Variación de la Conductividad Eléctrica (CE) en función de la profundidad en mayo 2004 para la situación “Normal” y “Manchon”.

Para la situación “M” los valores de CE superan el umbral de tolerancia a sales del cultivo de alfalfa de 2dS/m (Culot, 1986), excepto el primer horizonte, el cual tiene valores menores. Para la situación “N” los valores de CE se ubican por debajo de la salinidad crítica para alfalfa, al menos hasta los 100 cm. de profundidad. Cabe aclarar que ésta es una propiedad muy dinámica y en otras épocas del año puede presentar valores diferentes, aunque se mantendría las diferencias entre situaciones.

Los mayores valores de CE en “M” estarían directamente relacionados a la mayor CE de la capa freática para “M”, según consta en la tabla 4, ya que no se observan diferencias importantes en la profundidad entre situaciones (tabla 5).

Tabla 7: Número total de raíces y profundidad máxima alcanzada en normal y manchon.

<i>Situación</i>	Num. total de raíces Mayo 2004	Num. total de raíces Marzo 2005	Prof. Máxima en m. Mayo 2004	Prof. Máxima en m. Marzo 2005
Normal	997	643	1.30	1.10
Manchon	1288	932	0.65	0.95

Con relación al número total de raíces se observa que para “M” donde el número total de raíces debería ser menor, por encontrarse condicionadas por elevados contenidos de sales y sodio, ello no ocurre (tabla 7). Esta situación se explica dado que la metodología utilizada para el conteo de raíces no permite diferenciar raíces de alfalfa de raíces de malezas. En la situación “M” se observaron incipientes plantas de malezas gramíneas (*Stipa sp*), que se manifiestan como consecuencia del debilitamiento de las plantas de alfalfa. Al respecto (Barrenechea, comunicación personal) dice que en pasturas de alfalfa de tres años o más, el avance de malezas gramíneas es un hecho frecuente.

También el mayor número de raíces en la situación “M” podría explicarse por el crecimiento compensatorio de las mismas al no poder profundizar (Scott Russell, 1977)

Del análisis de la profundidad máxima alcanzada por las raíces, surge que en “N” las raíces profundizan 1,30 m mientras que en “M” alcanzan los 0,65 m para mayo 2004. En marzo 2005 si bien la diferencia se reduce, las raíces de “N” profundizan más que “M”. La menor profundidad de raíces en “M” se atribuye principalmente al elevado pH a partir de los 0,20 m (figura 1) y a la elevada CE (figura 2) a partir de la misma profundidad. El elevado pH afectaría la disponibilidad de nutrientes y la elevada CE la disponibilidad de agua.

