



Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Trabajo final de carrera

**“Evaluación *in situ* de las propiedades químicas del suelo y su relación con algunas especies nativas del pastizal halofítico en La Pampa Deprimida”**

Estudiantes:	García María Belén	Valdéz Jorge Daniel
DNI	34.682.129	94.321.807
N° legajo	26706/9	26643/1
Correo	garciabelen89@gmail.com	val10jorge.d@gmail.com
Teléfono	221-5612260	2227-616916

**Director:** Ing. Agr. Víctor Bolaños.

**Co Directora:** MS.c Ing Agr. Cristina Vecchio.

**Lugar de Trabajo:** Cátedra de Forrajicultura y Praticultura y de Edafología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.

**Fecha de entrega:** Marzo 2019

## INDICE

AGRADECIMIENTOS .....	2
RESUMEN .....	4
INTRODUCCION .....	5
OBJETIVOS .....	9
MATERIALES Y METODOS .....	10
Tabla 1. Porcentaje de cobertura vegetal, broza, suelo desnudo y cobertura específica (Ce) de <i>Distichlis scoparia</i> , <i>Sporobolus pyramidatus</i> , <i>Sporobolus</i> <i>indicus</i> y <i>Chloris berroi</i> en la estepa de cobertura baja (ECB), estepa de cobertura media (ECM) y en la estepa de cobertura alta (ECA). .....	11
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
pH.....	13
Figura 1. pH actual de suelo en micrositos con diferente cobertura .....	16
Conductividad eléctrica .....	16
Figura 2. Conductividad eléctrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de suelo en micrositos con diferente cobertura.....	18
Materia orgánica.....	18
Figura 3. Materia orgánica (%) de suelo en micrositos con diferente cobertura ...	21
Nitrógeno total.....	21
Figura 4. Nitrógeno total (%) de suelo en micrositos con diferente cobertura .....	23
CONCLUSION .....	23
BIBLIOGRAFIA .....	25
ANEXO .....	31
a) Variable pH.....	31
Tabla 2. Análisis de la varianza de los valores de pH para los sitios estepa de cobertura baja (ECB), estepa cobertura media (ECM) y estepa cobertura alta (ECA).....	31
Tabla 3. Análisis de la varianza según condición: Estepa de cobertura media y estepa de cobertura alta; Según test LSD Fisher. ....	32
b) Variable CE.....	33
Tabla 4. Análisis de la varianza de los valores de CE para los sitios estepa cobertura baja (ECB), estepa cobertura media (ECM) y estepa cobertura alta (ECA).....	33
Tabla 5: Análisis de la varianza según condición estepa de cobertura media; según test LSD Fisher. ....	34
c) Variable MO .....	35

Tabla 6. Análisis de la varianza de los valores de MO para los sitios estepa cobertura baja (ECB), estepa cobertura media (ECM) y estepa cobertura alta (ECA).....	35
Tabla 7: Análisis de la varianza según condición estepa de cobertura alta, media y baja; según test LSD Fisher. ....	35
d) Variable Nt .....	37
Tabla 8. Análisis de varianza de los valores de Nt para los sitios estepa cobertura baja (ECB), estepa cobertura media (ECM) y estepa cobertura alta (ECA).....	37
Tabla 9: Análisis de la varianza según condición estepa de cobertura alta, estepa de cobertura media y estepa de cobertura alta; según test LSD Fisher. ....	38

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la FCAyF de la que nos enorgullecemos de pertenecer, por habernos brindado las herramientas para salir al ámbito laboral y hacernos pasar de manera tan agradable los años de estudio.

Agradecemos enormemente a Víctor y Cris por la predisposición, los consejos, el aliento y el cariño durante la realización de nuestra tesis.

Gracias Andre por la paciencia, predisposición y ganas, por explicarnos, ayudarnos y contenernos.

Gracias Roberto Refi por tu gran aporte en este trabajo.

Agradecemos con el corazón a nuestras familias por darnos la oportunidad de estudiar, por aconsejarnos, apoyarnos y nunca dejarnos solos.

Agradecemos a quienes forman parte del laboratorio de Edafología (Vic, Pela, Dana, Guille, Negro, Jorge) que con su constante ayuda, buen trato y compañía hicieron más fácil lograr esta tesis.

Gracias a los amigos que siempre están.

Gracias Ulises por tu ayuda.

Gracias Gabriel Comotti por tu colaboración para llevarnos a recolectar las muestras.

Finalmente nos agradecemos mutuamente por la paciencia, el compañerismo, la alegría y complicidad, porque más allá de ser compañeros de tesis somos amigos.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar *in situ* la variabilidad de las propiedades químicas del suelo y en qué medida dicha variabilidad es explicada por efecto de las especies vegetales instaladas. Se seleccionaron tres áreas con estepas de halófitas con diferente manejo del pastoreo con cobertura baja media y alta (ECB, ECM y ECA respectivamente). Cada estepa se consideró como un sitio y en cada uno se identificaron tres micrositios (Mst): dos especie específicos correspondientes a las dos especies dominantes de la cobertura y con suelo desnudo. Los dos Mst especie específicos fueron diferentes según la situación de cobertura. De cada Mst se tomaron 10 muestras compuestas de suelo (n=10) a las cuales se les determinó en laboratorio: pH actual, conductividad eléctrica (CE), Materia orgánica (MO) y nitrógeno total (Nt). Se estudió la variabilidad de cada sitio mediante ANOVA con un diseño completo al azar anidado. Cada sitio fue analizado además de forma independiente haciendo una comparación múltiple de media entre los micrositios dentro de cada sitio mediante test de LCD. Los resultados muestran que en todos los sitios existe variabilidad entre micrositios y dicha variabilidad se encuentra relacionada con una especie particular. En el caso del sitio con menor cobertura el *S. pyramidatus*, especie capaz de adaptarse a condiciones extremas de suelo, se relacionó con los mejores valores de las variables químicas edáficas medidas en esa situación. En la ECM *Cloris berroi* fue la especie que se relacionó con los mejores micrositios edáficos y en la ECA no hubo diferencia entre micrositios especie específico pero si entre estos y el suelo desnudo.

## INTRODUCCION

La fitoregión “Pampa Deprimida” ocupa una superficie de aproximadamente 9.000.000 ha, ubicada en el centro este de la provincia de Buenos Aires, incluye la Depresión del Salado y la Depresión de Laprida (Etchevehere 1961). Tiene un clima templado húmedo, con temperatura media anual de 13,8 °C en el sur y 15,9 °C en el norte y la precipitación media anual es de 850 mm en el sudoeste y 1000 mm en el noreste (Durante 2006). La toposecuencia del lugar presenta un relieve plano sin una red de drenaje definida, por lo que suelen ocurrir eventos frecuentes de anegamiento y otros menos frecuentes de inundación (León et al. 1984). Aproximadamente 70 % de la superficie de la Pampa Deprimida está cubierta por pastizal natural, es uno de los relictos de pastizal templado húmedo más extensos del mundo.

