

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al
Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto de Investigación

**“EFECTOS DE LA SODICIDAD SOBRE PROPIEDADES
FÍSICAS DEL SUELO EN UN CULTIVO DE ALFALFA
EN SAN BASILIO-CÓRDOBA”**

María Lucía Gallo Molphy
D.N.I: 33.594.482

Directora:
Elena Bonadeo

Co-Directora:
Rosana Marzari

Río Cuarto - Córdoba

Abril - 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**“EFECTOS DE LA SODICIDAD SOBRE PROPIEDADES
FÍSICAS DEL SUELO EN UN CULTIVO DE ALFALFA
EN SAN BASILIO-CÓRDOBA”**

María Lucía Gallo Molphy
D.N.I: 33.594.482

Directora: Elena Bonadeo
Co-Directora: Rosana Marzari

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

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICATORIA

A mis hermanos...

Alejandro, por siempre mi amigo, mi compañero, la luz de mis ojos... quien me enseñó a amar lo que hoy se convirtió en mi profesión, pero quien por sobre todo me enseñó a vivir... “Nadie se dio cuenta que eras un Ángel, hasta que abriste las alas”.

Bruno, quien llena mi alma cada día... Gracias por existir.

AGRADECIMIENTOS

Gracias de corazón a mi Directora Elena Bonadeo. Gracias por tu paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento. Fue un privilegio contar con tu guía y ayuda.

Gracias a los amigos a los que les he robado horas de compañía. Nombrar a todos a todos sería muy extenso y podría cometer algún olvido, por ello, ¡Gracias amigos por estar ahí!

Y por encima de todo, gracias a los míos por estar incondicionalmente durante estos años. Gracias Ale, Bruno, Mamá, Papá, Yas, Abuelos, Tía Fabi... Gracias a los que vienen y a los que ya no están... Los quiero con mi corazón.

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	IX
SUMMARY	X
INTRODUCCIÓN	XI
<i>Revisión bibliográfica</i>	XII
<i>Proceso de sodificación y posibles orígenes</i>	XII
<i>Requerimientos edafoclimáticos para el crecimiento de alfalfa</i>	XIII
<i>Exceso de sodio y propiedades de los suelos</i>	XIII
<i>La sodicidad y su relación con la producción de raíces y materia seca de alfalfa</i>	XV
HIPÓTESIS	XVI
OBJETIVOS GENERALES	XVI
MATERIALES Y MÉTODOS	XVII
<i>Características del área</i>	XVII
<i>Geomorfología</i>	XVII
<i>Suelos</i>	XVII
<i>Clima</i>	XVII
<i>Red de Drenaje y Napa Freática</i>	XVIII
<i>Ubicación del área experimental</i>	XVIII
<i>Situaciones seleccionadas</i>	XIX
<i>Registros y descripción morfológica</i>	XX
<i>Registros pluviométricos</i>	XX
<i>Determinaciones en suelos y plantas</i>	XXII
<i>Indicadores de sodicidad</i>	XXII
<i>Indicadores de la condición física</i>	XXIII
<i>Determinaciones en plantas</i>	XXIV
<i>Cálculos</i>	XXV
<i>Análisis estadístico</i>	XXV
<i>Criterios de interpretación de resultados</i>	XXVI
RESULTADOS Y DISCUSION	XXVIII

<i>Porcentaje de sodio de intercambio y conductividad eléctrica</i>	XXVIII
<i>Reacción del suelo</i>	XXX
<i>Relación reacción del suelo - contenido de sodio intercambiable</i>	XXXI
<i>Infiltración</i>	XXXIII
<i>Velocidad de infiltración</i>	XXXIII
<i>Infiltración Acumulada</i>	XXXIV
<i>Retención hídrica</i>	XXXVI
<i>Porosidad de aireación</i>	XXXVI
<i>Densidad aparente</i>	XXXVII
<i>Resistencia mecánica</i>	XXXVIII
<i>Densidad de longitud de raíces</i>	XLI
<i>Materia seca</i>	XLII
<i>Relaciones entre variables y situaciones</i>	XLIII
CONCLUSIONES	XLV
CONSIDERACIONES FINALES	XLV
BIBLIOGRAFIA	XLVI
ANEXOS	LI

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Imagen de Google Earth con ubicación de lote experimental.....	18
Figuras 2 y 3: Situación Bajo no manchón y Bajo manchón para alfalfa de 2 años (a) y alfalfa de 3 años (b) respectivamente.....	19
Figura 4: Distribución de las precipitaciones en la localidad de San Basilio durante el periodo 2012-2013 y 2013-2014.....	20
Figura 5: Esquema del lote con la distribución de los sectores representativos de Bajo manchón, Bajo no manchón y Loma con sus repeticiones en San Basilio, Córdoba.....	24
Figura 6: pH para Loma, Bajo no manchón y Bajo manchón, para las tres profundidades evaluadas en la localidad de San Basilio, Córdoba.....	30
Figura 7, 8 y 9: PSI vs pH en las situaciones de Bajo no manchón, Bajo manchón y Loma respectivamente, en San Basilio, Córdoba.....	32
Figura 10: Velocidad de infiltración en función del tiempo para la situación de “BNM”, “BM” y “L” en San Basilio, Córdoba.....	33
Figura 11: Infiltración acumulada vs Tiempo en Loma, localidad de San Basilio, Córdoba.....	34
Figura 12: Infiltración acumulada vs Tiempo en Bajo manchón, localidad de San Basilio, Córdoba.....	35
Figura 13: Infiltración acumulada vs Tiempo en Bajo no manchón, localidad de San Basilio, Córdoba.....	35
Figura 14: Porosidad de aireación para las tres situaciones evaluadas en tres profundidades diferentes: 1er Hor (0-20cm), 2do Hor (20-40cm) y 3er Hor (40-60cm) respectivamente, en San Basilio, Córdoba.....	37
Figura 15: Densidad aparente de las situaciones analizadas con sus respectivas profundidades en San Basilio, Córdoba.....	38
Figura 16: Resistencia mecánica vs Profundidad para la situación de “BNM”, “L” y “BM” en San Basilio, Córdoba.....	39
Figura 17: Densidad de longitud de raíces vs profundidad para las situaciones evaluadas: “BNM”, “BM” y “L”, en San Basilio, Córdoba.....	41
Figura 18: Presencia de un fragipan a los 110 cm de profundidad en calicata correspondiente a la situación de “BM” en San Basilio, Córdoba.....	42
Figura 19: Producción de Materia seca en “L”, “BNM” y “BM” en tres estaciones del año diferente, en San Basilio, Córdoba.....	43

Figura 20: Análisis de componentes principales para las tres situaciones de “BNM”, “BM” y “L” en San Basilio, Córdoba.....	44
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades morfológicas de la situación Bajo no manchón en San Basilio, Córdoba.....	21
Tabla 2: Propiedades morfológicas de la situación Bajo manchón en San Basilio, Córdoba.....	21
Tabla 3: Propiedades morfológicas de la situación Loma en San Basilio, Córdoba.....	22
Tabla 4: Clasificación de los suelos salinos y sódicos utilizada en el presente trabajo.....	27
Tabla 5: Valores de PSI y CE para las situaciones de “L”, “BNM” y “BM” en las tres profundidades evaluadas en San Basilio, Córdoba.....	28
Tabla 6: Contenido hídrico a 30 y 1500 KPa para las tres situaciones evaluadas en la localidad de San Basilio, Córdoba.....	36
Tabla 7: Contenido de humedad del suelo al determinar RM en las diversas profundidades evaluadas en San Basilio, Córdoba.....	40

“EFECTOS DE LA SODICIDAD SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO EN UN CULTIVO DE ALFALFA EN SAN BASILIO-CÓRDOBA”

RESUMEN

Un problema que afecta cultivos y pasturas del centro-este de la llanura cordobesa, es la aparición de sectores variables, con límites bien definidos denominados “manchones”. La principal causa de la menor producción del cultivo es el contenido de sales y sodio en horizontes subsuperficiales en concentraciones que exceden los niveles de tolerancia de este. El objetivo del trabajo fue determinar la relación existente entre la condición física de suelos con diferente grado de sodicidad y la pastura de alfalfa en una toposecuencia de San Basilio, Córdoba. En el área se seleccionaron tres situaciones de muestreo, una en posición de loma y dos situaciones en posición de bajo. En el bajo a su vez se diferenciaron dos situaciones en función de la apariencia del cultivo, bajo manchón (BM) y bajo no manchón (BNM). Se realizaron tres muestreos evaluando indicadores de sodicidad: porcentaje de sodio intercambiable (PSI), pH, conductividad eléctrica (CE) e indicadores de la condición física: densidad aparente (DAP), curvas de capacidad hídrica a 30 y 1500 KPa, resistencia mecánica (RM) y porosidad. Finalmente se realizaron determinaciones en plantas: densidad de longitud de raíces (DLR) y materia seca (MS). Los resultados muestran que la situación BM explica su comportamiento por los valores de PSI, pH y CE fundamentalmente, mientras que en menor grado lo hace con los valores de DAP. La situación de BNM se ve asociada fuertemente al contenido hídrico a 15 bares, mientras que la situación de L se asocia a la variable porosidad. La mayor producción de materia seca se logró en la situación de L para todas las determinaciones, seguida de la situación de BNM y finalmente la situación de BM. Para arribar a conclusiones más profundas, es necesario continuar investigando el comportamiento del cultivo en suelos sódicos.

Palabras Clave: Sodicidad – alfalfa – raíces – propiedades físicas.

"SODICITY EFFECTS ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL IN A CROP OF ALFALFA IN SAN BASILIO - CORDOBA"

SUMMARY

A problem affecting crops and pastures of the pampa flat, Central - Eastern Cordoba plain, is the emergence of varying sectors, with well-defined boundaries called "patches". The main cause of reduced crop production is the content of salts and sodium in subsurface horizons in concentrations that exceed the levels of tolerance of this. The objective of the study was determine the relationship between the physical condition of soils with different degrees of sodicity and the pastures of alfalfa in a toposequence San Basilio, Córdoba. In the area we selected three situations of sampling, one in position of Hill and two situations in the low position. On bass at the same time two situations differed "patch" and "low not patch" depending on the appearance of the crop. Three samples were taken, and evaluating indicators of sodicity: PSI, CIC, Na+, pH and CE, and indicators of physical fitness: DAP and RM. Finally, determinations were made in plants: DLR and Ms. The results show that the situation of BM explains his behavior by PSI, pH and EC values fundamentally, while to a lesser extent it does with DAP values. The situation of BNM is associated strongly to water to 15 bar content, while the situation of L is associated with variable porosity. The highest dry matter production was achieved in the situation of L for all determinations, followed by the location of BNM and finally the location of BM. To arrive at deeper conclusions, it is necessary to continue investigating the behavior of sodic soils cultivation.

Key word: Sodicity - alfalfa - roots - physical properties.

INTRODUCCIÓN

Argentina posee 53.100.000 ha de suelos sódicos de las cuales 2.800.000 ha se encuentran en la provincia de Córdoba. Este fenómeno se manifiesta a diferentes profundidades, así del total de la superficie mencionada para Córdoba, el 9,60% se presenta entre los 50 y 125 cm de profundidad, el 54,4 % entre 25 y 50 cm y el 36% a menos de 25 cm de profundidad (INTA, 1993).

Un fenómeno frecuente en los suelos sódicos es el “manchoneo de cultivos”. Los “manchones” son sectores de superficie variable, con porciones bien definidas en el terreno, de forma irregular, con límites abruptos y tamaño variable, caracterizados por un menor desarrollo de la parte aérea vegetal. Estos sectores alternan con áreas denominadas “normales” donde la vegetación presenta mayor desarrollo. Una de las características sobresalientes de este fenómeno es el abrupto cambio entre la superficie afectada y la no afectada, siendo las dimensiones de estas últimas del orden de metros (Bonadeo *et al.*, 2006).

El “manchoneo” de la vegetación ocurre tanto en pasturas como en cultivos de grano. El mismo, adquiere relevancia productiva y económica en pasturas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) por ser éstas un importante recurso forrajero.

Hacia el sur de la provincia de Córdoba es frecuente la aparición de suelos sódicos en posición de bajo asociados a lomas franco arenosas muy finas que se corresponden con Haplustoles típicos (Cantero *et al.*, 1894).

En las áreas de bajos, el grado de sodicidad es más elevado en los sectores manchoneados que en los normales. Esta anormalidad trae aparejados problemas en las propiedades físicas y físico químicas del suelo, como por ejemplo: densidad aparente, resistencia mecánica, porosidad de aireación, pH, porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y conductividad eléctrica (So *et al.*, 1993). Todas estas anormalidades de las propiedades del suelo, repercuten directamente sobre el normal funcionamiento y desarrollo de los cultivos que sobre estos suelos se producen, condicionando además la exploración de raíces y por lo tanto la producción de materia seca de la parte aérea (Miretti *et al.*, 2010).

Revisión bibliográfica

Proceso de sodificación y posibles orígenes

La sodificación es el proceso por el cual se produce un incremento del porcentaje de sodio en las sedes de intercambio del suelo, lo que tiene un efecto perjudicial sobre las propiedades físicas y químicas. Ocurre dispersión de las arcilla, deterioro de la estructura, presencia de horizonte B con estructura columnar (Porta Casanellas, 2005). Se caracterizan por presentar un PSI superior al 15% y valores de CEs $< 4 \text{ dS m}^{-1}$ a 25°C (Richards, 1973). En los suelos sódicos, las partículas de arcilla dispersas pueden moverse por los poros y además, tienden a hincharse cuando se mojan, luego endurecerse y cuartearse cuando están secos. En esta última condición normalmente desarrollan y presentan una costra dura, seca y agrietada en su superficie. Como resultado, el suelo puede anegarse y/o inundarse cuando llueve por deficiencia del proceso natural de infiltración (Porta Casanellas, 2005b).

Las condiciones antes mencionadas pueden deberse fundamentalmente a tres causas:

- Materiales originarios de los suelos relativamente ricos en sodio, con elevado porcentaje de materia orgánica, la cual al mineralizarse, por efecto de los microorganismos produce dióxido de carbono. Este último, reacciona con el sodio liberado por meteorización química de los minerales, generando carbonatos y bicarbonatos con el referido elemento. Así, las sales se desplazan por efecto de las aguas de drenaje intercambiando, a su paso por el perfil del suelo, los otros cationes por sodio. Ocurre en largos períodos de tiempo y en suelos que tienen una leve pendiente.
- Capas freáticas salinas que invaden periódicamente al perfil del suelo, provocando en principio su salinización (suelos salinos) y luego, si por algún evento natural la mencionada capa se hace más profunda o desaparece, las cargas negativas de las arcillas quedan ocupadas por sodio, y las lluvias lixivian las sales restantes. Este proceso, al igual que el anterior, se produce en un extenso período de tiempo.
- La última causa, a la cual se la podría denominar de origen antrópico, se da cuando los suelos son regados con aguas salinas, sin respetar normas de manejo de estas situaciones:

Los suelos objeto de estudio en este trabajo corresponden al segundo ítem mencionado.