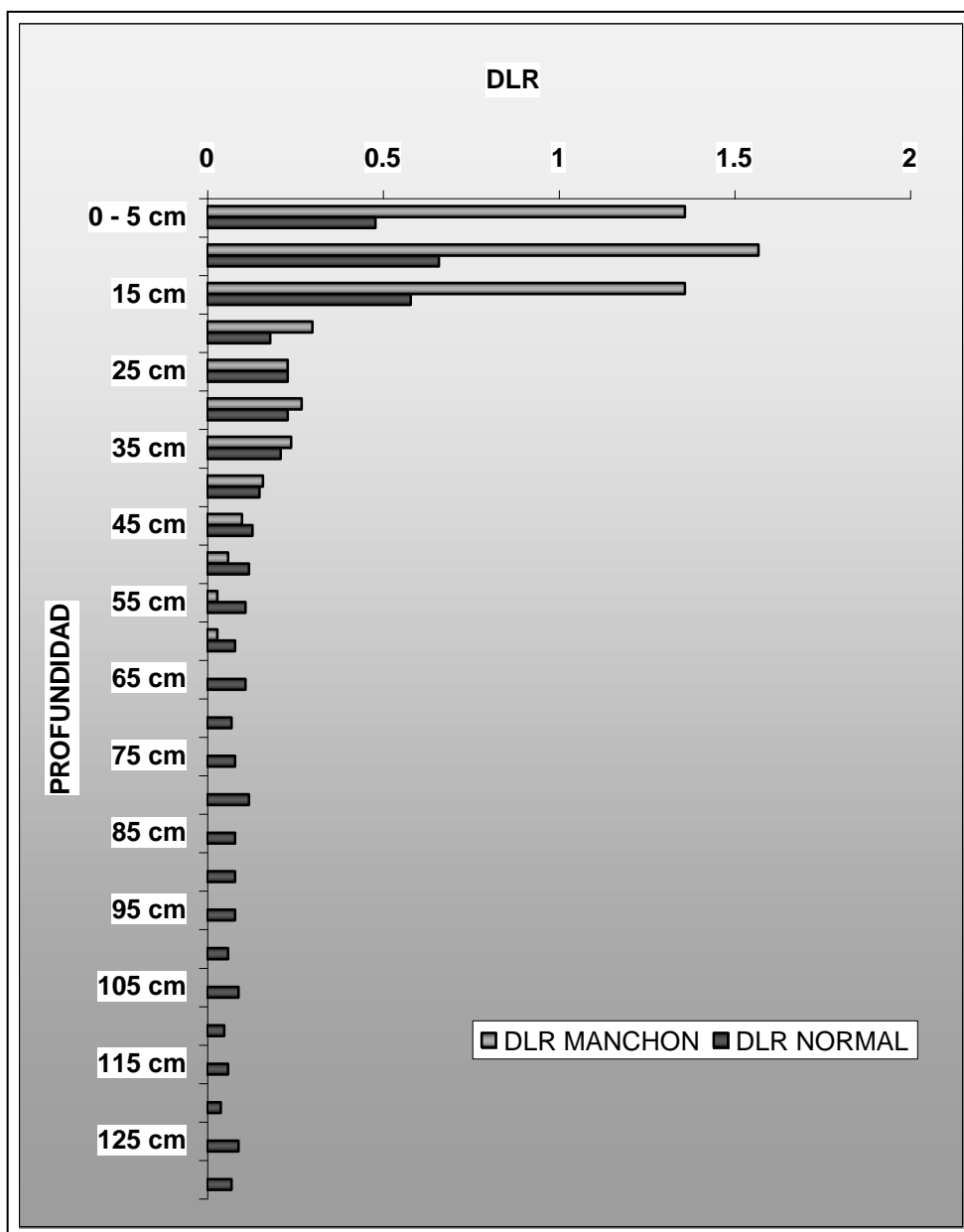


Figura 3: Densidad de longitud de raíces (DLR) en función de la profundidad para el mes de Mayo 2004.

En la figura 3 se observa, en “M” una elevada concentración de raíces entre 0-20 cm y una disminución abrupta de las mismas a partir de esa profundidad hasta alcanzar 65 cm donde no hay más raíces. Esta situación se puede entender al analizar los datos de Conductividad Eléctrica (0,9 dS/m) y pH (6.9) del primer horizonte de “M”, valores que no representan un impedimento para el normal desarrollo de las raíces.

Cabe aclarar que los mayores valores de DLR de la situación “M”, están dados por la presencia de raíces de malezas, principalmente gramíneas, que concentran su mayor volumen de raíces en los primeros cm de suelo, debido a su sistema radical, las cuales ocupan los nichos que deja la alfalfa.

En “N” si bien los mayores valores de DLR están entre 0-20 cm la disminución con la profundidad es gradual hasta alcanzar la profundidad máxima 1,30 m