El pastizal de la Pampa Deprimida se caracteriza por tener un estrato herbáceo gramíneo dominante, con una alta heterogeneidad espacial (Vervoorst 1967). Se encontró que las comunidades vegetales descritas (Batista et al. 2005, Burkart et al. 1990, León et al. 1979) tienen una fuerte correlación con la posición topográfica, el balance hídrico del suelo y la presencia de salinidad y/o alcalinidad (Burkart et al. 1990). Dicha correlación permitió definir los cinco grandes grupos de vegetación denominados como pradera de mesófitas, pradera húmeda de mesófitas, pradera de hidrófitas, estepa húmeda de halófitas y estepa de halófitas (Perelman et al. 2001). Cada una de estas unidades de vegetación amalgaman el componente vegetal con características del componente suelo del pastizal. La estepa de halófitas representa, aproximadamente, 23% de la superficie del pastizal y se ubica en los tendidos bajos del relieve. Se caracteriza por presentar alta concentración de sodio en todo el perfil edáfico, bajos porcentajes de materia orgánica y problemas de anegamiento temporales (Burkart et al. 2005). La cobertura generalmente es rala y las especies que

integran la comunidad vegetal están asociadas a la sodicidad y al anegamiento (León et al. 1979, Perelman et al. 2001, Batista et al. 2005).

Desde la introducción del ganado doméstico en la región, aproximadamente en el siglo XVI, el pastoreo es considerado el principal disturbio modelador de la vegetación. El efecto del pastoreo por ganado doméstico sobre la vegetación y el suelo en la estepa de halófitas difiere, y en cierto caso se contrapone, al registrado en otros ambientes del pastizal (Puhl et al. 2014, Chaneton et al. 2002). Tal diferencia estaría asociada a que las características edáficas de la estepa de halófitas imponen una fuerte limitante ambiental que restringe el establecimiento en el arribo de especies exóticas u otras nativas del pastizal, propias de comunidades sin tales limitantes (Chaneton et al. 2002). El sobrepastoreo en la estepa de halófitas genera cambios tanto en la vegetación como a nivel edáfico. Estudios recientes llevados a cabo en la estepa de halófitas demostraron que la cubierta vegetal suele presentar, bajo pastoreo, un amplio rango en el porcentaje de suelo desnudo, entre 30 a 70%, dependiendo de la condición en la que se encuentre (Vecchio et al. 2019).

Es conocido el hecho de que en los suelos halomórficos la presencia de cobertura es de vital importancia, dado que la falta de cubierta afecta el régimen hídrico y térmico del suelo (Phillips 1984), aumentando el riesgo de salinización y/o alcalinización por ascenso y acumulación de sales y/o sodio (Taboada y Lavado 1987). En sentido inverso a lo antedicho, se ha documentado como la mayor producción de biomasa vegetal conlleva a mejoras en las propiedades químicas de los suelos halomórficos. El proceso es explicado, principalmente, por la mayor respiración de las raíces y de la actividad microbiana que aumenta la presión parcial de CO<sub>2</sub> en la rizósfera, y en suma a la mayor concentración de protones por exudados radicales, que colabora en disolver la calcita presente en el suelo (CaCO<sub>3</sub>), dando un consecuente descenso del pH al producirse el reemplazo del sodio adsorbido a los

coloides del suelo por el calcio liberado de la calcita (Semple et al. 2003, Qadir et al. 2007). Esto podría explicar, al menos en parte, como el aumento de la cobertura vegetal y el remplazo de especies menos productivas por otras más productivas genera un efecto de mejora en las propiedades químicas de los suelos halomórficos (Otondo 2011). Además, el mayor volumen de raíces promueve cambios estructurales como la creación de macroporos y grietas que disminuyen la densidad aparente y actuarían de salvoconductos que potencialmente permiten la migración del  $\text{Na}^+$  a zonas más profundas del perfil (Elkins et al. 1977, Qadir et al. 2007).

Recomponer la condición de los pastizales degradados es de suma importancia tanto desde el punto de vista productivo como ecológico (Aronson et al. 1993, Maestre et al. 2001). En el caso del pastizal halofítico de la Pampa Deprimida, entre las estrategias probadas como posibles alternativas para recuperar la condición del recurso se encuentra el agregado de enmiendas químicas (Costa y Godz 1998), la aplicación de fertilizantes (Ginzo et al. 1986), la retención de agua para evitar los ascensos de sales y/o fomentar el lavado de las mismas (Alconada et al. 1993) y la fitorremediación a partir de la incorporación de especies cultivadas (Ghaly 2002, Otondo 2011). El problema es que estas opciones presentan restricciones desde el punto de vista técnico, logístico y económico. En el caso de la incorporación de especies exóticas, por ejemplo, la probabilidad de lograr con éxito su implantación son bajas y principalmente supeditadas a cuestiones climáticas (Otondo et al. 2011). Además, el reemplazo de la comunidad vegetal nativa entraña un riesgo ecológico y costo económico. En este contexto, recuperar y mantener las especies nativas de alto valor forrajero (de mayor productividad), adaptadas a las condiciones edafoclimáticas *in situ*, constituye una alternativa de recuperación para los pastizales halofíticos degradados por sobrepastoreo. Dicha alternativa denota ventajas ecológicas, productivas y económicas respecto a las estrategias convencionales de reemplazo por



especies cultivadas. Entre las ventajas se destacan, conservar la heterogeneidad y funcionalidad ecológica del pastizal (Sala & Paruelo 1997, Cahuepé & Hidalgo 2005, Tilman et al. 2006), una mayor estabilidad de la oferta forrajera (Cahuepé et al. 1982, Jacobo & Rodríguez 2009) y dispensar de los subsidios energéticos en forma de insumos.