Requerimientos edafoclimáticos para el crecimiento de alfalfa

La temperatura con la que germina la semilla de alfalfa es de 2 a 3°C, cuanto más alta sea esta temperatura, antes germinará la semilla, estando su óptimo en 28-30°C. Así mismo, la especie es muy resistente al frío, soportando temperaturas de hasta -15°C, mientras que temperaturas superiores a 38° C resultan letales para las plántulas (Guerrero, 1999).

Un aspecto muy importante a considerar, sobre todo para la zona de estudio, es que *Medicago sativa* es una planta resistente a la sequía, aunque necesite de grandes cantidades de agua para formar materia seca (800 litros de agua para 1kg de materia seca). Por el contrario, si bien puede tolerar el encharcamiento de agua durante 2 ó 3 días durante su período de latencia, no lo es así en períodos iniciales de crecimiento vegetativo, siendo letal para las raíces, las que morirían por asfixia radicular en anegamientos prolongados (Guerrero, 1999b).

El pH óptimo del cultivo es de 7.2, siendo un factor limitante en alfalfa la acidez. Siempre que el pH se encuentre por debajo de 6,8 es de fundamental importancia recurrir al encalado de los suelos, además esta práctica contribuye a incrementar la cantidad de iones de calcio disponibles para la planta, reduciendo de este modo la absorción de aluminio y manganeso en suelos ácidos, los que resultarían tóxicos para la alfalfa que es sensiblemente afectada cuando las plantas son pequeñas; revirtiéndose notoriamente la situación cuando las plantas tienen mayor porte (Infoagro, 2015).

Por último, la especie bajo estudio, aunque se cultive en un amplio abanico de suelos y condiciones, requiere suelos profundos y bien drenados, no siendo aconsejable su implantación con perfiles de suelo inferiores a los 60 cm de profundidad (Moschetti *et al.*, 2005).

La alfalfa es considerada una pastura con tolerancia al PSI, con inicio de disminución de rendimiento con valores de PSI entre 40-60%, impidiéndose el crecimiento por condiciones físicas adversas (Doran *et al.*, 1996).

Exceso de sodio y propiedades de los suelos

El efecto de la sodicidad sobre las propiedades de los suelos es variado, siendo una de las manifestaciones una deficiencia de calcio inducida por las altas concentraciones de sodio. Sin embargo, la tolerancia de las plantas a la sodicidad varía de unas a otras, de ahí que haya ido aumentando el interés en evaluar los efectos, atendiendo a la respuesta de cultivos específicos.

Las plantas menos exigentes en calcio (muchos cereales) son más tolerantes a la presencia de sodio en las sedes de intercambio que las leguminosas. También son más tolerantes a un elevado PSI aquellas plantas que soportan mejor las condiciones de exceso de agua en el

suelo. Esto ha llevado a introducir la idea de un límite móvil para considerar un suelo como sódico; atendiendo al cultivo específico para un correcto diagnóstico de sodicidad (Porta Casanellas, 2005c).

Una característica distintiva de los suelos sódicos es la baja movilidad del agua. Este deterioro se manifiesta generalmente en una drástica disminución en la conductividad hidráulica o en la tasa de infiltración del agua en el suelo (Guerrero Alves *et al.*, 2004). Ello se debe, por un lado a que gran parte del agua está fuertemente retenida a las arcillas y permanece prácticamente inmóvil, y por otro lado, a que el sistema de poros se encuentra colapsado por la inestabilidad de los agregados. En síntesis los suelos sódicos, poseen bajas tasas de ingreso de agua al perfil y bajos niveles de conductividad hidráulica, disminuyendo la capacidad de almacenamiento hídrico del suelo. Además, estos suelos poseen baja disponibilidad de agua para los vegetales, lo que se debe a que suelen tener altas succiones mátricas y bajos coeficientes de difusividad del agua. Como resultado, el agua presente se encuentra prácticamente inmóvil o, como a menudo se califica, como “agua muerta” (Varallyay, 1981).

En consecuencia, el daño a la estructura del suelo reduce la disponibilidad de oxígeno y capacidad de oxigenación en la zona radicular limitando el crecimiento de las plantas, restringiendo el normal crecimiento de las raíces e impidiendo el desarrollo y desenvolvimiento natural de la semilla (SMART GrowingIntelligently, 2011).

Además, la influencia de la anaerobiosis sobre el crecimiento de las plantas afecta las relaciones hídricas de la misma. Las raíces inundadas poseen flujos hídricos más lentos que las raíces bajo una condición normal aireada. El cierre de los estomas se encuentra entre las respuestas más tempranas al encharcamiento del suelo, acompañado por un descenso en la actividad fotosintética y en consecuencia de la producción de materia seca (Taboada *et al.*, 2009).

La elevada dureza (resistencia mecánica) de los suelos sódicos en profundidad produce una importante exclusión de raíces determinando que estas se concentren en las primeras profundidades (Taboada *et al.*, 2009b).

La sodicidad en suelos no salinos causa el colapso de la estructura y un irreversible taponamiento de los poros del suelo, ello trae aparejado un consecuente desarrollo de estructura masiva, luego de humedecimientos y secados repetidos, y asociados a la dispersión, los suelos pueden presentar un comportamiento casi similar al cemento, con poca o ninguna estructura, en función de la concentración de sodio y el tipo de arcilla (Miller *et al.*, 1995). La dispersión de partículas de arcilla es un proceso irreversible (Raine *et al.*, 2003).

La sodicidad y su relación con la producción de raíces y materia seca de alfalfa

La capacidad de almacenamiento de agua en la zona de raíces cuando la profundidad del suelo es escasa se reduce, por lo que los requerimientos hídricos de las plantas se satisfacen durante un acotado lapso de tiempo. Esto determina que las plantas deban gastar energía desarrollando sus raíces en forma permanente para tomar agua del suelo, sufriendo sequía fisiológica (Varallyay, 1981).

Adicionalmente en estos suelos se manifiestan problemas de deficiencia de nitrógeno, deficiencias de fósforo, problemas de absorción de calcio o potasio y deficiencias de algunos micronutrientes asociadas a un aumento de pH (Lavado *et al.*, 2009).

El sodio presente en el suelo puede tener un efecto directo sobre las plantas, interfiriendo en el metabolismo celular, en el transporte de otros iones y causando pérdidas excesivas de agua. El exceso de Na^+ va acompañado de una baja concentración de Ca^{++} , lo que ocasiona desbalances iónicos en las plantas (Varallyay, 1981 b).

En general los síntomas de toxicidad debido al sodio asociado a desordenes nutricionales son difíciles de observar. Sin embargo, los efectos del sodio, directos o indirectos, se manifiestan con toda claridad en el momento de la cosecha de los cultivos.

El resultado es la gradual caída del rendimiento en las plantas a medida que la alcalinización aumenta (Taboada *et al.*, 2009 b).

HIPÓTESIS

Los suelos que componen una topolitosecuencia en el área de San Basilio -Córdoba- varían en su grado de sodicidad. A su vez, el grado de sodicidad está relacionado con la condición física de estos suelos, evaluada a través de la resistencia mecánica y la densidad aparente, variables que paralelamente se relacionan con la exploración de raíces y la producción de materia seca en alfalfa.

OBJETIVOS GENERALES

Determinar la relación existente entre la condición física de suelos con diferente grado de sodicidad y la pastura de alfalfa en suelos de una toposecuencia de San Basilio, Córdoba.

Los objetivos específicos se basan en:

-Realizar un análisis comparativo de las principales propiedades del suelo relacionadas a la condición física, evaluada por la densidad aparente, resistencia mecánica y capacidad de aire, en los suelos de la toposecuencia.

-Realizar un análisis comparativo de la producción de materia seca y raíces de la pastura de alfalfa en los suelos de la toposecuencia.

-Determinar el grado de asociación existente entre las variables de suelo y de planta en cada uno de los suelos de la toposecuencia.

-Determinar que variables edáficas explican mejor la variabilidad entre los suelos de la toposecuencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área

Geomorfología

El sitio experimental se encuentra ubicado en un área de transición entre las unidades geomorfológicas denominadas planicie Periserrana distal y Pampa arenosa. La primera presenta un relieve suavemente ondulado constituido por sedimentos eólicos franco arenoso finos con una pendiente predominante del 1,3% en el sentido NO-SE. La segunda es un área tectónicamente elevada donde el relieve local dominante es el de lomas muy suavemente onduladas, con proporciones menores de lomas medanosas, planos deprimidos y cubetas de deflación; en las cubetas los procesos erosivos han llegado hasta la capa freática, conformando charcas o lagunas, la capa de agua no está muy profunda y alimenta a los cuerpos de agua permanentes y semipermanentes con la consecuente salinización y alcalinización de los suelos (Gorgas *et al.*, 2003).

Suelos

El área de estudio está ubicada entre las unidades cartográficas Mnud-9, representado por Haplustoles údicos y énticos y Co-6. La primer unidad se corresponde con suelos de lomas de pendientes variables, de textura franco arenosa con aptitud de uso clase VI, mientras que la segunda se corresponde con cauces y terrazas de arroyo, suelos de origen aluvial algo excesivamente drenados y profundos, franco arenosos en superficie, moderadamente salinos y sódicos desde la superficie con aptitud de uso clase VII, según el mapa de suelos de la Provincia de Córdoba escala 1:500.000 (INTA, 2006). Dado el pequeño detalle de la escala del mapa es que se considera solo aproximada la información que el mismo ofrece.

Clima

El clima es subhúmedo, las precipitaciones anuales promedio son de 831 mm y su distribución determina un régimen monzónico. El balance hidrológico histórico presenta un déficit leve en los meses de invierno y de verano. La temperatura media anual es de 16°C; la temperatura del mes más frío (Julio) es de 8,5°C mientras que la temperatura del mes más cálido (Enero) es de 23,5°C (De Prada *et al.*, 2008).

Red de Drenaje y Napa Freática

El área a estudiar pertenece a la cuenta hidrográfica de la depresión del Tigre Muerto que colecta los Arroyos Santa Catalina, Las Lajas, Achiras- Del Gato, Jagueles, Corralito y Sampacho. Esta importante depresión es drenada artificialmente hacia los Bañados del Saladillo a través de los canales Devoto y La Cautiva, inaugurados en la década del 50. En los últimos años ha disminuido considerablemente su capacidad receptora debido al incremento de la tasa de sedimentación. En 2004 se pone en servicio la presa Tigre Muerto que tiene como principal objetivo almacenar medianos a altos volúmenes de agua en amplias extensiones, favoreciendo su infiltración y evaporación, por lo que devolvería parte de la capacidad de almacenaje del sistema (Degiovanni *et al.*, 2005).

Las redes de drenaje son en general difusas, desorganizadas, controladas por surcos, caminos y canales, con dos subsistemas de arroyos relevantes, Santa Catalina y El Gato. El acuífero freático presenta un espesor promedio de 70 m y profundidad que oscila entre 5-10 m y la calidad es sulfatada-bicarbonatada sódica (Blarasin *et al.*, 2014). Aunque, los mismos autores citan profundidades de la capa freática que oscilan entre 2 a 3 m en ciclos húmedos.

Ubicación del área experimental

Para el presente estudio de tipo observacional, el área experimental se encuentra ubicada a 4 km al Oeste de la localidad de San Basilio ($33^{\circ} 29' 49.19''S$ y $64^{\circ} 18' 55.42''W$), sobre Ruta Provincial N° 24, más específicamente en las coordenadas $33^{\circ} 29' 21.54''S$ y $64^{\circ} 21' 05.54''W$.



Figura 1: Imagen de Google Earth con ubicación de lote experimental en San Basilio, Córdoba.

La ubicación del área experimental fue seleccionada, a partir de la caracterización geomorfológica, de clima y suelos, con la información disponible y mediante recorrida por el área y observaciones “in situ” de paisajes y suelos.

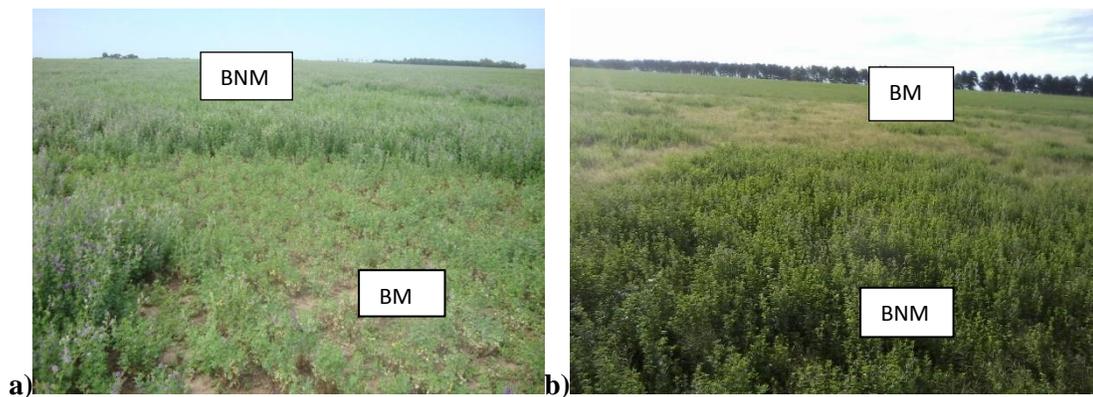
Situaciones seleccionadas

Teniendo en cuenta lo observado se ubicó un área que presentaba una topolitosecuencia con representatividad del fenómeno de “manchoneo” en el sector más bajo, con suelos fuertemente sódicos alcalinos y con suelos franco arenosos sin presencia de sales ni sodio en exceso en el sector más elevado.

Se seleccionaron tres situaciones de muestreo (tratamientos no controlados), una en posición de loma y dos situaciones en posición de bajo. Las situaciones de bajo se diferenciaron en “Bajo manchón” y “Bajo no manchón” en función de la apariencia del cultivo según se observa en las Figuras 2 y 3, que se denominaron:

- 1- Bajo manchón (BM).
- 2- Bajo no manchón (BNM).
- 3- Loma (L).

En cada una de las situaciones se consideran tres repeticiones, quedando definidas nueve unidades de observación.



Figuras 2 y 3: Situación Bajo no manchón (BNM) y Bajo manchón (BM) para alfalfa de 2 años (a) y para alfalfa de 3 años respectivamente (b) en la localidad de San Basilio, Córdoba.

La pastura implantada al momento de realizar las determinaciones es una Alfalfa Grupo 8, cultivar Monarca INTA. El sistema de manejo de la pastura estaba basado en el pastoreo rotativo, utilizando alambrados eléctricos para su manejo.

Registros y descripción morfológica

Registros pluviométricos

En la Figura 4 se muestra la distribución de las precipitaciones ocurridas desde enero de 2012 a diciembre de 2014, periodo en el cual se realizó la toma de datos.

Los datos fueron proporcionados por la Cátedra de Agrometeorología Agrícola de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Seiler *et al.*, 2015).