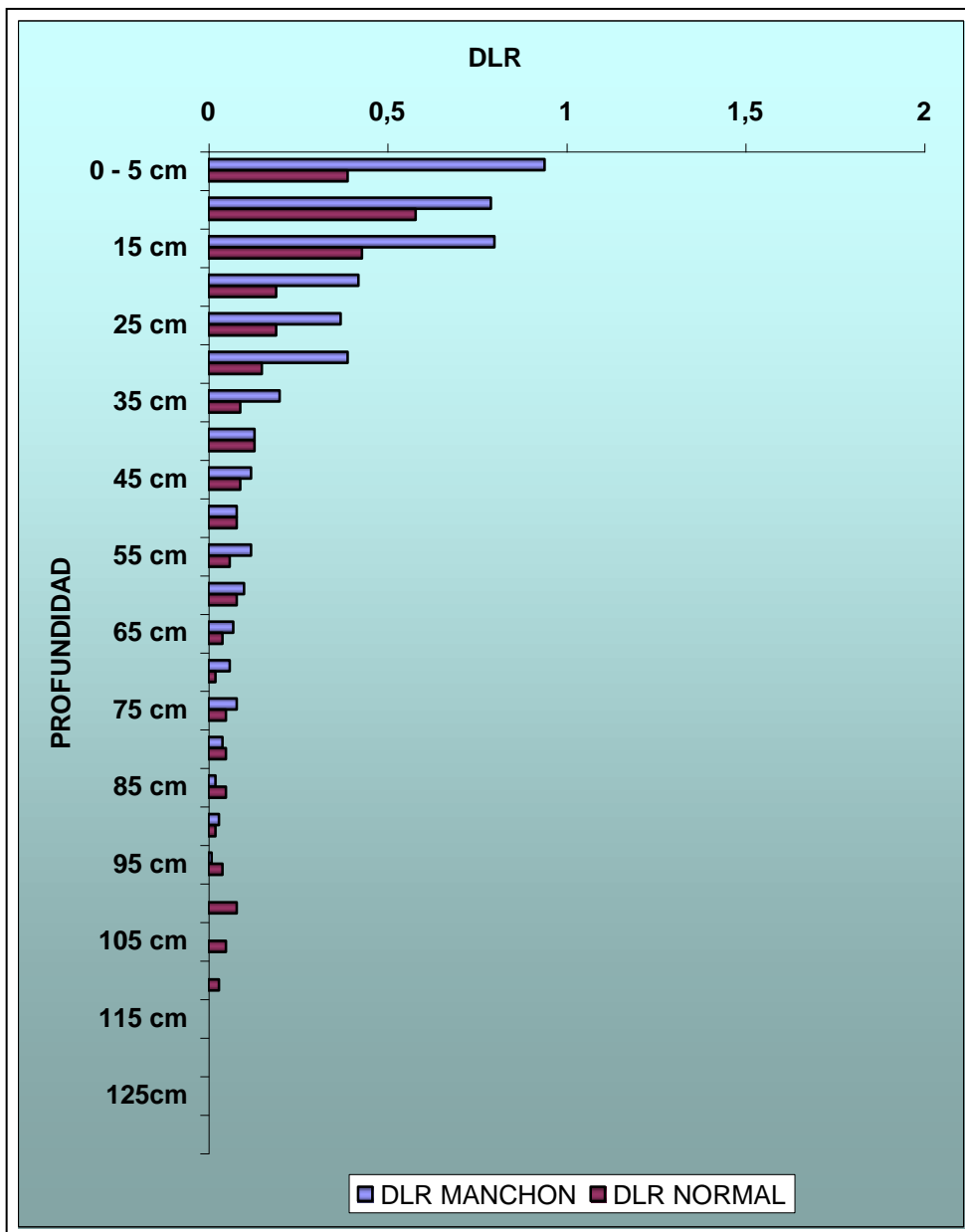


Figura 4: Densidad de longitud de raíces (DLR) en función de la profundidad para el mes de Marzo 2005.

En la figura 4 la tendencia es similar, pero los valores de DLR para “M” son menores que los indicados en la figura 3, posiblemente debido a la menor cantidad de precipitaciones ocurridas en 2005 (tabla 1). Si se considera el periodo comprendido entre octubre y el momento de medición de raíces se observa que para la primera medición las precipitaciones fueron de 689 mm y para la segunda de 569 mm.

Tabla 8: Mapa de raíces en “N” (mayo 2004).