Las especies que integran el staff de la comunidad vegetal en la estepa de halófitas son en su mayoría especies específicas, es decir, se encuentran poco frecuentes en otros ambientes del pastizal. Algunos de los principales componentes son *Distichlis scoparia*, *Sporobolus pyramidatus* (Lam.) A. S. Hitchc. y *Chloris berroi* Arech (Burkart et al., 2005). Todas ellas clasificadas fotosintéticamente como C4, con hábito perenne y de crecimiento primavera estival. En el caso de *C. berroi*, es una especie de buen valor forrajero (con mayor generación de biomasa vegetal), muy preferida por el ganado doméstico y dominante en situaciones donde el sobrepastoreo no ha afectado su presencia o en sitios que han sido clausurados al pastoreo (Bolaños et al. 2016, Vecchio et al. 2019). Dicha especie, bajo alta presión de pastoreo reduce notablemente su contribución a la cobertura vegetal, pasando a ser una especie subordinada con relación a *Distichlis scoparia* y *Sporobolus pyramidatus*, o pudiendo incluso llegar a perderse del staff de plantas (Vecchio 2014, Bolaños et al. 2015b). Se ha demostrado los beneficios que el cambio en el sistema de pastoreo, con descansos, proporciona a la estepa de halófitas y particularmente a *C. berroi*, (Vecchio 2014), así mismo, se ha encontrado que en áreas excluidas al pastoreo por varios años el porcentaje de suelo desnudo se reduce a valores de entre 5 y 10% (Vecchio 2014, Bolaños et al. 2016) y a nivel edáfico ocurren mejoras en la fertilidad, disminuye el pH, aumenta el contenido de materia orgánica y de nitrógeno (Vecchio et al. 2018). El aumento de la cobertura vegetal es atribuido, principalmente, a un significativo incremento en la contribución de las especies de buen valor forrajero (con mayor tasa

de producción de forraje) del grupo de las gramíneas perenes estivales, a la vez que las de menor valor forrajero se tornan especies subordinadas en la comunidad vegetal (Bolaños et al. 2016). No obstante, no se conoce hasta el momento si existe alguna relación específica entre los cambios ocurridos en la vegetación -a nivel de especie- y en el suelo -puntualmente en las propiedades químicas-. Dicha información resulta de máximo interés ecológico para poder entender el tipo de relación que hay entre los cambios ocurridos en uno de los componentes -vegetación- con el otro -suelo-. En este sentido Ehrenfeld et al. (2005) propone lo que se conoce como la teoría ecológica de retroalimentación planta-suelo, donde se muestra como los cambios ocurridos en uno de los componentes, por ejemplo en la comunidad vegetal, causarán un cambio en el otro, en este caso el suelo, que posibilita un nuevo cambio en la comunidad vegetal que afectará nuevamente al suelo, hasta que el sistema alcance un equilibrio dinámico. Siguiendo con esta idea, este proyecto pretende encontrar en estepas de halófitas con diferente cantidad y composición de cobertura vegetal cierta variabilidad espacial a escala de planta en las propiedades químicas del suelo y si existe relación entre las propiedades químicas del suelo y la especie vegetal que lo ocupa.

## **OBJETIVOS**

Evaluar la variabilidad de las propiedades químicas del suelo y en qué medida dicha variabilidad es explicada por efecto de las especies instaladas.

Bajo la siguiente hipótesis:

Dentro de un ambiente con igual proporción de cobertura vegetal las diferencias en los valores de pH, conductividad eléctrica, contenido de carbono y nitrógeno total son explicadas, principalmente, por efecto de la especie que lo colonizó.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó con suelo, clasificados como Natracualfes, extraído de tres estepas de halófitas del pastizal de la Pampa Deprimida que presentaban diferente grado de disturbio causado por el pastoreo de ganado doméstico.

Las estepas fueron seleccionadas de dos establecimientos dedicados a la cría de ganado bovino, situados en la localidad de Vieytes, partido de Magdalena, provincia de Buenos Aires. En uno de los establecimientos ( $35^{\circ}16'24,67''$  S;  $57^{\circ}38'05,14''$  O) se lleva adelante un manejo del recurso con método de pastoreo continuo con alta presión de pastoreo dejando un remanente de biomasa en pie de 5 cm o menos (ECB). En el segundo establecimiento ( $35^{\circ}14'10,83''$  S;  $57^{\circ}37'48,65''$  O) desde el año 2010 se modificó el método de pastoreo y conjuntamente se instaló una exclusión de aproximadamente 0,5 ha (ECA), si bien históricamente se hacía pastoreo continuo luego se estableció un pastoreo con períodos de descanso, lográndose una intensidad de pastoreo menor por cuanto que el remanente resultante es superior a los 10 cm de altura (ECM).

Durante Abril de 2015 se realizó un censo en cada uno de los tres sitios: bajo pastoreo continuo (de ahora en más nombrado como estepa de cobertura baja), bajo pastoreo rotativo (desde aquí, estepa de cobertura media) y la exclusión (llamada en adelante estepa cobertura alta), donde se midió porcentaje de cobertura vegetal, cobertura por broza, suelo desnudo, y cobertura específica de las especies de bajo, mediano y alto valor forrajero (Tabla 1).

**Tabla 1. Porcentaje de cobertura vegetal, broza, suelo desnudo y cobertura específica (Ce) de *Distichlis scoparia*, *Sporobolus pyramidatus*, *Sporobolus indicus* y *Chloris berroi* en la estepa de cobertura baja (ECB), estepa de cobertura media (ECM) y en la estepa de cobertura alta (ECA). Censo Abril 2015**

		ECB	ECM	ECA
Cobertura vegetal (%)		30	60	85
Cobertura por broza (%)		0	5	10
Suelo desnudo (%)		70	35	5
Ce	<i>Distichlis scoparia</i> y <i>Sporobolus. pyramidatus</i>	20	15	15
	<i>Sporobolus indicus</i>	0	10	25
	<i>Chloris berroi</i>	0	5	30

Con esta información de base se establecieron tres situaciones a estudiar:

- (1) ECB: estepa de cobertura baja. Predominancia de suelo desnudo (70%), sin broza. La cobertura vegetal está dominada con especies de bajo a mediano valor forrajero como *Distichlis scoparia* y *Sporobolus pyramidatus*.
- (2) ECM: estepa de cobertura media. Menor porcentaje de suelo desnudo (25%) y mayor cobertura vegetal (60-70%), además de la presencia de broza (3-7%). La contribución a la cobertura vegetal total de *Distichlis sp.* sigue siendo dominante (20-30%), pero aparecen manchones de plantas de mayor valor forrajero como *Chloris berroi* y *Sporobolus indicus* que también aportan a la cobertura .

(3) ECA: estepa de cobertura alta. Poco suelo desnudo (<10%), alta proporción de broza (10-20%), menor presencia de *Distichlis sp* (< 20%) y las especies de mediano a alto valor forrajero –*Chloris berroi*, *Sporobolus indicus*, -son dominantes en la cobertura (entre ambas contribuyen en más del 40 % de la cobertura vegetal).