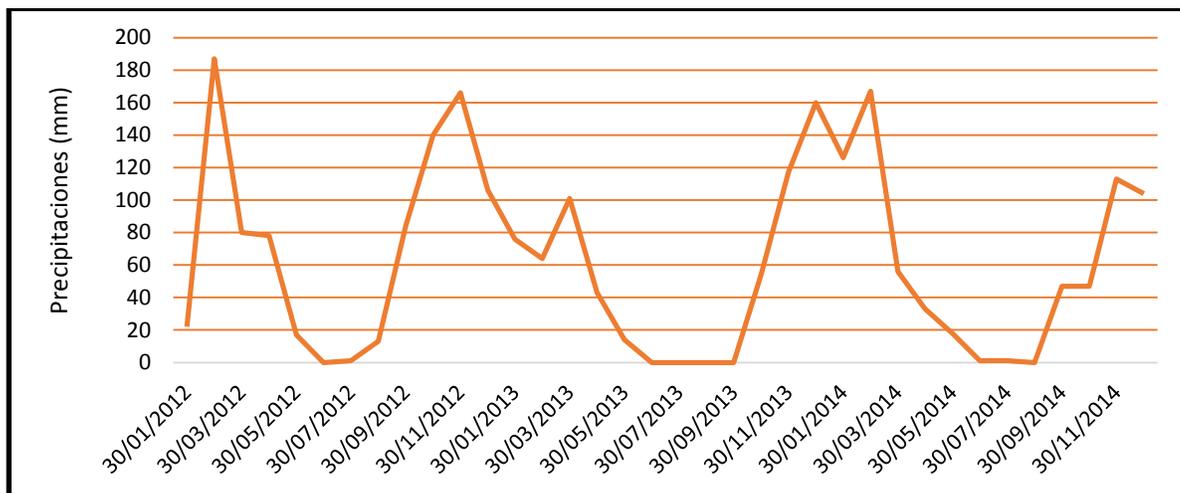


Figura 4: Distribución de las precipitaciones en la localidad de San Basilio durante el período 2012-2013 y 2013-2014. San Basilio, Córdoba.

Descripción morfológica

Se describió el perfil siguiendo las normas INTA (Etchevehere, 1976) con especial énfasis en la estructura.

Tabla 1: *Propiedades morfológicas de la situación “Bajo no manchón” en San Basilio, Córdoba.*

Horizonte	Prof. (cm)	Textura	Estructura (Tipo, Subtipo y Grado)	Límite (tipo y forma)	Barnices	Observaciones
A	0-19	Franca arenosa	Bloques aplanados medios fuertes.	Abrupto		
Btn1	19-28	Franca	Prismas irregulares medios moderados.	Claro	Pardos	
BC1	28-43	Franca arenosa	Bloques subangulares medios débiles.	Claro		
BC2	43 a 70	Franca arenosa	Bloques subangulares medios débiles.	Abrupto		Concreciones
C	+ de 70	Franca arenosa	Masiva.	Claro		Concreciones comunes medias y gruesas

Tabla 2: *Propiedades morfológicas de la situación “Bajo manchón” en San Basilio, Córdoba.*

Horizonte	Prof. (cm)	Textura	Estructura (Tipo, Subtipo y Grado)	Límite (tipo y forma)	Observaciones
A	0-19	Franco arenoso	Bloques aplanados medios fuertes.	Abrupto	
Btn1	19-28	Franco	Prismas irregulares medios fuertes	Claro	
Btn2	28-51	Franco	Bloques subangulares medios fuertes	Claro	
BC1	51-87	Franco arenoso	Bloques subangulares medios débiles	Abrupto	Concreciones
Cm	+ de 87		Masiva		Fuertemente cementado

Tabla 3: Propiedades morfológicas de la situación “Loma” en San Basilio, Córdoba.

Horizonte	Prof. (cm)	Textura	Estructura (Tipo, Subtipo y Grado)	Límite (tipo y forma)
A	0-20	Franco arenosa	Bloques sub angulares moderados	Abrupto
AC1	20-40	Areno franco	Bloques subangulares débiles	Suave
AC2	40-60	Areno franco	Bloques subangulares débiles	Gradual
C	+ de 60	Areno franco	masiva	

Determinaciones en suelos y plantas

Indicadores de sodicidad

Porcentaje de sodio intercambiable (PSI): los muestreos de suelo se realizaron en el mes de abril. En tanto, las profundidades de muestreo, se correspondieron a las consideradas para el análisis de los horizontes en cada sitio. Se determinaron a partir de la medición del Na⁺ de intercambio y la CIC con las siguientes técnicas:

- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): por saturación del complejo de intercambio con sodio y determinación de éste por espectrofotometría de absorción atómica (EAA) (Page *et al.*, 1982).
- Na⁺ de intercambio: por desplazamiento con acetato de amonio y determinación por EAA, (Page *et al.*, 1982).

RAS: Debido a la dificultad de extraer solución de suelo de los horizontes sódicos y a la falta de estandarización de la técnica fue eliminada.

pH: por potenciometría, relación suelo-agua 1: 2,5 (Klute, 1986).

CE: por conductometría, relación suelo - agua 1: 1 (Klute, 1986).

Indicadores de la condición física

Se analizaron los factores detectados como indicadores de los procesos que llevan al disfuncionalismo del suelo.

Densidad aparente: se tomaron muestras representativas de suelo no disturbado en los horizontes A – B y C; con un contenido de humedad que no superó el correspondiente a capacidad de campo (Klute, 1986). El método para medir Dap fue el del Cilindro. El mismo consiste en la extracción de una muestra de suelo, contenida en un cilindro de volumen aproximado de 500 cm³, de borde biselado. El cilindro se extrae del suelo y enrasa con el borde superior e inferior del mismo. La muestra colocada en una bolsa de polietileno fue llevada a laboratorio donde se procedió al secado total en estufa a 105°C hasta peso constante. Luego fue pesada, y finalmente se obtuvo el peso en relación al volumen del cilindro, determinando el valor de densidad aparente.

Resistencia mecánica: la resistencia mecánica se determinó mediante un penetrómetro de impacto tipo Villegas hasta los 50 cm de profundidad con cuatro contenidos diferentes de humedad, mientras que el contenido hídrico fue medido por el método gravimétrico (Klute, 1986) cada 10 cm y hasta los 50 cm, coincidentes con las determinaciones de resistencia mecánica. Se realizaron tres mediciones por unidad de observación. El área lateral del cono: (S)= $\Pi \times r \times h$, donde “r” es radio del cono y “h” es la altura del mismo

$$S=3,14*1,25*1,85 = \mathbf{7,265}$$

Para ambas situaciones las determinaciones se realizaron en invierno y verano sobre los tres primeros horizontes.

Velocidad de infiltración: se determinó por el método del permeámetro de disco (Gil, 1999) a flujo saturado (0 kPa de tensión).

Capacidad hídrica: la capacidad hídrica se determinó por el método de las ollas de presión (Richards, 1973) en los horizontes arriba mencionados, en las succiones correspondientes a los 30 y 1500 KPa.

Determinaciones en plantas

Densidad de longitud de raíces: se determinó en el cultivo de alfalfa mediante la técnica del perfil expuesto (Bohm, 1979). Se utilizaron grillas de 90 x 135 cm, divididas en celdas de 5 cm de lado. Previo a su colocación - transversal a la línea de siembra - se quitaron 0,5 cm de la pared de suelo anteriormente alisada, rociando con agua a presión. Esto permitió exponer las raíces para su recuento. Se midieron en dos oportunidades: primavera y otoño. Se realizaron tres mediciones por tratamiento no controlado.

Materia seca: para su determinación, se cuantificó la producción de la pastura en tres ciclos de producción de la alfalfa, donde se realizaron cortes en una superficie de 0,25m², evaluando así el rendimiento de materia seca cuando el cultivo se encontraba al 10% de floración, a través de las diferentes submuestras cortadas a nivel de la corona. Las muestras posteriormente fueron secadas en estufa a 105°C. Se realizaron tres mediciones por situación o tratamiento no controlado, es decir una por cada unidad de observación.

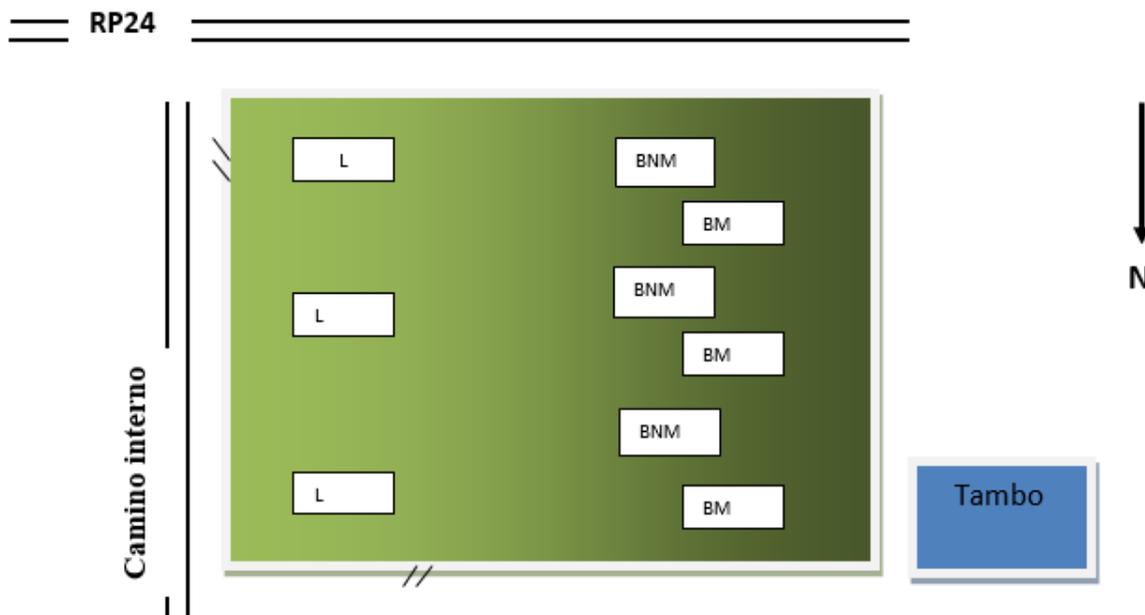


Figura 5: Esquema del lote con la distribución de los sectores representativos del BM “bajo manchón”, BNM “bajo no manchón” y L “loma”, y sus repeticiones, en San Basilio, Córdoba.

Cálculos

PSI: es el porcentaje de Na^+ respecto a la CIC, expresado en porcentaje:

$$\text{PSI} = 100 \times \text{Na}^+ / \text{CIC}$$

Se considera que un suelo puede empezar a sufrir problemas de sodificación y dispersión de arcillas cuando el $\text{PSI} > 15\%$ (Richards, 1973).

Porosidad de aireación: la capacidad de aire de cada uno de los horizontes fue calculada como la diferencia entre la porosidad total y el contenido volumétrico de agua a 0,3 bares.

- $\% \text{ Porosidad} = (1 - (\text{Dap}/\text{Dr})) \times 100$ (Moreno *et al.*, 2013)

$$\text{Dr} = \text{Densidad real} = 2.65 \text{ Mg/m}^3$$

- $\text{Contenido volumétrico de agua a 0,3 bares} = \text{Contenido gravimétrico a 0,3 bares} \times \text{Dap}$.

Análisis estadístico

Mediante el programa informático INFOSTAT se realizaron los siguientes análisis:

- 1- ANOVA: para establecer diferencias y similitudes y poder comparar entre las variables medidas (INFOSTAT, 2014).
- 2- Análisis de componentes principales (ACP): para analizar correlaciones entre situaciones y variables medidas (INFOSTAT, 2014).

Criterios de interpretación de resultados

Conductividad eléctrica: su análisis en suelos se realiza para establecer si las sales solubles se encuentran en cantidades suficientes como para afectar, el crecimiento de las plantas o la absorción de agua por parte de las mismas. Este parámetro indica indirectamente el nivel de cationes y aniones presentes en la solución del suelo. Cuanto mayor sea la cantidad de iones disueltos, mayor será la conductividad eléctrica (CE), la que puede definirse como la aptitud que posee para transmitir la corriente eléctrica, y dependerá, además del voltaje aplicado, del tipo, número, carga y movilidad de los iones presentes y de la viscosidad del medio en el que éstos han de moverse. La cantidad de sales solubles de una muestra de suelo se puede estimar a través de la CE de un extracto de pasta saturada, o en una suspensión suelo-agua, ya que existe una relación directa entre la actividad de los iones de la solución y la CE del extracto (Richards, 1973).

pH: indicador de la concentración de los iones hidrógeno presentes. Es un parámetro que interviene en muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo y tiene una influencia indirecta en el desarrollo de las plantas. Además, el pH está estrechamente relacionado con el contenido de sodio presente en los suelos.

Resistencia mecánica: es uno de los factores del suelo que afectan el enraizamiento y tiene la característica de una elevada dinámica, sobretodo en función de la densidad aparente y el contenido de humedad del suelo (Bonadeo *et al.*, 2011).

Densidad aparente: es una propiedad del suelo que influye sobre la calidad del mismo como medio físico de crecimiento. Al considerar el espacio de poros, es una propiedad dinámica, sujeta a cambios. Está influenciada por la textura, materia orgánica, la estructura, el sistema poroso y el patrón de fisura (Taboada *et al.*, 2009).

Concentración de Na: se puede medir en la solución del suelo o en el complejo de cambio. En el primer caso se lo utiliza para calcular la razón de adsorción de sodio (RAS) y en el segundo caso para el cálculo del porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

Tabla 4: *Clasificación de suelos salinos y sódicos utilizada en el presente trabajo (Richards, 1973).*

CLASES DE SUELO				
PARAMETROS	SALINO	NORMAL	SODICO	SALINO/SODICO
pH	<8,5	<8,5	>8,5	>8,5
C.E. (dS/m)	>4	<4	<4	>4
P.S.I. (%)	<15	<15	>15	>15

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de sodio de intercambio y conductividad eléctrica

Se indican en la Tabla 5, los valores de PSI para las diferentes situaciones con sus respectivas profundidades, en las que se observa que solo BM difiere significativamente del resto de las situaciones estudiadas.

Si sólo se considera la situación de BNM, a pesar de que no existen deferencias estadísticas con L, se observa un considerable aumento de los valores de PSI, con tendencia en aumento hacia profundidad.

Tabla 5: Valores de PSI y CE para las situaciones de “L”, “BNM” y “BM” en las tres profundidades evaluadas en la localidad de San Basilio, Córdoba.

Situación	Prof. (cm)	PSI (%)	C.E (dS/m)
Loma	0-20	0,89 a	0,1 a
	20-40	0,93 a	0,1 a
	40-60	0,75 a	0,05 a
Bajo No Manchón	0-19	1,12 a	0,13 a
	19-28	2,21 a	0,09 a
	28-43	3,95 a	0,14 a
Bajo Manchón	0-19	4,33 b	0,93 b
	19-28	32,53 b	1,21 b
	28-51	49,09 b	0,736 b

Tal como se observa en la tabla 5 el PSI solo adquiere valores mayores a 15%, valor considerado umbral a partir del cual ocurre el proceso de dispersión, en los dos últimos horizontes de BM. En la situación BMN si bien los valores son más elevados que en L, no superan el umbral arriba mencionado. De ello que se desprende que el proceso de dispersión ocurriría en los horizontes subsuperficial de BM.

Uno de los procesos básicos que ocurre cuando el sodio está en exceso es la dispersión de los coloides, ello ocurre debido al tamaño iónico hidratado relativamente grande, carga eléctrica individual y el estado de hidratación, lo que tiende a causar la separación física de las

partículas del suelo, resultando en una distancia suficiente para que las fuerzas de repulsión superen las fuerzas de unión y la dispersión se produzca (Miller *et al.*, 1995).