Prof. / cm	Densidad de Longitud de Raíces (cm. / cm ³)																	
0-5	0,48	0,4	0,56	0,48	0,48	0,32	0,48	0,4	0,48	0,56	0,56	0,48	0,6	0,64	0,48	0,56	0,48	0,24
5-10	1,2	0,64	0,64	0,96	0,8	0,64	0,48	0,8	0,72	0,56	0,48	0,8	0,5	0,96	0,64	0,4	0,24	0,4
10-15	0,64	0,48	0,4	0,48	0,72	0,56	0,56	0,56	0,56	0,64	0,64	0,72	0,3	0,72	0,72	0,64	0,72	0,32
15-20	0,08	0,08	0,24	0,32	0,16	0,24	0,08	0,16	0,16	0,24	0,32	0,24	0	0,24	0,08	0,32	0,16	0,16
20-25	0,08	0,16	0,24	0,16	0,24	0,08	0,16	0,16	0,4	0,24	0,32	0,24	0,2	0,24	0,24	0,16	0,4	0,32
25-30	0,24	0,16	0,24	0,24	0,16	0,32	0,32	0,16	0,24	0,24	0,32	0,16	0,1	0,24	0,16	0,32	0,24	0,32
30-35	0,16	0,16	0,24	0,32	0,16	0,24	0,32	0,24	0,24	0,16	0,24	0,08	0,2	0,24	0,16	0,24	0,24	0,16
35-40	0	0,08	0,16	0,16	0,08	0,24	0,16	0,24	0,24	0,08	0	0,16	0,1	0,32	0,16	0,16	0,24	0,16
40-45	0	0	0	0,08	0,24	0,24	0,16	0,24	0,08	0	0,24	0,16	0	0,32	0,08	0,24	0,16	0,16
45-50	0	0	0	0,08	0,16	0	0,08	0	0,16	0,08	0,16	0,16	0,2	0,16	0,32	0,24	0,16	0,16
50-55	0	0,08	0,08	0,16	0,08	0,24	0,24	0,16	0,08	0,16	0	0	0,2	0	0,24	0	0,16	0,16
55-60	0	0	0	0,08	0,16	0,16	0,16	0	0	0	0,16	0,08	0,2	0	0,16	0,24	0,08	0,08
60-65	0	0	0	0,24	0,16	0	0,16	0,24	0,24	0,08	0	0,16	0,2	0	0	0,16	0,16	0,16
65-70	0	0	0	0	0	0,16	0	0,16	0,08	0	0,16	0	0,2	0,08	0,24	0,08	0	0,16
70-75	0	0,08	0	0,08	0	0	0,08	0,08	0,16	0,08	0,08	0	0	0,08	0,16	0,24	0,16	0,16
75-80	0,08	0,24	0,16	0,24	0	0	0,08	0	0,16	0	0,08	0,08	0	0,16	0,16	0,24	0,24	0,24
80-85	0	0,08	0	0,16	0	0	0	0	0,08	0	0,08	0,16	0	0,16	0,16	0,24	0,16	0,16
85-90	0,08	0,08	0	0,08	0	0	0	0	0	0,08	0	0,08	0,1	0,16	0,16	0,24	0,16	0,24
90-95	0,08	0,08	0	0	0	0,08	0	0,16	0,16	0	0,08	0,08	0	0	0,08	0,16	0,16	0,24
95-100	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0,16	0,1	0,24	0,16	0,16	0	0,16
100-105	0	0,08	0,08	0	0,16	0	0	0	0	0	0,08	0,24	0,2	0,24	0,24	0,16	0,08	0,08
105-110	0	0	0	0,08	0	0,08	0,16	0	0	0,32	0	0,08	0	0	0,08	0	0,08	0,08
110-115	0	0	0,16	0,08	0,16	0	0	0	0,08	0,08	0	0,08	0	0	0,08	0,08	0,16	0,08
115-120	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0,2	0,08	0,16	0,08	0,08	0
120-125	0,08	0	0,08	0,16	0,16	0	0,16	0	0,08	0,08	0,08	0	0,2	0	0,08	0,16	0,16	0,08
125-130	0,08	0	0,08	0,16	0,08	0,08	0,16	0	0	0	0,08	0	0	0,08	0,08	0,16	0,08	0,08

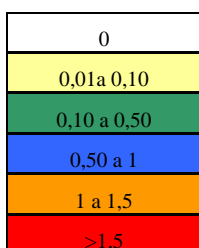
0
0,01a 0,10
0,10 a 0,25
0,25 a 0,50
0,50 a 0,75
0,75 a 1
> 1

En la tabla 8 se observa que en la situación “normal” que presenta buen stand de plantas de alfalfa y baja infestacion de malezas, existe una distribución medianamente homogénea de raíces en toda el área analizada. Los mayores valores de DLR se ubican en los primeros 20 centímetros y descienden gradualmente a medida que se profundiza en el perfil.

Cabe aclarar que no existe un rango amplio entre los valores extremos de DLR en el perfil explorado, esta situación se da por los valores de pH, CE y PSI, los cuales no resultan críticos para la producción de la alfalfa.

Tabla 9: Mapa de raíces en “M” (mayo 2004).

Prof. / cm	Densidad de Longitud de Raíces (cm. / cm ³)																		
0-5	1,2	1,3	1,4	1,3	1,1	1,2	1,1	1,2	1,4	1,8	1,9	1,9	1,7	1,1	1	1,3	1,4	1,1	
5-10	1,6	1,6	1,5	1,8	1,8	1,3	1,8	1,6	1,4	1,6	1,9	1,4	1,8	1,4	1,6	1,4	1,2	1,4	
10-15	1,7	1,5	1,7	1,7	1,6	1,2	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3	1,2	1,2	1	1,4	1,1	1,3	
15-20	0,3	0,2	0,1	0,6	0,4	0,3	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,5	
20-25	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	
25-30	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,5	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	
30-35	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,3	
35-40	0,1	0	0,2	0,1	0	0,2	0	0,1	0,2	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	0,2	
40-45	0,2	0,1	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0,2	0,1	0	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	
45-50	0,1	0	0	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0,2	0	0,2	0,2	0	
50-55	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0,2	0	0	0	0	
55-60	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0	
60-65	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
65-70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
70-75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
75-80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
80-85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
85-90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
90-95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
95-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
100-105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
105-110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
110-115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
115-120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
120-125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
125-130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	