Se tomaron muestras de suelo en nueve micrositios (Mst), tres por cada uno de los sitios de estudio (ECB, ECM y ECA), los Mst fueron seleccionados de tal forma de que en cada sitio dos se correspondan con las dos especies predominantes en la cobertura vegetal (Mst especie específico) y uno con suelo desnudo. Los dos Mst especie específicos fueron diferentes en cada sitio, para ECB se tomó debajo las plantas de *Distichlis scoparia* y bajo plantas de *Sporobolus Pyramidatus*, en tanto que para ECM fueron bajo plantas de *Chloris berroi* y bajo plantas de *Distichlis scoparia*. Por último en el caso de la exclusión (ECA) se tomaron nuevamente bajo plantas de *C. berroi* y de *Distichlis scoparia*.

Se tomaron un total de 90 muestras compuestas de suelo, 10 muestras por cada Mst, (n=10), cada muestra compuesta fue el resultado de la suma de extracciones de cilindros (7cm x 2cm de diámetro) hasta completar dos kg de peso aproximadamente. Las muestras de suelo fueron llevadas a laboratorio donde se acondicionaron para la determinación de las variables químicas de:

pH actual: relación suelo:agua 1:2,5 mediante vía potenciométrica (PROMAR, 1991)

Conductividad eléctrica (CE) en extracto de la pasta saturada, determinación por conductimetría

Carbono oxidable (CO) determinado por Walkley & Black modificado, por vía húmeda, micrométodo. Asumiendo que la materia orgánica contiene un 58% de carbono

orgánico se utiliza un factor de corrección 1,724 para convertir el valor de CO a MO.  
(PROMAR, 1991)

Nitrógeno total (Nt) mediante digestión húmeda, evaluación por Microkjeldahl,  
(PROMAR, 1991)

Todos los análisis se realizaron en el laboratorio de la Cátedra de Edafología de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales-UNLP.

### **Análisis de datos**

Las variables edáficas determinadas en laboratorio se analizaron mediante un ANOVA. No se efectuaron estudios de comparación de medias entre sitios debido a la ausencia de repeticiones verdaderas, procediendo a estudiarse la variabilidad dentro de cada sitio mediante un diseño completo al azar con arreglo anidado. Además cada sitio fue analizado independientemente donde, dentro de cada sitio se hizo una comparación múltiple de media entre micrositios con el test de LCD ( $\alpha=0,05$ ).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **pH**

La media de pH en cada sitio fue 9,57 ( $\pm 0,16$ ) ECB; 8,66 ( $\pm 0,75$ ) ECM y 8,53 ( $\pm 0,24$ ) ECA, dichos valores surgen de promediar los tres micrositios (Mcst), y el menor valor corresponde a ECA (Figura 1). La variabilidad de pH en cada sitio fue distinta, tanto ECB como ECA presentaron mínima variabilidad (4% y 7,5% respectivamente) respecto a ECM donde la variabilidad fue sumamente superior (88%). La variabilidad interna dentro de cada sitio expresa que tan distintos (en términos de la variable edáfica evaluada) fueron los micrositios que se midieron dentro.

En el sitio ECB no hubo diferencias significativas en pH entre micrositios ( $F=2,09$ ;  $P=0,131$ ) (anexo tabla 1). En todos los micrositios el pH fue muy fuertemente alcalino,

el pH debajo de las plantas de *Sporobolus pyramidatus* fue 9,4 ( $\pm 0,13$ ) debajo de las plantas *Distichlis scoparia* 9,69 ( $\pm 0,08$ ) y en el suelo desnudo 9,63 ( $\pm 0,08$ ). Distinto fue lo que se encontró en el sitio ECM, donde hubo diferencias significativas entre Mst, el pH debajo de las plantas de *Chloris berroi* fue significativamente menos alcalino (7,87  $\pm 0,8$ ) que el hallado debajo de las plantas de *D. scoparia* (8,98  $\pm 0,24$ ) y en suelo desnudo (9,15  $\pm 0,15$ ), sin diferencia entre estos dos últimos (Figura 1). En el sitio clausurado al pastoreo, también hubo diferencias de pH entre micrositios (F=3,727 P=0,029), aunque no hubo diferencias entre micrositios especie específico, el pH debajo de las plantas de *C berroi* fue 8,46 ( $\pm 0,22$ ) y debajo de las plantas de *D. scoparia* 8,34 ( $\pm 0,32$ ), si hubo diferencias de ambos respecto al suelo desnudo donde el pH ascendió a 8,84 ( $\pm 0,20$ ) (Figura 1). El sobrepastoreo del pastizal halofítico puede generar pérdidas de cobertura vegetal debido a la desaparición de especies por la selección animal y la dificultad que encuentran los pastos en repoblar el suelo (Melani, E. y Otondo, J. 2018). En términos de cobertura vegetal, se reportó un significativo aumento en el porcentaje de suelo desnudo en estepas de halófitas con pastoreo continuo, explicado por una disminución en la cobertura vegetal y broza (Vecchio 2014). En los suelos halomórficos la pérdida de cobertura genera un aumento de la temperatura del suelo, pérdida de agua por evaporación y ascenso de  $\text{Na}^{+2}$  provocando un aumento de pH (Taboada y Lavado, 2009). En los sitios de ECB, con pastoreo continuo, la superficie del suelo desnudo representa el 70 % de la superficie total del suelo y la cobertura vegetal de especies valiosas es apenas del 20 % dada casi en su totalidad por *S. pyramidatus* y *D. scoparia*, especies capaces de adaptarse a condiciones extremas. Los micrositios ocupados por *S. pyramidatus*, se visualizan en el paisaje como pequeñas isletas levemente sobre elevadas con buena cobertura, en parte dada por la broza y en parte dado por la parte aérea de la planta de esta especie que es de hábito rastrero. Contrario de lo que sucede en los micrositios ocupados por *D. scoparia*, especie de porte erecto, tallos más finos con hojas aciculares. No