Rengasamy (1997) menciona que cuando las partículas de arcilla están separadas más de 7 nm por estar hidratadas, se repelen unas a otras y permanecen dispersas, debido a que la carga neta es negativa.

También, Rengasamy (1997a) dice que la dispersión puede ser espontánea al entrar los agregados en contacto con el agua o puede producirse luego de la aplicación de una energía, como la realizada por el impacto de las gotas de lluvia, la acción de las máquinas o flujo turbulento de agua, entre otros. En síntesis, el exceso de sodio intercambiable, desestabiliza los agregados del suelo que a su vez pueden disgregarse o hincharse y dispersar bajo humectación rápida.

Rengasamy (1997b) diferencia los procesos de “hinchamiento”, cuando el contenido hídrico es menor al punto de saturación, del proceso de “dispersión”, cuando el contenido hídrico es cercano a saturación y las partículas de arcilla se separan del agregado, por lo tanto concluye que la expansión es algo reversible y no provoca efectos tan deletéreos sobre la estructura como la dispersión. Este comportamiento no ocurre cuando hay predominio de cationes divalentes como Ca^{++} ya que las partículas de arcilla están unidas por uniones covalentes que limitan la hidratación y las partículas solo se hinchan pero no dispersan (Rengasamy, 1997c).

Además, el hinchamiento afecta la integridad de las micelas y/o su movilidad, ello se debe a que gran parte del agua está fuertemente retenida a las arcillas y permanece prácticamente inmóvil, produciéndose un comportamiento poco previsible característico de muchos suelos sódicos. El movimiento de estas arcillas y el consecuente bloqueo de los poros, son las principales causas de la reducción de la permeabilidad. Por este motivo, la permeabilidad al agua de la capa superficial del suelo puede disminuir en 2 o 3 órdenes de magnitud en relación al suelo inmediatamente por debajo (Taboada *et al.*, 2009).

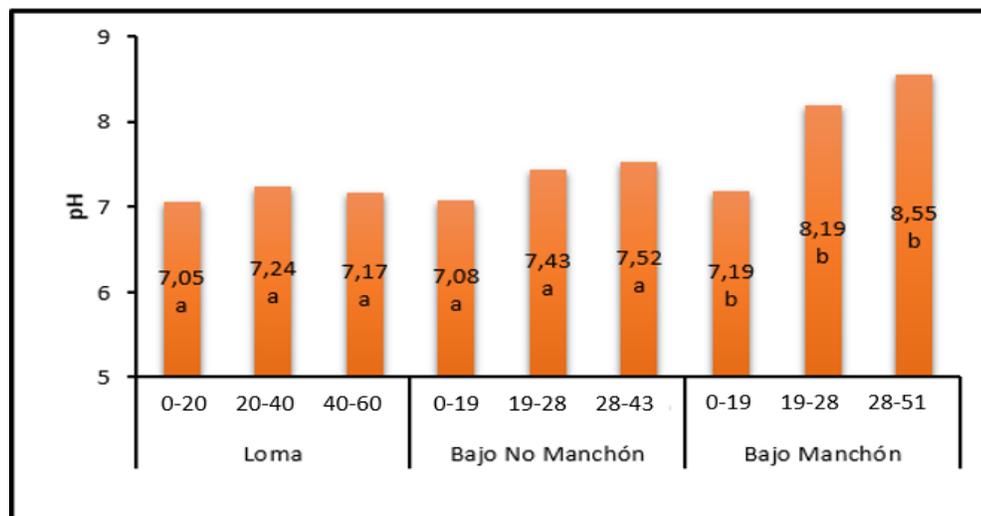
Por último, es importante destacar la tolerancia de varios cultivos al porcentaje de sodio intercambiable (PSI) bajo condiciones no salinas. Un ejemplo de ello es el cultivo de alfalfa bajo condiciones de un PSI de hasta 20-40, donde el crecimiento impedido usualmente se debe a condiciones físicas adversas del suelo (Doran *et al.*, 1994) y no al grado de sodicidad específicamente.

Con respecto a la conductividad eléctrica (Tabla 5), se observan los mayores valores en los mismos horizontes donde el PSI alcanza coincidentemente los mayores valores. En estos horizontes, la CE es cercana al rango de 1,1 – 1,4 dS m⁻¹ establecido para la pastura de alfalfa.

Reacción del suelo

En la Figura 6 se indican los valores de pH obtenidos para las tres situaciones abordadas en tres profundidades. En la situación de Loma (L) y Bajo no manchón (BNM) se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las profundidades evaluadas. No obstante si se observan diferencias significativas con la situación de Bajo manchón (BM), por lo que se podría decir que los mayores valores de pH para todas las profundidades corresponden a con esta última situación.

Si se considera L y BNM, aunque no existan diferencias significativas, se evidencia una tendencia de aumento del pH en BNM especialmente entre 19-28 y 28-43 cm.



Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas $p=5\%$ entre situaciones.

Figura 6: pH para Loma, Bajo no manchón y Bajo manchón, para las tres profundidades evaluadas, en San Basilio, Córdoba.

Los resultados antes mencionados se corresponden con el otoño, si se considera que el pH puede variar con el tiempo, los mismos deberían ser complementados con determinaciones realizadas en otro momento del año. El origen de sus fluctuaciones puede estar relacionado con diferentes procesos, por un lado, la actividad por parte de los microorganismos presentes en el suelo y la consecuente acidificación del mismo y, por otro lado, el anhídrido carbónico excretado por las raíces que favorece la formación de ácido carbónico (Russell *et al.*, 1977).

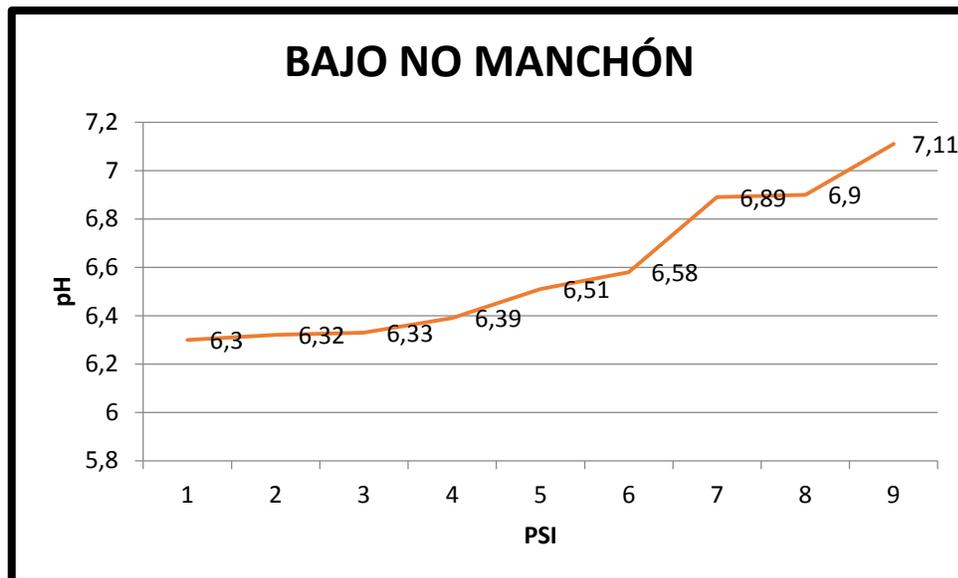
Si bien el pH sufre variaciones temporales, los elevados valores registrados en las dos últimas profundidades de BM están relacionados a un elevado contenido de sodio de intercambio y se asume serán siempre mayores que los demás valores encontrados para las restantes situaciones y horizontes bajo estudio.

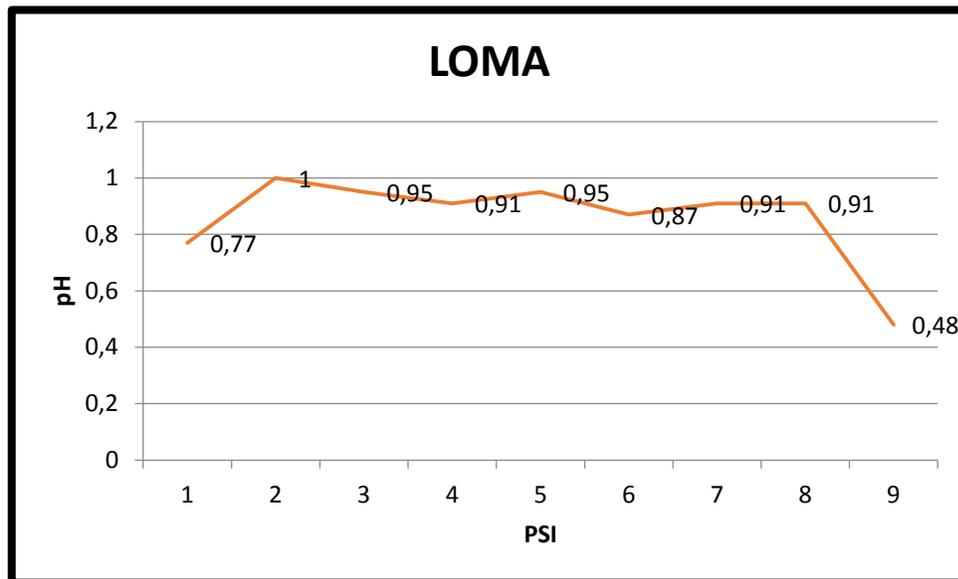
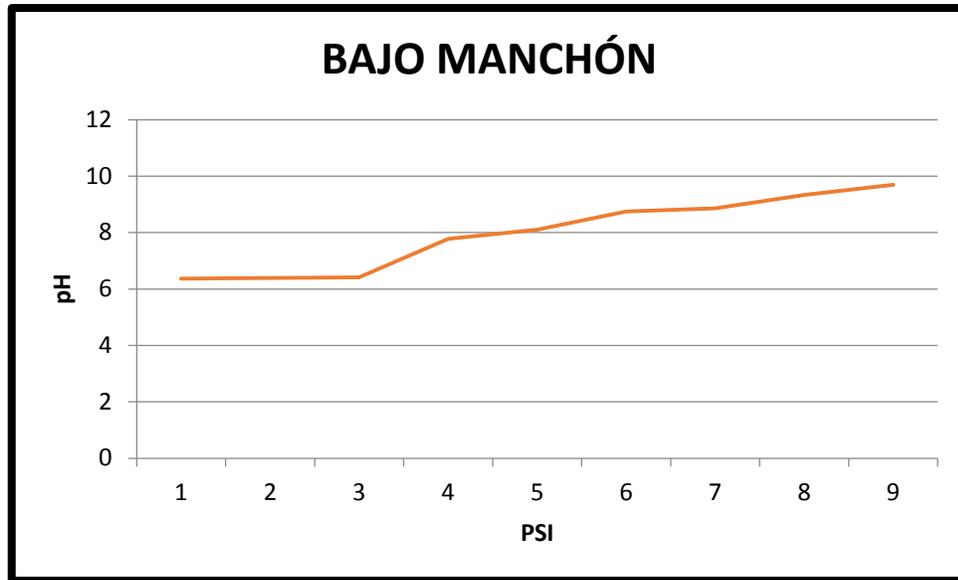
Relación reacción del suelo - contenido de sodio intercambiable

La relación entre PSI y pH se observa en las Figuras 7 y 8, donde se muestra que existe un mayor PSI a partir de un pH mayor a 6.5 para BM y BNM. En BM se observa claramente como el elevado contenido de sodio de intercambio puede generar hidrólisis del sodio con liberación de OH y provocar una fuerte alcalinización del suelo, lo que también ocurre en BN pero en menor medida.

Se observa también como en L no existe una tendencia de aumento del PSI por efecto del pH.

Además, Russell y Russell (1964) comentan que los suelos únicamente pueden tener un pH superior a 8,4 si contienen cantidades importantes de sodio intercambiable, lo que nos lleva a concluir que el PSI es el factor muy importante que influencia en el pH de los suelos sódicos.





Figuras 7, 8 y 9: PSI vs pH en las situaciones de “Bajo no manchón”, “Bajo manchón” y “Loma” respectivamente, en San Basilio, Córdoba.

El pH afectaría al cultivo de alfalfa solo en BM ya que los valores elevados de pH de 8.19 y 8.55 entre 20-40 cm y entre 40-60 cm superan los valores de pH óptimos para el cultivo de alfalfa que van de 6.5 a 7.5. Uno de los efectos es que se afecta la disponibilidad de nutrientes, especialmente de P (Pérez *et al.*, 2006).

Infiltración

Velocidad de infiltración

En la Figura 10, se indica la variación de la velocidad de infiltración en función del tiempo durante los primeros 140 minutos aproximadamente. En la situación de L se alcanza la mayor velocidad de infiltración en todo el periodo de tiempo evaluado, mientras que BM y BNM alcanzan valores similares a L a partir de los 20 minutos.

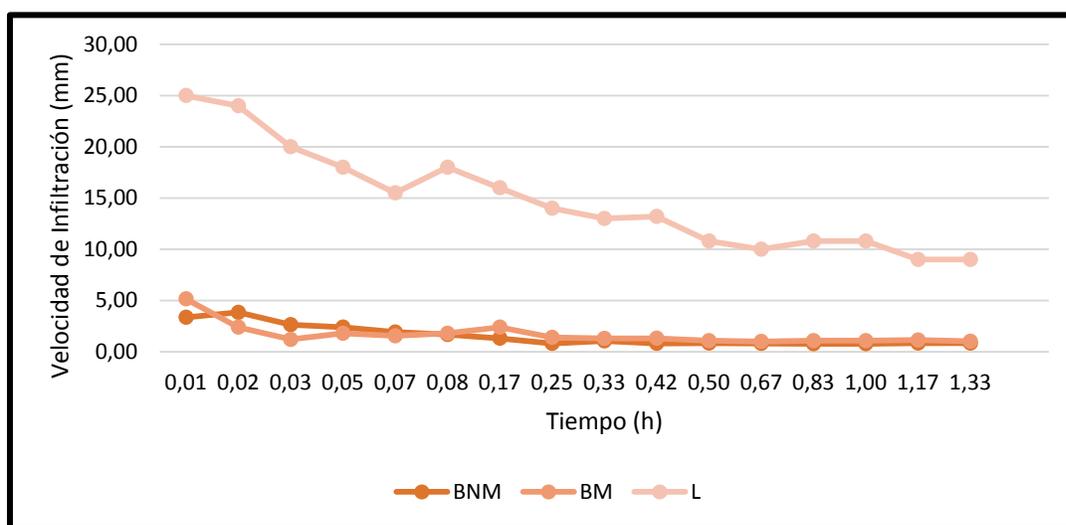


Figura 10: Velocidad de infiltración en función del tiempo para la situación de “L”, “BNM” y “BM” en San Basilio, Córdoba.

Los mayores valores de infiltración en L se atribuyen a una mayor cantidad de macroporos con respecto a las otras situaciones, lo que permitió una rápida entrada de agua. A medida que aumenta el tamaño de poros, aumenta la velocidad de infiltración (Kay *et al.*, 2002; Hillel, 1980), por el contrario en suelos sódicos, donde los poros son inestables, la velocidad de infiltración se ve disminuida (Várallyay, 1981c).

Los bajos valores de velocidad de infiltración en BM y BNM se atribuyen a la microporosidad asociada al elevado contenido de sodio (Tabla 5) que determina una lenta entrada de agua al suelo y posiblemente a la baja estabilidad de poros (Várallyay, 1981d).