En la tabla 9 se observa un mapa muy distinto al de la situación “normal”, debido a una concentración de raíces en los primeros 20 centímetros con mayores valores de DLR y el rango entre estos y los encontrados luego de los 20 centímetros es muy amplio. Esta concentración de raíces es debida a condiciones físicas-químicas adecuadas (pH 6.9, CE 0.9, PSI 12.4), las que cambian bruscamente elevando sus valores a partir de los 20 centímetros de profundidad (pH 9.2, CE 2.6, PSI 33.0)

Comparando las tablas 8 y 9 se observa que existen en “M” (tabla 9) una importante cantidad de suelo no explorado por las raíces lo que implica menor disponibilidad de agua y nutrientes, quedando la pastura sujeta a la disponibilidad de agua de los primeros 40 cm. Mientras que en la tabla 8 “N” se observa que la frecuencia de celdas con raíces es mucho mayor, lo que se traduce en un mejor abastecimiento de agua y nutrientes por el suelo.

Conclusiones

Se concluye que en la situación “M” el contenido de sodio y sales que superan los valores críticos para la alfalfa ocurren a partir de los 20 cm. de profundidad, lo que reduce la densidad de longitud de raíces a partir de esa profundidad y también la profundidad máxima alcanzada por las raíces.

En “N” los valores críticos de sales y sodio para la alfalfa no ocurren hasta la profundidad evaluada, por lo tanto el condicionamiento al desarrollo de raíces no se observa .

BIBLIOGRAFÍA

Bonadeo, E.; Moreno, I.; Hampp, E. y A. Sorondo (2000) Factores del Suelo que regulan la productividad del Cultivo de Alfalfa en Áreas con Manchoneo XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la ciencia del Suelo Cuba

Bonadeo, E.; Moreno, I.; Hampp, E. y A. Sorondo (2001). Factores del suelo que regulan la productividad de la alfalfa en áreas con manchoneo. XV congreso latinoamericano y Cubano de la ciencia del suelo. Cuba.

Bonadeo, E.; Bongiovanni, M., Hampp, E., Odorizzi, A. y Moreno, I. (2004) – “Comparación de propiedades del suelo que producen manchoneo en la vegetación” XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná. Entre Ríos.

Bohm, W. (1979) Methods of Studying Root Systems Springer Verlag N.Y. 187 pp.

Bressler, E., Mc Neal, G.L. y D.L. Carter 1982 Saline and Sodic Soils Modelling , Principles, Dynamics. Advances Series in Agriculture Sciences 10 Springer Verlag.

Cabrera (1971), INTA (1987) Carta de Suelos de la República Argentina Hoja 3363-9 Villa María Plan Mapa de Suelos Córdoba

Carvajal, N.L. (1971) Fertilidad del suelo y el problema de los alfalfares Rev. CREA N° 30.

Culot, (1986) Alfalfa: Crecimiento y manejo para un uso eficiente como integrante de la cadena forrajera de los sistemas ganaderos locales.

(www.inta.gov.ar/santiago/info/documentos/forrajajes/0007art_alfacrec.htm).

Infostat (Versión 2004) 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

Jarsun, B. (1996) Condiciones del Suelo para la Alfalfa EEA INTA Manfredi

Ragonese (1967), INTA (1987) Carta de Suelos de la República Argentina Hoja 3363-9 Villa María Plan Mapa de Suelos Córdoba

Richards, L.A. (Ed.)(1973) Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Limusa.

Romero(et al, 1995).Alfalfa: Crecimiento y manejo para un uso eficiente como integrante de la cadena forrajera de los sistemas ganaderos

locales.(www.inta.gov.ar/santiago/info/documentos/forrajajes/0007art_alfacrec.htm)

Scott Russell, R (1977) ; The growth and form of root systems En: Plant root systems: Their function and interaction with the soil. Mc. Graw Hill Book Company (UK) Limited London.

Ochoa (1980), Alfalfa: Crecimiento y manejo para un uso eficiente como integrante de la cadena forrajera de los sistemas ganaderos locales.

(www.inta.gov.ar/santiago/info/documentos/forrajajes/0007art_alfacrec.htm).

USDA, (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo INTA, (1999).
Departamento de Agricultura. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo.
Traducción al español realizada por Alberto Lutens y Juan Carlos Salazar Lea Plaza.
Instituto de suelos CRN-CNIA-INTA-ARGENTINA
www.usda.gov/sqi/files/kitspanish.pdf