obstante, a pesar de las diferencias morfológicas entre ambas especies, las islas formadas por *S. pyramidatus* parecen no generar grandes cambios en las condiciones microambientales edáfica respecto al pH ya que los micrositios no fueron distinto entre sí, ni al correspondiente con suelo desnudo. Distinto a lo hallado en el potrero manejado con moderada presión de pastoreo -ECM- donde el micrositio debajo de las plantas de *C. berroi* reportó menor pH que el encontrado debajo de las plantas de *D. scoparia* y en suelo desnudo. Los resultados arrojados en éste trabajo coinciden con lo reportado por Bolaños et al. (2015a) quienes encontraron que a mayor cobertura de *C. berroi* menor pH edáfico (correlación negativa) y a mayor cobertura de *D. scoparia* pH superior (correlación positiva). *C. berroi* es una de las especies de mayor valor forrajero de la estepa de halófitas, la relación de mayor presencia de la especie con la menor alcalinidad edáfica es indicio de que existe algún efecto, sea directo o indirecto, regulador de la alcalinidad del suelo. En la parcela clausurada al pastoreo desde hace 5 años -ECA- si bien los micrositios con suelo desnudo presentaron mayor pH que los debajo de las plantas de *C. berroi* y de *D. scoparia*, entre estos no hubo diferencias, como si las hubo en el sitio ECM. Dicha homogeneización entre micrositios especie específicos puede estar dada por el tiempo de descanso que brinda mejor cobertura y un entramado de los diferentes micrositios. El aumento de la cobertura total que involucra la cobertura vegetal y la de broza, tiene implicancias sobre diferentes procesos del ecosistema: actúa como amortiguador del agua de lluvia, reduce la pérdida por evaporación, aumenta la infiltración (Phillips 1984; Mielke et al. 1986). La menor evaporación y mayor infiltración contribuirían sinérgicamente a reducir la presencia de  $\text{Na}^+$  en la superficie del suelo y consecuentemente a que haya menor alcalinidad. (Phillips, 1984).



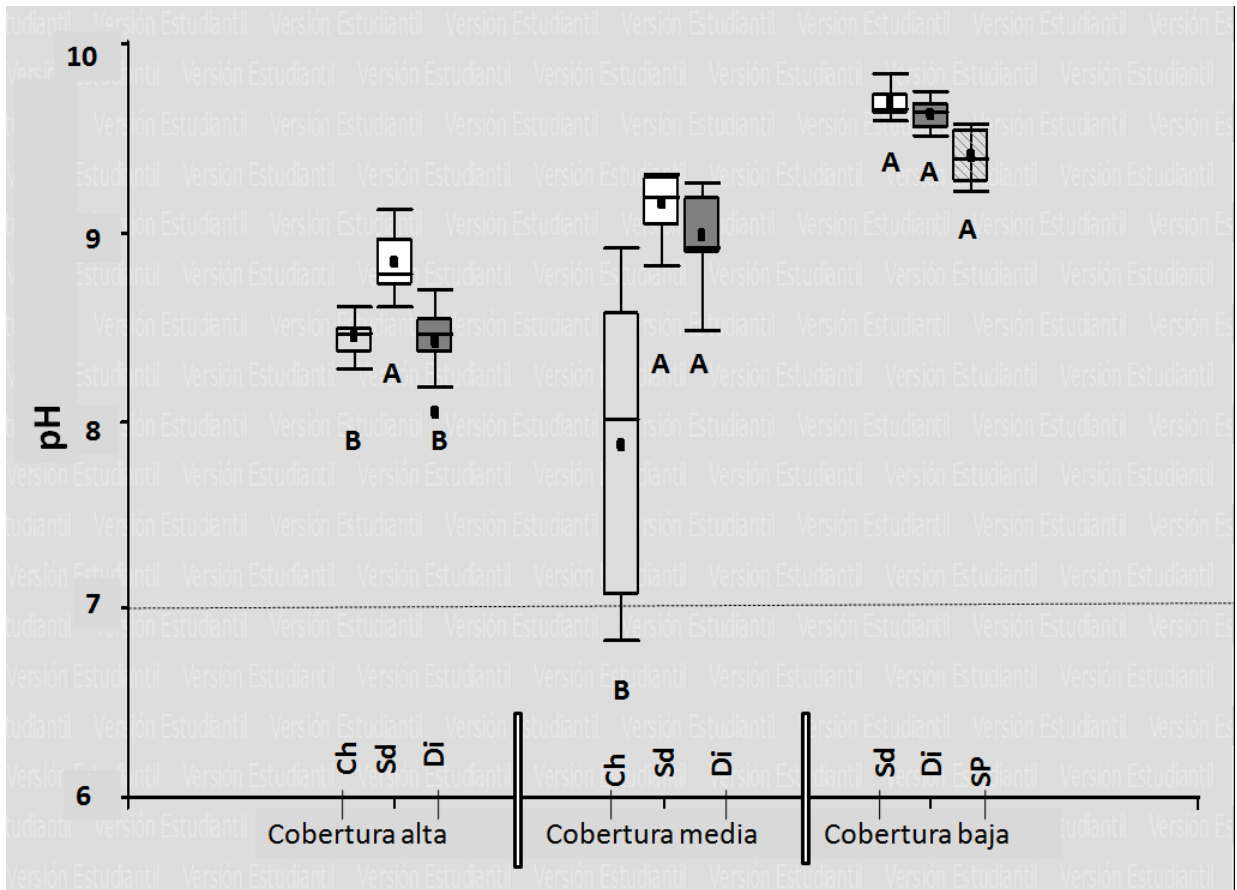


Figura 1. pH actual de suelo en micrositos con diferente **cobertura (alta, media y baja)**. **Ch**, debajo de plantas de *Chloris berroi*; **Di**, debajo de plantas de *Distichlis scoparia*; **SP**, debajo de plantas de *Sporobolus pyramidatus* y en **Sd**, suelo desnudo, seleccionados en tres lotes (sitios) con diferente manejo del pastoreo.

### Conductividad eléctrica

Con los resultados de la figura 2 se observó que se está en presencia de suelos no salinos, considerando que para un suelo tenga esta característica la conductividad eléctrica (CE) debe ser mayor a 4 dS/m, pero tienen salinidad moderada. León et al., (1979) describió a las estepas de halófitas del área de estudio con horizontes superficiales con baja concentración de sales.

El sitio ECM fue el que presentó mayor variabilidad en los datos, en el sitio ECB y ECA no hubo diferencias entre micrositos, en tanto que en el sitio ECM si ( $p= 0,0043$ )

En ECB la conductividad eléctrica debajo de las plantas de *S. pyramidatus* ( $2,34 \pm 0,18$ ) y de *D. scoparia* ( $2,23 \pm 0,18$ ) como en el suelo desnudo ( $2,18 \pm 0,14$ ) no difirieron significativamente. Para los tres micrositos tanto debajo de las plantas como en las situaciones de suelo desnudo los valores fueron estadísticamente no diferentes.