La sortividad representa el movimiento de agua de los primeros estadios del proceso de infiltración, y está determinada principalmente por diferencias de tensión en el agua edáfica. Debido a ello es importante el rol que juega tanto el contenido de agua inicial del suelo como la

textura del mismo (Sasal *et al.*, 2009). Posiblemente los bajos valores de BM y BNM se deban a un mayor contenido hídrico inicial es esta situación.

En la Unidad Alto Estructural Rodeo Viejo La Morocha, Cuenca La Colacha, Córdoba (Cantu *et al.*, 2007). Se registraron valores máximos de 40 m/h y mínimos de 10 mm/h al igual que en nuestro trabajo. Siendo suelos de textura similar a los abordados en el presente trabajo, aunque con menor contenido de sodio.

Infiltración Acumulada

En las Figuras 11, 12 y 13 se indica la variación de la infiltración acumulada en el tiempo para los tratamientos no controlados.

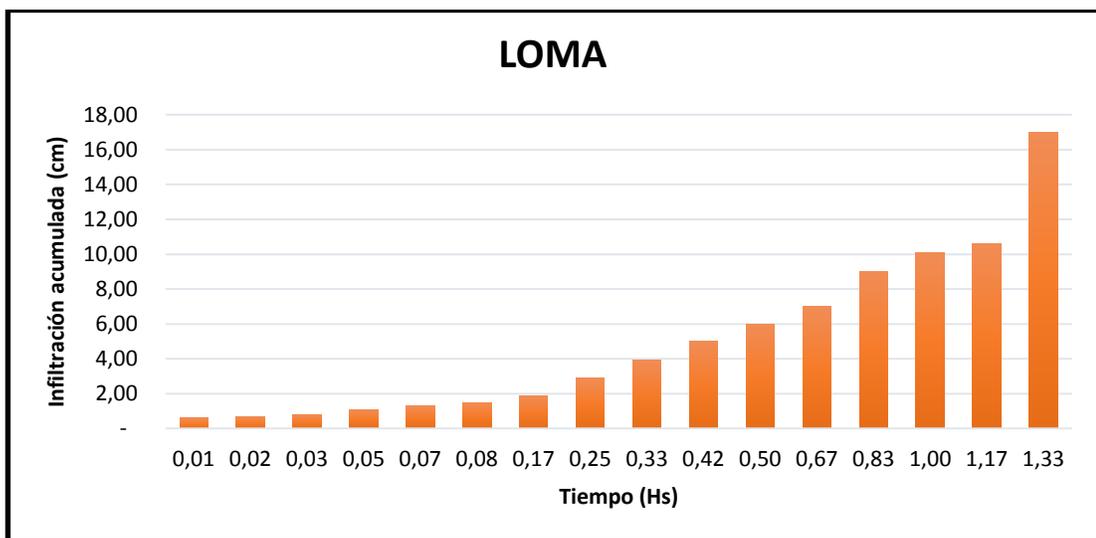


Figura 11: *Infiltración acumulada vs Tiempo en Loma, localidad de San Basilio, Córdoba.*

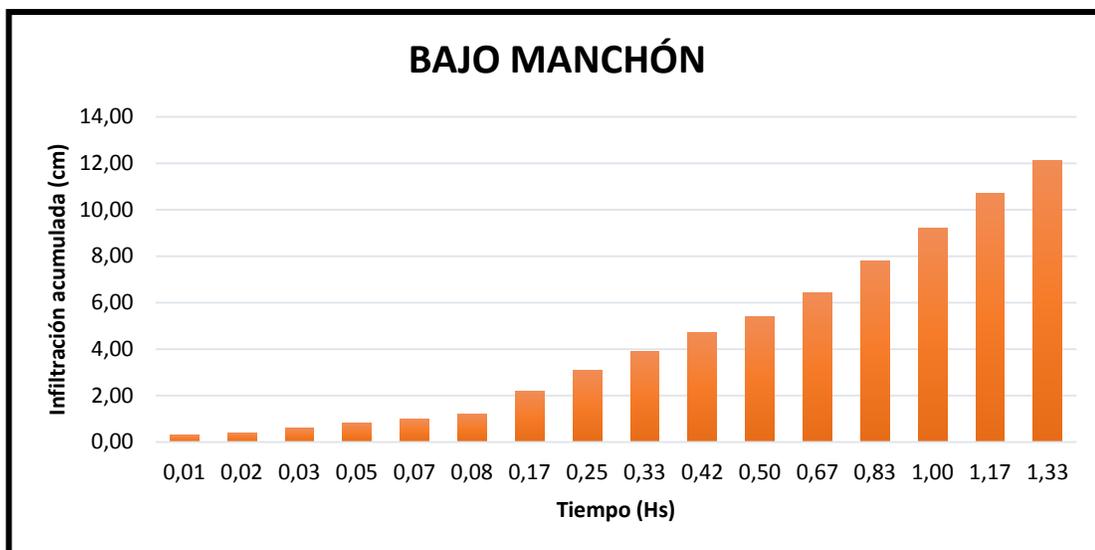


Figura 12: *Infiltración acumulada vs Tiempo en Bajo manchón, localidad de San Basilio, Córdoba.*

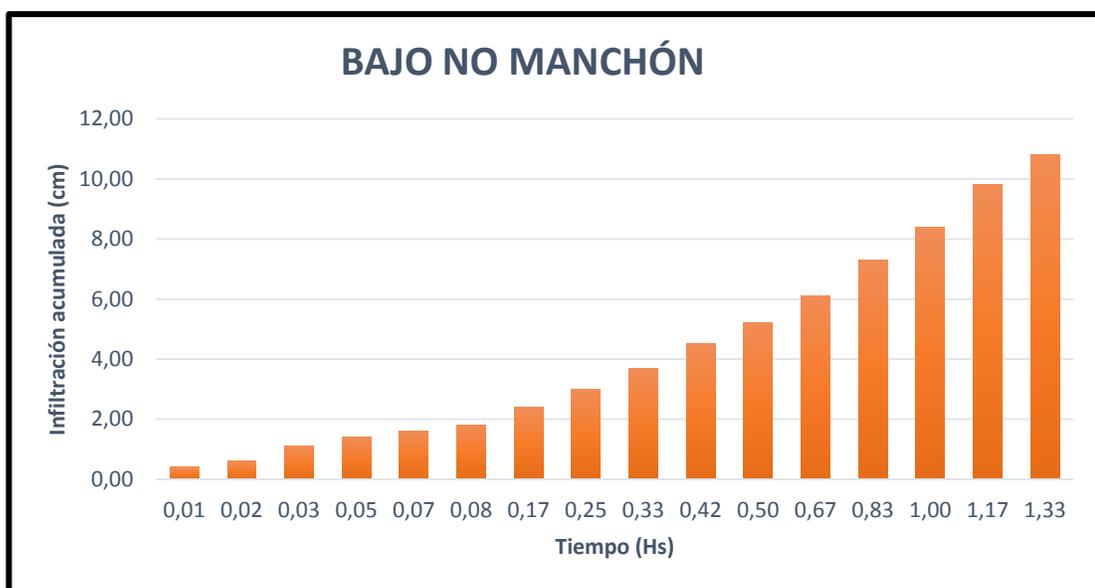


Figura 13: *Infiltración acumulada vs Tiempo en Bajo no manchón, localidad de San Basilio, Córdoba.*

En consecuencia, tal como describen Painuli y Abrol (1986), existe una relación directa e inversa entre la tasa de infiltración y el porcentaje de sodio intercambiable de un suelo, del mismo modo sucede con la velocidad con que se mueve el agua a través del suelo.

Si bien esta problemática es importante, es aquí donde se destaca la ventaja de los cultivos con sistemas de raíces profundos, como lo son en este estudio las raíces de alfalfa.

Retención hídrica

En la Tabla 6 se muestran las succiones a 30 y 1500 KPa para los diferentes sitios y profundidades evaluadas.

Tabla 6: Contenido hídrico a 30 y 1500 KPa para las tres situaciones evaluadas en la localidad de San Basilio, Córdoba.

Situaciones	Prof. (cm)	% H	%H	Agua útil	Agua útil2
		30 KPa	1500 KPa	(%)	(mm)
Loma	0-20	21 a	5 a	16	46.08
	20-40	20 a	5 a	15	43.08
	40-60	19 a	6 a	13	36.92
Bajo No Manchón	0-19	28 b	8 a	20	58.8
	19-28	26 b	11 a	15	43.8
	28-43	26 b	12 a	14	40.32
Bajo Manchón	0-19	22 c	6 a	16	47.04
	19-28	23 c	11 a	12	35.52
	28-51	24 c	13 a	11	33.00

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas.

Del análisis de la Tabla 6 surge que existen diferencias significativas entre todos los sitios estudiados y para todas las profundidades evaluadas. Mientras que ocurre lo contrario, es decir no existen diferencias estadísticas significativas al considerar el contenido hídrico a 1500 KPa. Sin embargo, se observa una tendencia en aumento del contenido hídrico en 1500 KPa para las dos últimas profundidades de BM, atribuibles a un mayor contenido de sodio.

Este mayor contenido hídrico en estas dos profundidades correspondientes a los horizontes Btn1 y Btn2 se atribuyen al mayor contenido de sodio y sales que genera una menor cantidad de agua útil, tanto expresada en porcentaje como en milímetros.

Porosidad de aireación

Las situaciones de BM y BNM no presentaron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de poros para el aire, de todos modos es notoria la disminución de los mismos para BM, incrementándose en profundidad. Es importante destacar que para las segundas

profundidades, 20-40cm, en las situaciones de BM y BNM, la porosidad para el aire es inferior al 10%, umbral crítico para la aireación de raíces (Pilatti *et al.*, 2012). Se considera que debe haber un mínimo de 10% de volumen de poros estructurales llenos de aire para que las raíces de los cultivos no sufran problemas de aireación (Lal *et al.*, 2004).

En consecuencia, en las situaciones antes mencionadas, la producción de materia seca se vio notoriamente afectada, debido a que el cultivo de alfalfa sufrió un déficit de oxígeno, lo que sería una de las causas del menor rendimiento por ser una pastura muy sensible a esta problemática (Taboada *et al.*, 2009).

Por otra parte, se observa que la situación de L presento en todas las profundidades analizadas los mayores porcentajes de poros para el aire, difiriendo significativamente de las restantes condiciones ya que en ninguna condición alcanzó el umbral crítico para la exploración de las raíces.

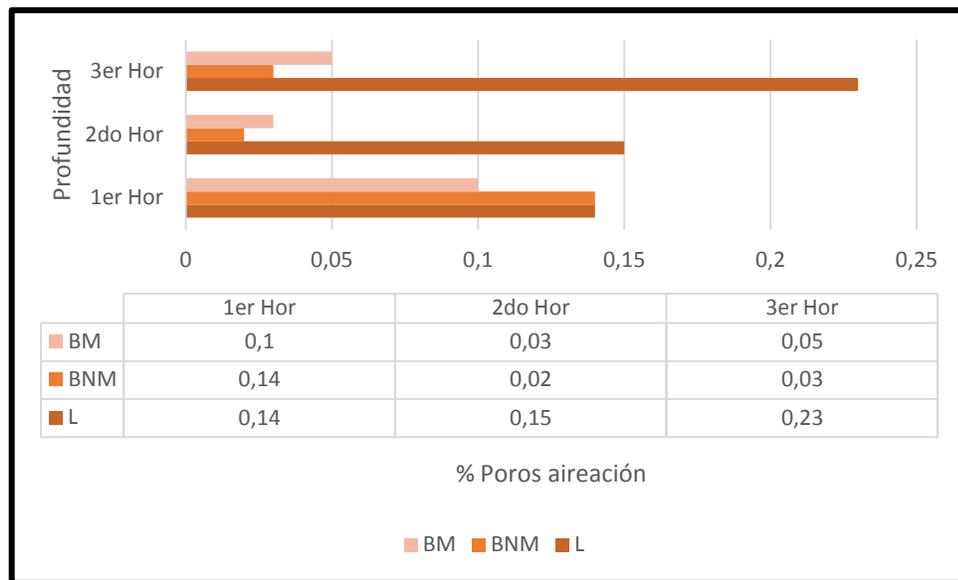


Figura 14: Porosidad de aireación para las tres situaciones evaluadas en tres horizontes diferentes: 1^{er} Hor (0-20cm), 2^{do} Hor (20-40cm) y 3^{er} Hor (40-60cm) respectivamente, en San Basilio, Córdoba.

Densidad aparente

Valores elevados de DAP fueron encontrados (Figura 15) en todos los horizontes, asociados posiblemente a muy bajas macroporosidades en BM y BNM, rasgo que le confiere al suelo muy baja permeabilidad al agua en el perfil. Pero en L los elevados valores registrados pueden atribuirse a una menor porosidad total y mayor porcentaje de macroporos lo que es característico de suelos de textura arenosa (Taboada *et al.*, 2009).

La tendencia en los valores de DAP es coincidente con los valores de PSI, por lo tanto se podría atribuir este comportamiento de la DAP al PSI en la situación de BM.

No obstante, para la situación de BM los resultados obtenidos de densidad aparente fueron algo superior al del resto de las situaciones, valores atribuidos a una mayor dispersión causada por el elevado contenido de sodio de intercambio (Varallyay, 1981).

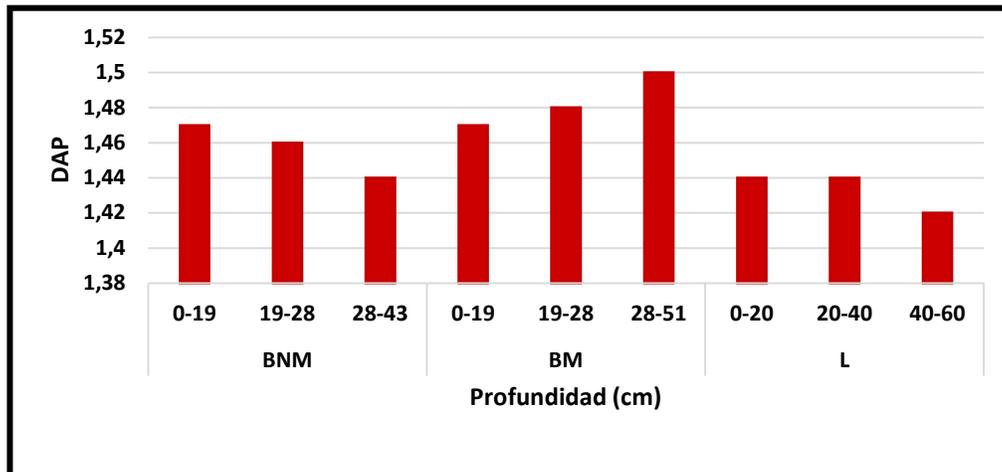


Figura 15: Densidad aparente para las situaciones analizadas con sus respectivas profundidades, en San Basilio, Córdoba.

Pese a que no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los valores de DAP para las situaciones de referencia, se puede observar claramente una tendencia en aumento hacia profundidad para la situación de BM.