En la ECM el valor medio de CE debajo de las plantas de *C. berroi* ( $2,39 \pm 0,38$ ) presentó diferencias significativas ( $p=0,0001$ ) con respecto a *D. scoparia* ( $2,76 \pm 0,26$ ) y suelo desnudo ( $2,8 \pm 0,13$ ). Estos valores bajos de salinidad podrían ser el resultado de cambios en las condiciones microambinentales del suelo favoreciendo los procesos de infiltración reduciendo el de evaporación, con la consecuente lixiviación de las sales hacia horizontes subsuperficiales. Podrían relacionarse también, que la presencia de suelo cubierto, provoca un aumento en el contenido de MO, como es el caso de *C. berroi* y coincidente con los resultados obtenidos en el trabajo de Bolaños et al (2015a) donde el aumento de MO provoca una correlación negativa con la CE. También se consideró coherente el mayor valor de CE debajo del Mcst en suelo desnudo, ya que la ausencia de cobertura vegetal, provocaría el ascenso de sales hacia la superficie.

En la ECA los valores medios de CE debajo de *C.berroi* ( $2,45 \pm 0,29$ ), *D. scoparia* ( $2,41 \pm 0,13$ ) y suelo desnudo ( $2,48 \pm 0,08$ ) no presentaron diferencias significativas ( $p>0,05$ ). La ausencia de salinidad en este sitio puede estar dada por la alta cobertura (el porcentaje de suelo desnudo fue menor al 20 %). La cobertura vegetal genera mayor cantidad de raíces, éstas a su vez generan mayor cantidad de poros, que mejorarían la infiltración del agua con la consecuente disminución de sales superficiales por translocación de las mismas hacia horizontes subsuperficiales.

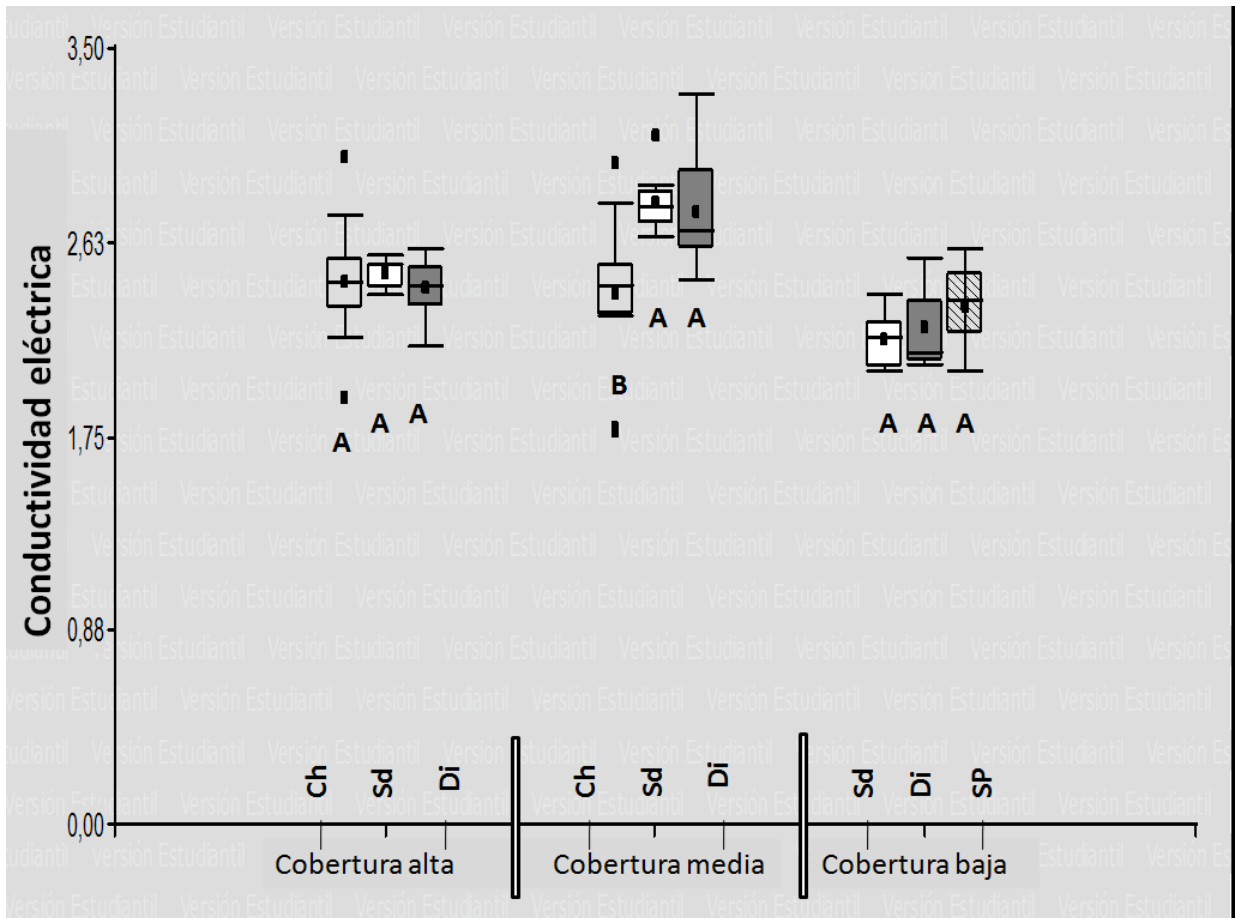


Figura 2. Conductividad eléctrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de suelo en micrositios con diferente cobertura (alta, media y baja). **Ch**, debajo de plantas de *Chloris berroi*; **Di**, debajo de plantas de *Distichlis scoparia*; **SP**, debajo de plantas de *Sporobolus pyramidatus* y en **Sd**, suelo desnudo, seleccionados en tres lotes (sitios) con diferente manejo pastoreo.

### Materia orgánica

El valor medio de materia orgánica en cada sitio fue de  $1,99 \pm 0,56$  ECB,  $3,08 \pm 0,95$  ECM y  $3,58 \pm 0,52$  ECA (figura 3). Al analizar la variabilidad de cada sitio, nuevamente el sitio ECM aportó la mayor proporción de la variabilidad micrositio (68 %) y los otros dos sitios ECB y ECA la menor (7 % y 25 %, respectivamente). Aunque, para la variable MO los tres sitios reportaron diferencias significativas entre micrositios (ECB,

F=23,6 P<0,001; ECM, F=63,533 P<0,001; ECA, F=8,33 P<0,001). En el sitio ECB el micrositio especie específico debajo de plantas de *S. pyramidatus* tuvo mayor contenido de MO ( $2,67 \pm 0,32$ ) que debajo del canopeo de las plantas de *D. scoparia* ( $1,7 \pm 0,28$ ) y el de suelo desnudo ( $1,59 \pm 0,15$ ), sin diferencias significativas entre estos dos últimos.