Elevados contenidos de sodio de intercambio aumentan la susceptibilidad del suelo a la compactación, debido a que aumenta el riesgo de dispersión. Este efecto es citado para suelos sódicos de las zonas húmedas de Argentina cubiertos por praderas, que son afectados por el pastoreo del ganado (Lavado *et al.*, 1988).

Resistencia mecánica

Los mayores valores de resistencia mecánica fueron para BM, con énfasis en los primeros centímetros de suelo, es aquí importante destacar que dicha situación evaluada se encontraba con un menor contenido de humedad y en punto de marchitez permanente. Como se observa en la Figura 16, la situación de BM parece seguir una tendencia similar a la de BNM por lo menos hasta los primeros 10 cm de profundidad, a mayores profundidades debido a la dureza del suelo no pudo determinarse resistencia mecánica.

BNM se comporta en forma similar a L a partir de los 35 cm de profundidad, sin presentar restricciones para la exploración de raíces en el perfil.

Por lo antes dicho, se puede suponer que bajo una condición de estrés, el crecimiento y proliferación de raíces en la situación de BM va a encontrarse fuertemente restringido.

Se acepta que la resistencia mecánica es crítica cuando la elongación de las raíces comienza a reducirse o bien se detiene. La elevada dureza del suelo en profundidad produjo una importante exclusión de raíces determinando que estas se concentren en las primeras profundidades.

Al respecto Taboada *et al.* (2008), dice que el módulo de ruptura, indicador de la resistencia mecánica, depende de la interacción el sodio intercambiable y el contenido de agua y que se incrementa cuando el RAS aumenta de 1 a 7 a contenidos de humedad de capacidad de campo, para un Natracuol típico de la Pampa Deprimida de Argentina.

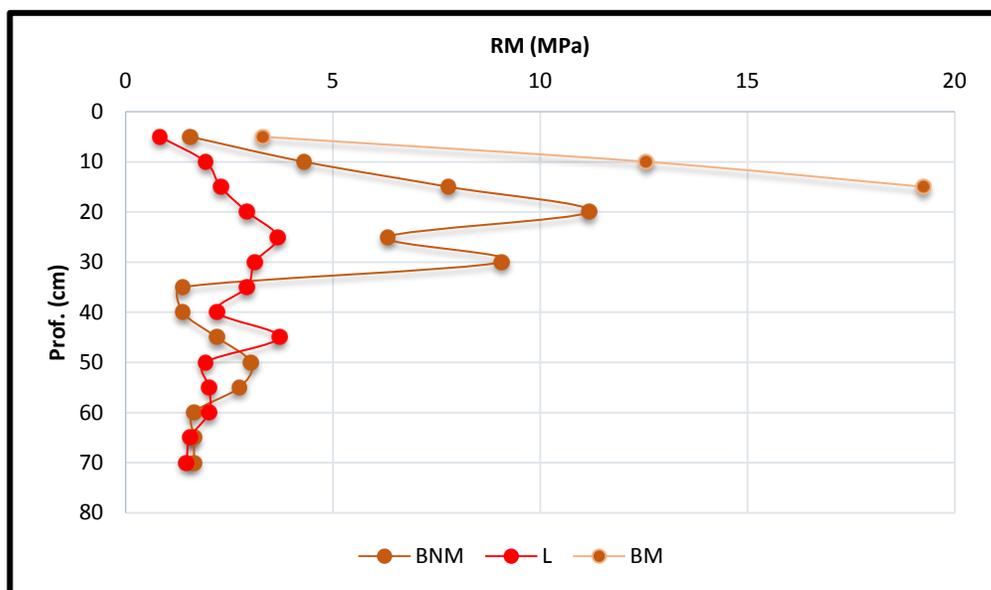


Figura 16: Resistencia mecánica vs Profundidad para la situación de “BNM”, “L” y “BM” en la localidad de San Basilio, Córdoba.

Tabla 7: Contenido de humedad del suelo al determinar RM en las diversas profundidades evaluadas en San Basilio, Córdoba.

SITUACIONES	PROFUNDIDAD (cm)	% HUMEDAD
BNM	0-19	12,52
BNM	18-28	13,64
BNM	28-43	15,44
BM	0-19	4,75
BM	19-28	7,95
BM	28-51	11,35
L	0-20	10,65
L	20-40	11,67
L	40-60	11,26

Las raíces se expanden a través de huecos preexistentes y horadando la matriz del suelo. Para que la primera alternativa sea factible, el diámetro de los poros o fisuras debe ser mayor que el de la cofia o piloriza (por lo general superior a 100 μm) y la conectividad entre esos huecos debe carecer de angostamientos que impidan su elongación.

La ocupación del suelo depende principalmente de la impedancia mecánica que éste opone, comparada con la que la raíz puede superar (Pilatti *et al.*, 2012).

Se acepta que la resistencia mecánica es crítica cuando la elongación radical: 1) se detiene, 2) comienza a reducirse o 3) hay algún requisito intermedio. En su mayoría los autores optaron por la alternativa (1).

Silva y Kay (1996) optaron por un valor crítico de 2 MPa en el suelo, teniendo en cuenta la resistencia a partir de la cual se reduce notablemente la elongación radical y también afecta el crecimiento de la parte aérea. Otros autores, Pilatti y Orellana (1993), usan una impedancia mayor, dado que el penetrómetro debe ejercer presiones 2 a 8 veces mayores que las raíces para horadar el suelo, siendo más frecuente entre 3 y 4 veces. Como las raíces realizan presiones máximas de 0,9 a 1,5 MPa adoptan un valor crítico de 1,5 MPa y, al medir el penetrómetro (término medio) 4 veces más que lo que realizan las raíces, aplican un valor crítico de 6 MPa (Pilatti *et al.*, 2012).

Es decir, que tomando como base estos umbrales, la situación de L no sufriría restricciones por elevada RM en ninguno de sus horizontes al menos en el contenido de humedad evaluado. La situación BNM en menor medida vería restringido la exploración de raíces de alfalfa entre los 15 y 30 cm de profundidad y, por último, en la situación de BM las

raíces se vieron fuertemente afectadas para su libre desarrollo y exploración de los agregados del suelo en toda la extensión evaluada.

Densidad de longitud de raíces

En la Figura 17 se observa la variación de la densidad de longitud de raíces de alfalfa con la profundidad, donde en la situación “BM” proliferan en los primeros centímetros, no superando los 60 cm de profundidad, evidenciando un crecimiento compensatorio. La no profundización más allá de los 60 cm se atribuye al alto contenido de sodio de intercambio que genera un elevado pH (Figura 7), como así también una prominente resistencia mecánica cuando el suelo está seco, impidiendo la profundización de las raíces de alfalfa (Pilatti, 2012) mientras que en la situación de “BNM” y “L” las raíces profundizan superando los 100 cm de profundidad, siendo su distribución más uniforme.

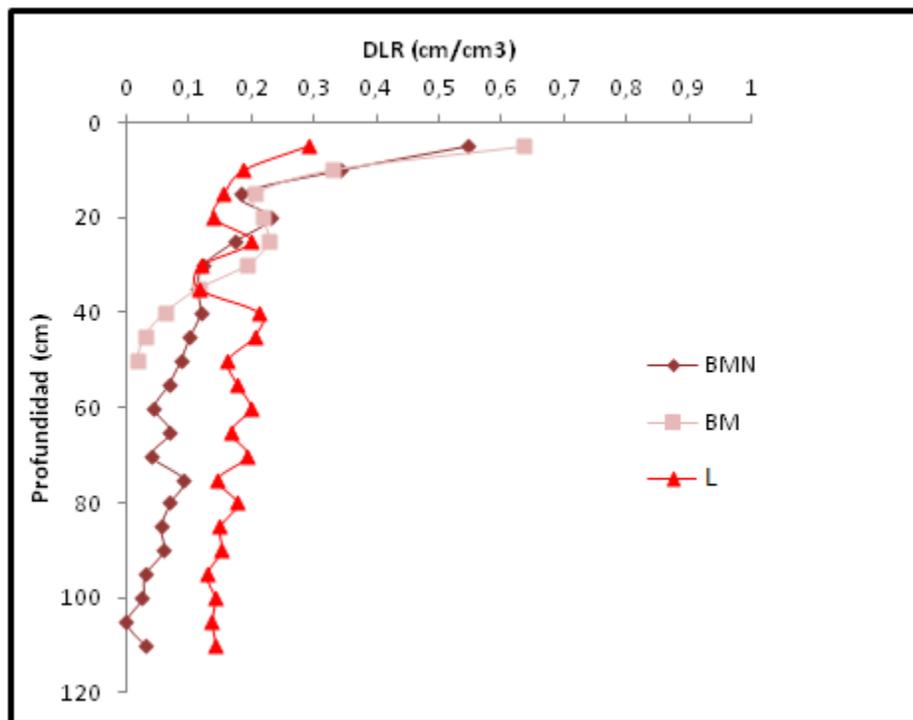


Figura 17: Densidad de longitud de raíces vs profundidad para las situaciones evaluadas: “BNM”, “BM” y “L” en la localidad de San Basilio, Córdoba.

Las raíces se expanden a través de huecos preexistentes y horadando la matriz del suelo. Para que la primera alternativa sea factible, el diámetro de los poros o fisuras debe ser mayor que

el de la cofia o piloriza, y no deben existir angostamientos entre las conectividades de esos huecos que impidan su elongación (Pilatti *et al*; 2012b).

En caso de que pudiesen profundizar más de 60 cm, la presencia de un fragipán a los 110 cm impediría en forma total el avance de las raíces.



Figura 18: *Presencia de un fragipán a los 110 cm de profundidad en calicata correspondiente a la situación de “BM” en San Basilio, Córdoba.*

Materia seca

En la Figura 19 se observan los valores correspondientes a la producción de materia seca de alfalfa obtenida durante los tres cortes realizados. La pastura de alfalfa al momento de realizar el primer corte tenía un año de implantación y se encontraba al 10% de floración.

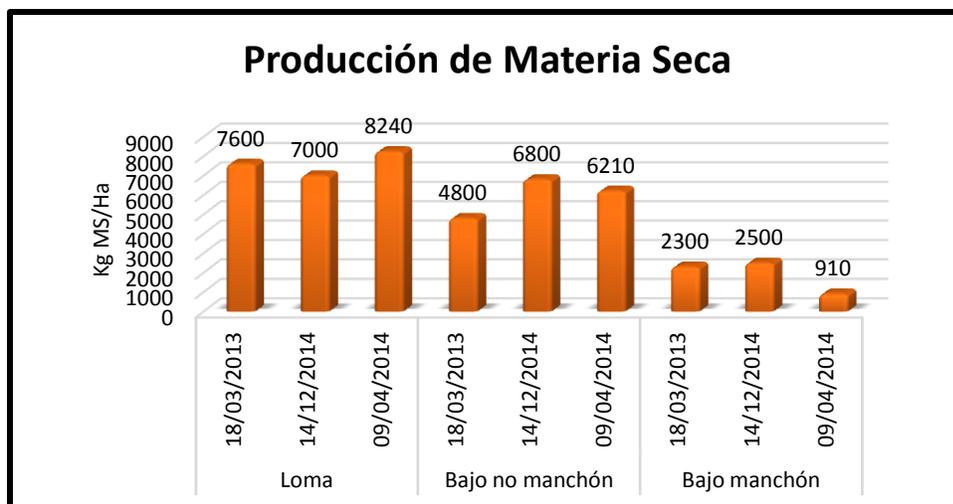


Figura 19: Producción de Materia seca en “L”, “BNM” y “BM” en tres estaciones del año diferentes en la localidad de San Basilio, Córdoba.

Tal como se detalla en la Figura arriba mencionada, los mayores volúmenes de pastura obtenidas en los cortes se corresponden con la situación de L, seguida por la situación de BNM. Los mismos duplican y hasta triplican los kg de materia seca obtenidos por hectárea en relación a la situación problema, BM.

Por otra parte, fue en la situación de BM donde se observó un fuerte avance de malezas, el que se hizo más evidente en el corte del día 18-3-2013, cuando el cultivo se encontraba bajo una situación de estrés edáfico.

La maleza predominante en la situación de BM fue *Chloris ciliata* “Pasto Borla”; especie perenne, primavera-estival, cespitosa, erecta, con numerosos macollos comprimidos en matas densas. Las inflorescencias, sobre cañas floríferas, están formadas por 3 a 6 espigas en un verticilo apical (Papa *et al.*; 2011).

Relaciones entre variables y situaciones

En la Figura 20, se indica el resultado obtenido en un Análisis de componentes principales. En el cuadrante del lado derecho se puede observar la situación de BM, donde su comportamiento se explica por los valores de PSI, pH y CE fundamentalmente, mientras que del mismo modo pero en menor grado también su comportamiento se ve reflejado por los valores de DAP.

Por otra parte, en los cuadrantes opuestos podemos observar la situación de BNM asociada fuertemente al contenido hídrico a 15 bares y la situación de L con su correspondiente variable asociada a la porosidad.

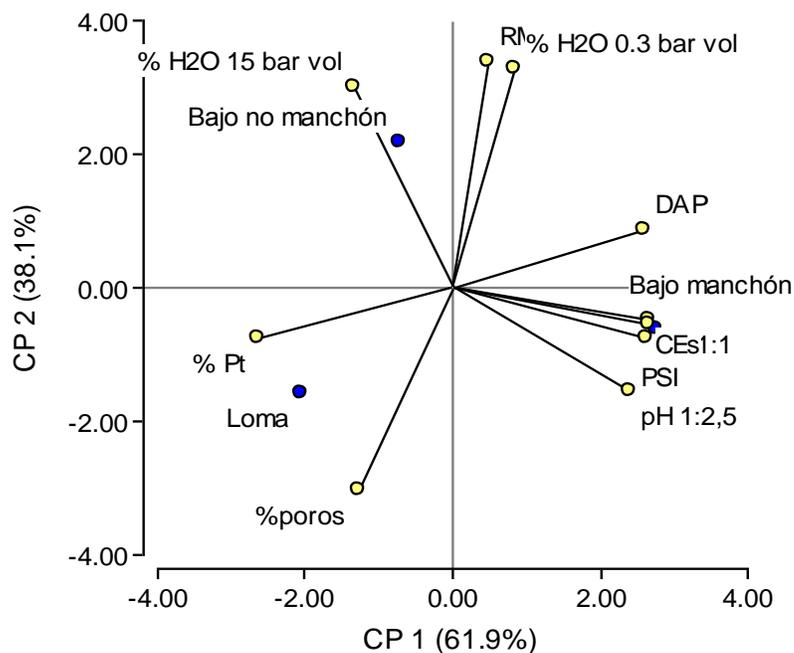


Figura 20: Análisis de componentes principales para la situación de “BNM”, “BM” y “L” correspondientes a la localidad de San Basilio, Córdoba.

Del análisis puede inferirse que las variables asociadas a BM, como PSI, pH y CE, al ser variables relacionadas al comportamiento de la alfalfa, explicarían en gran parte la menor densidad de raíces y por ende la menor producción de materia seca de la pastura.

CONCLUSIONES

Se concluye que en L las variables que definen el comportamiento de la alfalfa son la porosidad total y el % de poros de aire. Mientras que en el BNM el contenido de agua a 15 bares juega un rol relevante. Por el contrario, en la situación correspondiente al BM el PSI y el pH son determinantes del comportamiento del suelo.