*Sporobolus pyramidatus* es reconocida mundialmente por colonizar ambientes con alta salinidad, elevado pH, falta de nutrientes y/o agua, si bien tiene un mediano valor forrajero, su valor ecológico como cubre suelo es excelente. Dicha especie en situación de pastoreo adquiere un porte rastrero formando pequeñas isletas sobre elevadas en el terreno donde se produce acumulación de restos vegetales. El mayor contenido de MO puede ser atribuido a la cobertura vegetal aérea que junto con la broza y la biomasa de raíces modifican la actividad del ambiente edáfico, genera mayor actividad microbiológica. Lo antedicho resulta coincidente con lo expuesto por Ciacchi (2014) quien explica que las coberturas vegetales en cultivos perennes son una alternativa sustentable para el manejo del suelo (Ovalle, 2007). Tal aumento en el contenido de materia orgánica no solo significa un mayor contenido de nutrientes en el suelo, además mejoraría las propiedades físicas como porosidad, estructura y estabilidad de los agregados, e incrementa la capacidad de retención de humedad y la capacidad de intercambio catiónico del suelo (Frye & Blevins, 1989). En el sitio ECM, la especie dominante de la cobertura vegetal es *C. berroi*, el contenido de MO ( $4,17 \pm 0,72$ ) hallado debajo del dosel fue significativamente superior respecto a lo hallado debajo del canopeo de las plantas de *D. scoparia* ( $2,67 \pm 0,36$ ) y en el suelo desnudo ( $2,34 \pm 0,35$ ), sin diferencia entre estos dos últimos. El aumento de la cobertura vegetal de *C. berroi* en la estepa de halófitas se corresponde con aumentos en la productividad primaria neta aérea de la comunidad vegetal y con el aumento del carbono orgánico del suelo (Bolaños et al 2016). La mayor producción de biomasa potencialmente representa un mayor aporte de material muerto al suelo, del contenido

de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes (Yayneshet et al. 2009; Mayer et al. 2009). Consecuentemente la mayor cobertura de *C berroi* en estepas con pastoreo moderado o en descanso contribuye al aumento de MO en el suelo. El menor contenido de MO encontrado debajo de las plantas de *D. scoparia* y en el suelo desnudo es atribuido a que en dichos micrositios predominan las condiciones que favorecen los procesos de mineralización por sobre los de humificación. En el sitio ECA no hubo diferencia en el contenido de MO entre micrositios especie específico, debajo de las plantas de *C. berroi* se encontró  $3,72\% \pm 0,3$  y debajo de *D. scoparia*  $3,76\% \pm 0,52$ , pero si hubo diferencia respecto a los micrositios con suelo desnudo donde la MO fue significativamente menor  $2,95\% \pm 0,41$  (Figura 3). A diferencia de los sitios ECB y ECM en el sitio ECA la vegetación cubrió más del 75 % de la superficie del suelo, formando un tapiz más o menos continuo y entreverado con distintas especies pero cuya dominante fue *C. berroi*. Dicha configuración del tapiz contribuye sin duda a homogeneizar las condiciones microambientales del suelo y las diferencias entre micrositios especie específico no son tan claras como pueden serlo en los sitios cuya vegetación es más bien fragmentada, y cada micrositio especie específico es más característico respecto a la especie que lo ocupa.