Finalmente, los mayores valores en producción de materia seca se obtuvieron en la situación de loma, seguida de la situación de bajo no manchón para todas las evaluaciones y momentos del año. Ello está asociado a los diferentes patrones de exploración de las raíces.

CONSIDERACIONES FINALES

Imbellone (2010) plantea que la elevada producción de especies forrajeras produciría más material vegetal, contribuyendo a mantener las buenas condiciones físicas y químicas del suelo y por ende conservarlo. Con la implementación del ordenamiento territorial, la mayoría de los campos con sodicidad tendrían un destino pastoril mejorado. Es por ello, que el diagnóstico constituye una herramienta básica para ayudar a decidir cuál debería ser el uso, el cultivo y las técnicas de manejo más apropiadas para cada situación en particular.

Existen varias opciones para aprovechar y optimizar el rendimiento en suelos sódicos, una de ellas es la elección de cultivar correcto que se adapte a las condiciones del suelo en cuestión.

BIBLIOGRAFÍA

Blarasin, M., Cabrera, A. y E. Mateoda . 2014. Aguas Subterráneas de la Provincia de Córdoba. Ed. UniRío. E-book. ISBN 978-987-688-091-6.

Bohm, W.1979. Methods of Studying Root Systems. Ecological Studies Volume 33. New York.

Bonadeo, E.; E. Hampp; M. Bongiovanni; I. Moreno y A. Odorizzi. 2006. Relaciones entre propiedades físicas y químicas del suelo y raíces de alfalfa (*Medicago sativa L.*) afectada por “manchoneo”. Revista Ciencia del Suelo. N° 24. Buenos Aires. Pp. 101-107.

Bonadeo, E.; I. Moreno; M. Bongiovanni; R. Marzari; Ganum Gorriz, M.J. y I. Bernardo. 2011. Sistema Suelo-Planta. Apuntes de teóricos. UNRC. Río Cuarto.

Cantu, M.P; A. Becker; Bedano, J.C y Hugo Francisco Schiavo. 2007. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. Ciencia del Suelo. Cienc. Suelo v.25 n.2 Buenos Aires ago./dic. 2007. Departamento de Geología, Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba.

Degiovanni, M. y Blarasin. 2005. Aguas superficiales y subterráneas en el sur del Córdoba: una perspectiva geoambiental. Pág. 31.

Doran, J.W. and T.B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. In: JW Doran; DC Coleman; DF Bezdicek and BA Stewart (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Special Publication N° 35. Wisconsin, USA.

Doran, J. W. y A. J. Jones. 1996. Methods for Assessing Soil Quality. SSSA Special Publication. Madison, Wisconsin, USA. N 49.

Etchevere, P. 1976. Normas de reconocimiento de suelos INTA Castelar. Publicación N° 152.

Gil, R. 1999. Permeámetro de disco. Publicación Instituto de suelo del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA) I.N.T.A. Castelar. 11 pp.

Gorgas, J.A. y Tassile, J.L. (Ed.). 2003. Los suelos. Nivel de reconocimiento. Agencia Córdoba Ambiente S.E. e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. EEA Manfredi, Córdoba, Argentina.

Guerrero Alves J.P; Pla Sentís I. y R.G. Camacho. 2004. Génesis de un suelo sódico alcalino en Chaguaramas, Venezuela. Revista Ciencia del Suelo. N°54. Maracay, Venezuela.

Guerrero, Andrés García. 1999. Cultivos Herbáceos Extensivos. Ed. Mundi Prensa. 6^{ta} ed. Madrid, España.

Hillel, Daniel. 1980. Introduction to soil physics. Academic Press, Inc. San Diego. California.

Imbellone, P.; Giménez, J.; J. Panigatti. 2010. Suelos de la Region Pampeana. Procesos de formación. Ediciones INTA. Buenos Aires p 320.

Infoagro. 2015. El cultivo de la alfalfa. 1ra parte. The lucerne growing. <http://www.infoagro.com>

Infostat. 2014. Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

INTA. 1993. Panorama edafológico de la provincia de Córdoba. Plan Mapa de Suelos Córdoba. Argentina.

INTA. 2006. Los suelos INTA 2006. Plan Mapa de suelos Córdoba. Argentina.

Jarsun, B. 1996. Condiciones del suelo para la alfalfa. Métodos correctivos. V Jornadas Nacionales de Alfalfa. Villa María. Córdoba.

Kay, B.; Vanden Bygaart, A. 2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. Soil & Tillage. Res. 66: 107-118.

Klute, A. 1986. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. Agron. Monograph N° 9 ASA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA.

Lal, R. & Shukla, M.K. 2004. Principles of Soil Physics. Marcel Dekker, New York, EEUU.

Lavado R.S. y M.A. Taboada. 2009. Alteraciones de la fertilidad de los suelos: el halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones. EFA. Buenos Aires. ISBN 978-950-29-1162-5.

Miller, R.W. and R.L. Donahue. 1995. Soils in Our Environment, Seventh Edition. Prudence Hall, Englewood, Cliffs, NJ. Pág. 323.

Miretti, M. C., Imhoff, S., Silva, A. P. d., and Lavado, R. (2010). Soil structure degradation in patches of alfalfa fields. *Scientia Agricola* 67, 604-610. Doran J. W. and T. B. Parkin. 1996. Methods for assessing soil quality. SSSA Especial Publication N° 49. 410 paginas.

Moreno, I. y E. Bonadeo. 2013. Efectos del exceso de sodio sobre propiedades de los suelos - Técnicas de recuperación. UNRC.

Moschetti, C. y M. Avalos. 2005. Producción de semilla de alfalfa. INTA Hilario Ascasubi.

Page, A.L.; Miller, R.H.; D.R. Keeney. 1982. (Eds.) Methods of Soil Analysis. Part 2 N° 9 in the series of Agronomy USA.

Page, A. L.; Miller, R.I. and D.R. Keeney. 1986. Methods of soil analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties. Second edition. Agron. Monograph N° 9 ASA, SSSA. Madison, Wisconsin USA.

Papa, J C; Tuesca, D. 2011. Los problemas actuales de malezas en la región sojera núcleo: origen y alternativas de manejo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro Regional Santa Fe. EEA INTA Oliveros.

Pilatti, M.A; Orellana, J.A.; Imhoff, S. y A.P. Da Silva. 2012. Review of the critical limits of the optimal hydric interval *Ciencias del Suelo*. Argentina 30(1): 9-21.

Pilatti, M.A. y J.A. de Orellanas. 1993. Posibles indicadores de sostenibilidad. II El intervalo hídrico óptimo. XIV Cong. Arg. De la Ciencia del Suelo. Resúmenes. Mendoza. Argentina.

Porta Casanellas, J.; López-Acevedo Reguerín, M.; Roquero de Laburu, C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3° ed. Editorial Mundi Prensa. Madrid. 917 p.

Porta Casanellas, J.; López M.; Acevedo Reguerín. 2005. Agenda de campos de suelos: información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundo Prensa Libros S.A. Madrid.

Raine S.R. and R.J. Raine. 2003. What is a sodic soil? Identification and management options for construction sites and disturbed lands. In 'Road, Structures and Soils in South East Queensland 29-30th'. Department of Main Roads, Queensland.

Rangasamy, P. 1997. Sodic Soils. Advances IN Soil Science. Methods for Assessment of Soil Degradation. Washington, D.C.

Richards, L.A. 1973. Rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa.

Russell, R. S. 1977. Plant root systems : their function and interaction with the soil. pp. 298. ISBN 0-07-084068-7.

Sasal, C. M.; Castiglioni, G. M.;Ferreiro, J. P.; Wilson, M. G.; Oszust J. 2009. Propiedades hidrologías edáficas bajo diferentes secuencias de cultivos en siembra directa. En Silva, O (Ed) Estudios en la Zona no Saturada del Suelo. Vol. IX. soil physical quality. Geoderma 152: 252-263.

Seiler R.; Vinocur M.G.; Rivarola A.; Victor Rotondo. 2015. Cátedra Agrometeorología Agrícola. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina.

SMART Growing Intelligently. 2011. Expansión de la frontera agropecuaria. <http://www.smartgrowingintelligently.com>

Silva, A.P. y B.D. Kay. 1996. The sensitivity of shoot growth of corn to the least limiting water range of soils. Plant and Soil 184:217-243.

So, H., and Aylmore, L. (1993). How do sodic soils behave - the effects of sodicity on soil physical behavior. Soil Research 31, 761-777.

Summer, M. E. 1993. Sodic Soil – New Perspectives. Australian Journal of Soil Research 31 (6). Pp 683 -750.

Taboada, M.A.; Lavado Raúl. 2009. Alteraciones de la fertilidad de los suelos. El halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones. Ed. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Buenos Aires.

Taboada, M.A; Álvarez Carina R. 2008. Fertilidad Física de los suelos. Ed. Orientación Gráfica. Buenos Aires. Argentina.

Varallyay, G. 1981. Extreme moisture regime as the main limiting factor of the fertility of salt affected soils. Agrokemia es Talajtan. Hungaro-Indian Seminar on Salt affected soils. 30(73-94) Budapest, Hungría.

Google Académico, 2015. Evaluación de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) a través de distancias de siembra y fertilizantes. En: <http://repositorio.ucsg.edu.ec:8080/bitstream/123456789/3718/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-56.pdf>. Consultado: 12-07-2015.

Google Académico, 2015. Agricultura. El cultivo de la alfalfa. 1ra parte. Infoagro. En: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.htm>. Consultado: 13-07-2015.

Google Académico, 2015. Manejo y conservación de suelos. Manejo de suelos halomórficos. Unidad VI. En: https://www.google.com.ar/?gfe_rd=cr&ei=wX9fVrvWFqOB8QeDtbqADA&gws_rd=ssl#q=la+cantidad+total+de+almacenamiento+h%C3%ADdrico+en+los+suelos+s%C3%B3dicos+se+reduce+debido+a+la+entrada+restringida+de+agua.+. Consultado: 13-07-2015.

ANEXOS

Contenido hídrico a 30 y 1500 KPa para las tres situaciones

Análisis de la varianza

‡ H2O 0.3 bar vol

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
‡ H2O 0.3 bar vol	27	0,57	0,50	11,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,02	4	0,01	7,39	0,0006
Tratamiento	0,02	2	0,01	14,62	0,0001
Bloque (repetición)	2,3E-04	2	1,1E-04	0,16	0,8515
Error	0,02	22	7,1E-04		
Total	0,04	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,02603

Error: 0,0007 gl: 22

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Loma	0,20	9	0,01	A
Bajo manchón	0,23	9	0,01	B
Bajo no manchón	0,26	9	0,01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,02603

Error: 0,0007 gl: 22

Bloque (repetición)	Medias	n	E.E.	
2,00	0,23	9	0,01	A
3,00	0,23	9	0,01	A
1,00	0,24	9	0,01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

% H2O 15 bar vol

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% H2O 15 bar vol	27	0,21	0,07	141,26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,24	4	0,06	1,48	0,2429
Tratamiento	0,05	2	0,02	0,59	0,5613
Bloque (repetición)	0,20	2	0,10	2,36	0,1176
Error	0,91	22	0,04		
Total	1,16	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,19896

Error: 0,0414 gl: 22

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Bajo manchón	0,10	9	0,07 A
Loma	0,13	9	0,07 A
Bajo no manchón	0,20	9	0,07 A

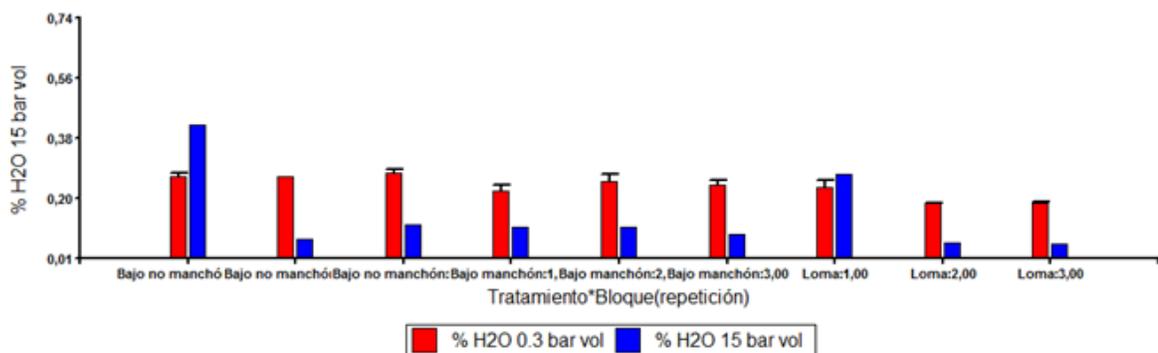
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,19896

Error: 0,0414 gl: 22

Bloque (repetición)	Medias	n	E.E.
2,00	0,08	9	0,07 A
3,00	0,09	9	0,07 A
1,00	0,26	9	0,07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



Conductividad eléctrica

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CE 1:1	27	0,44	0,34	105,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,01	4	0,25	4,32	0,0099
Tratamiento	0,97	2	0,49	8,34	0,0020
Bloque (repetición)	0,03	2	0,02	0,30	0,7470
Error	1,28	22	0,06		
Total	2,29	26			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,23605

Error: 0,0583 gl: 22

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Loma	0,06	9	0,08 A
Bajo no manchón	0,13	9	0,08 A
Bajo manchón	0,49	9	0,08 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,23605

Error: 0,0583 gl: 22

Bloque (repetición)	Medias	n	E.E.
3,00	0,19	9	0,08 A
1,00	0,23	9	0,08 A
2,00	0,27	9	0,08 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Porosidad de aireación

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%poros	27	0,44	0,34	53,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,06	4	0,02	4,40	0,0092
Tratamiento	0,06	2	0,03	8,65	0,0017
Bloque (repetición)	9,9E-04	2	4,9E-04	0,14	0,8668
Error	0,08	22	3,4E-03		
Total	0,14	26			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,05720

Error: 0,0034 gl: 22

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Bajo no manchón	0,06	9	0,02 A
Bajo manchón	0,10	9	0,02 A
Loma	0,17	9	0,02 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,05720

Error: 0,0034 gl: 22

Bloque (repetición)	Medias	n	E.E.
1,00	0,10	9	0,02 A
2,00	0,11	9	0,02 A
3,00	0,12	9	0,02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

DAP

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DAP	27	0,06	0,00	6,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	4	3,0E-03	0,35	0,8434
Tratamiento	0,01	2	0,01	0,68	0,5148
Bloque (repetición)	1,6E-04	2	7,8E-05	0,01	0,9910
Error	0,19	22	0,01		
Total	0,20	26			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,09060

Error: 0,0086 gl: 22

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Loma	1,43	9	0,03 A
Bajo no manchón	1,46	9	0,03 A
Bajo manchón	1,48	9	0,03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,09060

Error: 0,0086 gl: 22

Bloque (repetición)	Medias	n	E.E.
3,00	1,46	9	0,03 A
2,00	1,46	9	0,03 A
1,00	1,46	9	0,03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Resistencia mecánica

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RM	27	0,28	0,15	101,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	97,58	4	24,39	2,15	0,1085
Tratamiento	11,21	2	5,61	0,49	0,6167
Horizonte	86,37	2	43,18	3,81	0,0381
Error	249,59	22	11,34		
Total	347,17	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,29288

Error: 11,3449 gl: 22

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Loma	2,58	9	1,12 A
Bajo manchón	3,25	9	1,12 A
Bajo no manchón	4,16	9	1,12 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,29288

Error: 11,3449 gl: 22

Horizonte	Medias	n	E.E.
3,00	1,07	9	1,12 A
2,00	3,48	9	1,12 A B
1,00	5,44	9	1,12 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Densidad de longitud de raíces – Grillas: recuento de raíces

BM 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	35	21	11	16	15	27	14	16	8	12	15	17	16	22	15	10	12	7	13
2	11	10	10	14	4	8	8	5	8	5	8	10	14	7	8	7	4	9	6
3	5	8	8	5	7	6	5	7	2	8	4	4	8	4	6	5	3	1	2
4	3	2	3	6	3	5	5	8	14	6	10	9	7	5	6	5	2	1	3
5	1	2	2	3	6	5	6	7	8	9	9	11	6	7	12	7	3	2	2
6	7	3	5	3	4	9	6	4	10	7	5	5	5	7	5	3	1	1	2
7	3	4	4	2	2	1	3	3	2	4	6	2	3	6	3	3	2	1	1
8	2	1	1	2	1	2	4	3	-	2	1	3	-	-	2	-	2	1	3
9	1	2	-	-	-	-	-	2	-	2	2	2	1	1	-	1	-	-	-
10	2	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	1	1	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

BM 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	18	13	15	17	12	9	22	13	17	19	26	16	14	20	1	6	7	5	7
2	15	5	6	11	11	14	15	8	12	23	19	18	15	19	9	11	12	6	6
3	10	8	7	6	12	12	15	7	14	12	12	6	13	12	13	11	7	3	5
4	6	4	2	9	5	2	0	8	13	13	7	7	8	9	6	7	5	3	3
5	2	3	4	6	7	7	0	0	10	6	4	1	5	5	1	5	0	1	1
6	0	1	0	0	1	2	0	0	0	3	1	0	2	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	1	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0
8	0	0	1	0	0	0	0	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
9	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	1	0	2	3	1	1	0	0	0
10	0	0	0	0	1	1	0	0	0	4	1	3	4	1	0	1	0	0	0
11	0	0	0	0	2	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

BM 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	5	13	12	8	9	16	9	12	7	8	7	11	17	8	7	13	10	5	4
2	12	7	16	16	23	11	10	16	14	15	8	9	15	20	14	17	15	20	3
3	12	6	5	6	7	8	10	9	7	9	6	4	7	12	11	14	7	9	8
4	6	4	2	5	4	0	4	2	1	3	0	2	5	5	3	7	4	3	2
5	2	1	1	0	1	0	2	1	0	3	0	0	2	2	1	1	2	1	2
6	0	0	0	0	0	2	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
7	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
8	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

BNM 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	9	12	9	6	13	8	7	17	18	9	16	27	15	20	18	12	15	14	14
2	7	5	6	13	1	5	7	2	4	6	4	7	10	11	8	13	12	12	30
3	2	1	2	3	4	5	7	7	5	6	9	4	9	9	2	4	3	2	3
4	3	6	4	4	3	3	1	5	15	2	6	6	12	14	3	2	4	11	5
5	3	5	14	3	1	2	2	2	1	10	4	0	3	8	9	2	8	4	1
6	3	1	7	3	1	2	1	3	0	12	5	2	1	3	1	3	2	8	0
7	3	2	5	5	6	1	0	0	5	4	3	0	2	3	2	4	2	3	4
8	4	2	3	3	2	2	2	7	4	4	1	2	3	4	0	2	3	3	5
9	0	3	0	5	2	3	5	4	0	4	1	3	2	0	4	2	5	2	3
10	0	0	5	1	3	2	5	0	12	4	3	2	0	2	1	0	0	0	1
11	1	0	3	2	4	2	2	1	5	4	2	2	0	2	0	0	0	0	2
12	0	0	0	1	1	2	0	4	2	3	1	3	0	0	0	0	2	3	0
13	0	0	0	0	2	3	2	3	2	3	5	3	0	2	2	0	3	3	0
14	0	0	3	1	0	0	2	2	2	1	1	1	0	0	0	2	4	0	0
15	3	2	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	5	6	8	5	0	7	2
16	2	1	0	1	1	0	3	1	2	0	0	0	4	3	6	3	1	4	1
17	2	0	2	1	2	0	4	1	1	1	0	0	4	2	2	2	0	2	0
18	3	1	3	1	1	1	2	0	2	1	1	3	3	2	3	0	1	0	0
19	1	1	1	2	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	2
20	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	7	2	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1	2	2	2	4	5	3	2	5	4	3	3	4	4	5	5	3	3	3

BNM 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1	0	1	0	1	5	4	6	8	7	8	12	15	11	8	7	4	9	8
2	3	5	1	0	0	4	5	6	8	13	6	12	16	12	18	9	6	7	5
3	4	4	1	4	2	17	11	8	6	5	7	11	15	7	15	11	8	5	2
4	9	1	5	0	13	11	13	8	4	6	7	16	15	7	14	6	3	12	4
5	6	2	3	2	3	12	15	10	9	3	11	16	17	5	9	2	3	8	6
6	3	8	6	2	2	7	9	6	12	3	11	16	4	8	6	4	1	6	5
7	8	6	3	6	0	5	6	8	15	13	3	10	7	7	8	5	9	7	6
8	8	9	8	6	11	8	9	16	17	8	10	12	12	8	7	10	0	8	6
9	5	4	6	9	11	9	7	14	8	4	14	6	7	5	8	3	1	4	3
10	6	4	7	7	9	12	7	8	7	10	7	5	9	8	7	10	7	3	2
11	3	4	5	7	4	6	7	10	5	9	10	2	14	8	9	4	1	4	4
12	4	2	2	3	1	5	12	8	4	9	11	6	5	8	8	6	4	2	4
13	1	2	6	0	5	4	8	10	7	5	5	7	3	5	6	8	5	3	5
14	1	3	1	5	4	2	7	6	4	6	6	0	4	6	7	8	4	2	6
15	3	0	1	1	1	3	2	2	4	3	7	5	3	3	6	4	2	5	1
16	2	0	3	1	0	2	0	1	2	3	2	3	3	0	5	7	0	5	2
17	3	0	1	3	0	0	0	0	0	9	5	0	4	3	6	3	4	6	4
18	2	0	2	0	1	0	7	2	3	6	4	4	3	0	3	3	0	4	3
19	2	0	1	3	1	0	0	0	0	6	5	0	5	4	7	4	4	5	3
20	1	0	1	0	1	0	5	4	3	3	6	2	2	2	5	4	5	4	2
21	0	0	0	1	1	3	1	2	4	3	5	3	2	2	5	0	1	2	1
22	0	0	4	3	0	3	2	1	2	3	4	0	0	1	3	2	2	0	1
23	0	0	0	0	1	2	2	1	3	4	4	2	0	0	3	5	3	0	0
24	0	0	0	3	2	5	1	1	0	1	0	0	0	2	2	0	1	0	0
25	0	0	0	1	3	3	1	3	0	0	0	1	0	1	4	1	1	0	0
26	0	0	0	0	0	3	3	0	2	0	3	0	1	0	1	0	1	0	0
27	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
28	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0
29	0	0	0	0	0	3	1	0	2	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0
30	0	1	0	0	0	2	1	0	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0
31	0	1	0	0	0	0	2	1	0	3	1	0	1	0	0	1	2	0	0

BNM 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	8	7	3	1	4	7	5	1	5	8	8	5	4	6	5	4	5	6	8
2	4	10	11	9	2	3	6	7	3	11	10	7	5	4	10	8	10	7	5
3	4	9	12	9	9	4	5	3	2	10	8	6	8	3	5	7	7	14	2
4	5	7	12	9	13	8	1	10	12	14	13	8	6	3	14	11	10	5	4
5	5	3	10	5	6	7	6	8	9	8	12	6	7	7	11	10	5	4	6
6	9	1	8	11	2	3	8	12	8	10	8	10	12	6	12	5	5	5	5
7	9	5	6	5	9	7	5	5	2	9	1	3	9	5	3	9	7	6	6
8	5	7	8	5	7	8	6	0	6	12	10	8	8	7	5	7	14	12	6
9	8	10	8	4	9	10	9	2	3	3	5	4	8	9	9	10	7	10	3
10	11	4	3	5	6	9	9	7	4	4	10	0	3	4	1	3	4	6	2
11	8	5	6	3	4	6	4	7	4	9	3	10	6	7	3	9	4	10	4
12	5	7	6	9	8	6	0	5	2	5	4	3	3	2	3	4	8	4	4
13	2	3	3	7	5	0	6	0	1	1	2	0	1	3	2	5	4	7	5
14	7	6	3	5	6	2	3	1	4	1	0	0	3	0	4	7	4	6	6
15	3	3	2	1	4	2	3	2	1	1	2	0	1	1	1	3	2	3	1
16	2	4	3	5	0	1	5	2	4	0	3	0	0	2	2	3	0	3	2
17	8	4	4	3	1	1	3	0	1	2	1	1	0	0	0	4	4	7	4
18	3	2	4	2	1	5	4	2	4	2	1	0	1	1	5	5	6	9	3
19	4	6	2	3	4	3	2	0	5	4	5	0	4	0	1	2	1	0	3
20	3	2	5	3	2	5	4	1	3	6	2	2	0	1	5	0	2	0	2
21	1	6	3	0	0	0	4	0	3	6	8	1	0	3	3	3	0	0	1
22	1	4	0	4	4	4	1	2	4	2	3	0	1	1	0	0	0	1	1
23	1	3	0	3	0	0	2	2	2	4	5	6	3	0	0	0	0	0	0
24	0	2	0	2	0	2	0	0	0	4	0	1	0	2	3	0	0	2	0
25	0	9	0	2	0	6	5	0	1	0	1	1	2	2	2	0	0	3	0
26	0	8	2	0	3	3	3	0	0	2	1	0	0	1	3	0	3	2	0
27	0	1	1	1	0	2	4	1	0	3	3	0	3	3	2	0	4	0	0
28	0	0	4	2	0	3	3	0	1	2	2	0	4	0	2	0	2	1	0
29	2	0	5	5	1	3	0	4	0	1	2	1	1	0	0	1	3	0	0
30	3	5	0	3	0	0	0	0	1	3	0	0	2	0	0	0	4	1	0
31	2	0	0	0	0	10	1	0	0	1	1	0	2	0	0	0	5	1	0

L 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	9	7	5	5	7	4	5	10	10	7	6	12	9	7	4	7	6	10	8
2	5	3	4	3	3	7	4	4	5	3	9	3	5	7	5	7	5	3	4
3	3	5	3	5	4	6	6	3	3	5	7	4	3	3	4	3	2	3	2
4	7	5	3	5	4	2	2	2	4	7	3	4	2	3	2	2	4	3	2
5	7	2	2	3	3	4	3	1	2	3	2	4	5	3	-	1	3	43	4
6	2	3	3	4	3	3	2	2	3	6	5	4	2	3	2	2	4	2	2
7	1	1	3	2	3	2	3	6	4	3	3	2	3	2	4	3	3	4	3
8	3	3	4	3	4	5	4	7	10	6	6	4	6	7	6	7	5	6	5
9	4	2	4	3	3	7	8	9	10	9	8	4	3	3	4	5	5	4	2
10	1	1	2	2	3	2	3	6	5	9	7	7	3	5	4	4	3	5	5
11	2	2	3	2	2	5	6	4	7	3	8	5	6	5	4	4	4	7	5
12	2	3	2	3	4	4	5	7	7	6	3	5	6	7	6	4	5	6	9
13	3	3	3	4	3	5	3	4	7	6	3	5	5	4	4	5	3	3	6
14	3	4	5	3	2	3	4	7	8	4	2	3	4	5	6	6	8	7	8
15	3	4	3	3	2	7	4	3	5	4	2	2	2	2	2	4	5	5	7
16	7	5	4	4	4	3	4	4	5	3	5	6	4	2	3	4	4	6	7
17	4	4	7	4	3	3	5	3	4	2	6	2	3	3	2	4	5	4	3
18	5	5	5	2	5	2	3	3	4	5	4	3	5	2	5	4	3	3	4
19	5	4	4	2	3	2	3	3	4	5	3	4	3	2	3	2	3	4	2
20	3	4	3	2	3	3	3	3	4	5	4	5	4	2	2	2	4	5	6
21	4	3	3	3	4	3	2	4	5	2	7	3	4	3	3	3	3	4	2
22	2	2	2	4	4	5	3	2	5	4	5	3	4	4	5	5	3	3	3

Materia seca

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Materia Seca	27	0,28	0,14	186,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,25	4	0,06	2,09	0,1165
Tratamiento	0,06	2	0,03	0,98	0,3897
Bloque (repetición)	0,19	2	0,09	3,20	0,0604
Error	0,65	22	0,03		
Total	0,90	26			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,16852

Error: 0,0297 gl: 22

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Bajo manchón	0,03	9	0,06 A
Bajo no manchón	0,11	9	0,06 A
Loma	0,14	9	0,06 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,16852

Error: 0,0297 gl: 22

Bloque (repetición)	Medias	n	E.E.
3,00	0,03	9	0,06 A
2,00	0,04	9	0,06 A
1,00	0,21	9	0,06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PSI

Tolerancia al PSI y rango al cual se afectan	Cultivo	Respuesta del crecimiento en condiciones de campo
Extremadamente sensibles (PSI = 2-10)	Nuez	Síntomas de toxicidad por Na, aún a bajos valores de PSI
	Frutas caducas	
	Citrus (<i>Citrus</i> spp.)	
Sensibles (PSI = 10-20)	Habas (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Crecimiento impedido a bajos valores de PSI aun cuando las condiciones físicas del suelo puedan ser buenas
Moderadamente tolerantes (PSI= 20-40)	Trébol (<i>Trifolium</i> spp.)	Crecimiento impedido debido a factores nutricionales y condiciones de suelo adversas.
	Avena (<i>Avena sativa</i> L.)	
	<i>Festuca arundinacea</i>	
	Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	
	<i>Paspalum dilatatum</i>	
Tolerantes (PSI= 40-60)	Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	Crecimiento impedido usualmente debido a condiciones físicas adversas del suelo.
	Algodón (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)	
	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.)	
	Cebada (<i>Hordeum vulgaris</i> L.)	
	Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	
	Remolacha (<i>Beta vulgaris</i> L.)	
Altamente tolerantes (PSI = mayor a 60)	Agropyron spp	Crecimiento impedido usualmente debido a condiciones físicas adversas del suelo.
	Agropyron elongatum	

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PSI	27	0,57	0,49	115,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4403,44	4	1100,86	7,29	0,0007
Tratamiento	4389,67	2	2194,83	14,53	0,0001
Bloque (repetición)	13,78	2	6,89	0,05	0,9555
Error	3324,33	22	151,11		
Total	7727,77	26			

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=12,01756

Error: 151,1058 gl: 22

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Loma	0,86	9	4,10 A
Bajo no manchón	2,42	9	4,10 A
Bajo manchón	28,66	9	4,10 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=12,01756

Error: 151,1058 gl: 22

Bloque (repetición)	Medias	n	E.E.
1,00	9,96	9	4,10 A
3,00	10,35	9	4,10 A
2,00	11,63	9	4,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