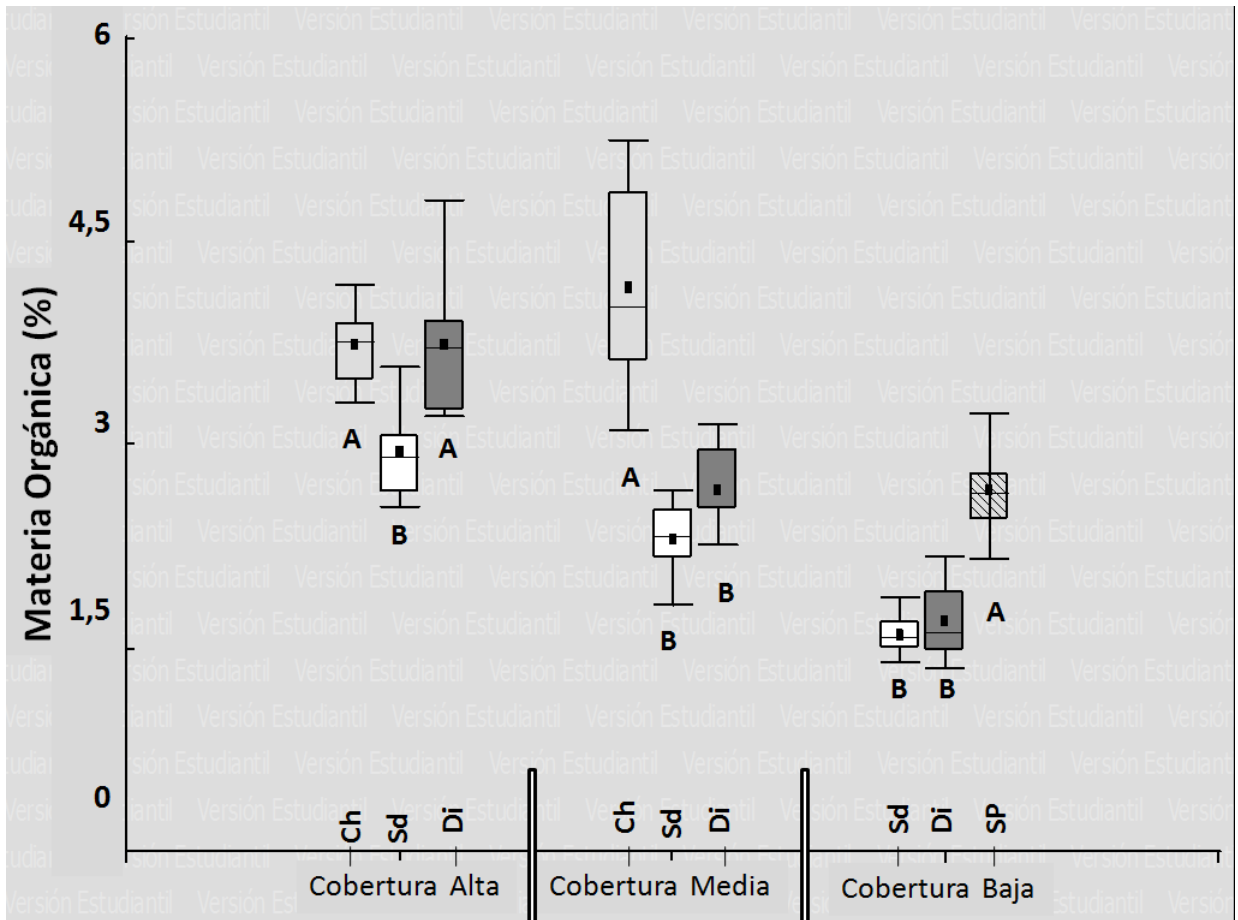


Figura 3. Materia orgánica (%) de suelo en micrositos con diferente cobertura (**alta, media y baja**). **Ch**: debajo de plantas de *Chloris berroi*; **Di**: debajo de plantas de *Distichlis scoparia*; **SP**, debajo de plantas de *Sporobolus pyramidatus* y en **Sd**, suelo desnudo, seleccionados en tres lotes (sitios) con diferente manejo del pastoreo.

### Nitrógeno total

Se encontraron diferencias significativas en ambos sitios ECB ( $F= 19,2$ ;  $p<0,001$ ) y ECM ( $F=57,7$ ;  $p<0,001$ ), pero no el sitio ECA ( $p>0,54$ ), (Figura 4).

En la ECB los valores promedios de Nt debajo de las plantas de *S. pyramidatus* (0,138) fueron significativamente superior respecto al hallado debajo de la plantas de *D. scoparia* (0,097) y suelo desnudo (0,095), sin diferencias entre estos últimos. El contenido de nitrógeno de suelo en pastizal tiene una alta relación con el contenido de

materia orgánica (Piñeiro 2006), el mayor valor de nitrógeno encontrado debajo de las plantas de *S. pyramidalis* coincide también con el mayor valor de MO hallado debajo de esta especie.

En la ECM fue el sitio donde se encontró mayor variabilidad entre Mcst. el contenido de N debajo de las plantas de *C. berroi* (0,231) fue significativamente superior respecto al hallado debajo de las plantas de *D. scoparia* (0,152) y suelo desnudo (0,118), esto pudo darse por el aporte de cobertura viva (arquitectura de planta) y broza, generando un ambiente muy favorable para los microorganismos responsables de los procesos de amonificación (Iñón, 2017).

En la ECA los Mcst no arrojaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) y los valores promedios debajo de *C. berroi*, *D. scoparia* y suelo desnudo fueron 0,175, 0,179 y 0,165 respectivamente, esta situación puede estar dada por el entramado de especies, lo que impidió analizar cada situación en particular por ende atribuirla a una especie específica. Podemos suponer que la presencia de cobertura en todo el sitio generó una buena actividad de los microorganismos del suelo que participaron en el ciclo del nitrógeno, en detrimento de aquellos procesos de pérdida.

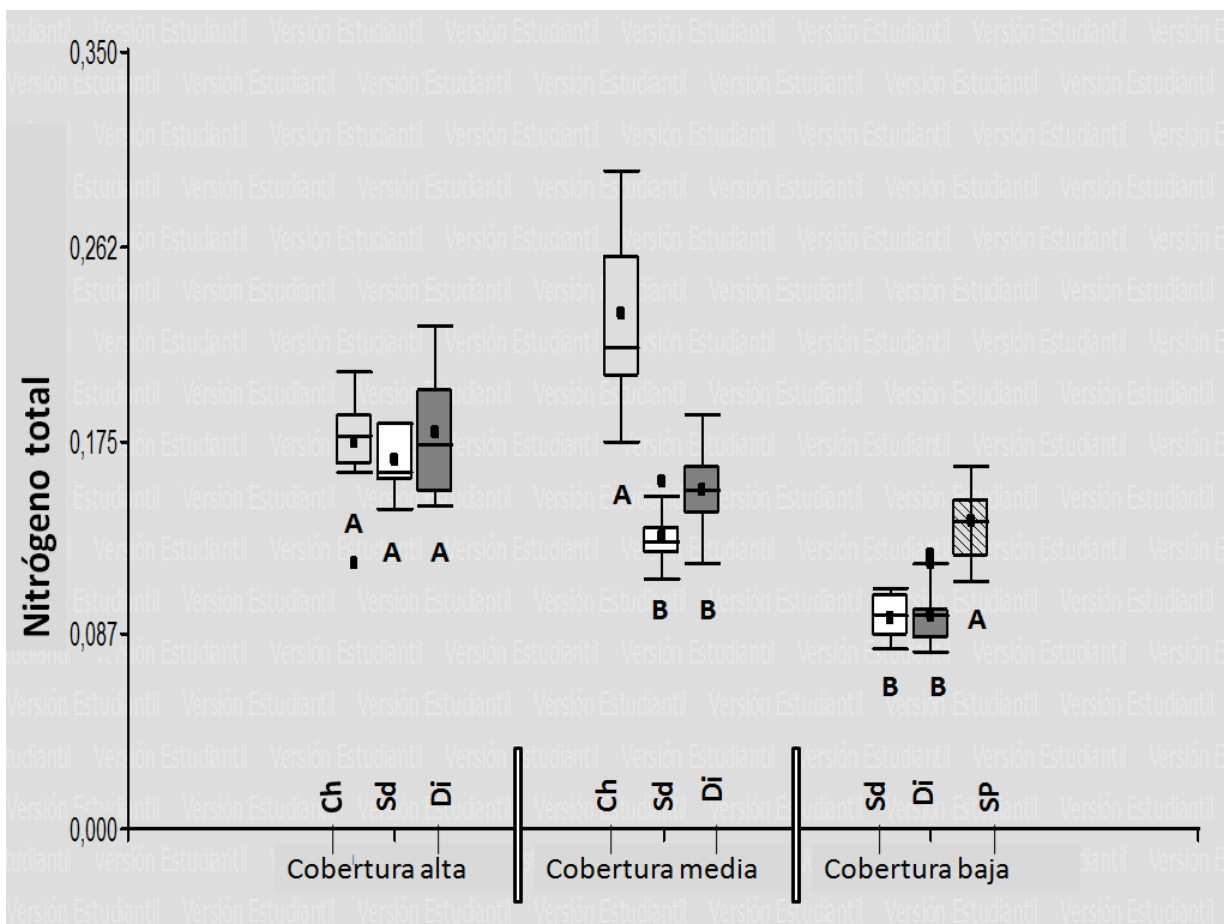


Figura 4. Nitrógeno total (%) de suelo en micrositios con diferente cobertura. **Ch**: debajo de las plantas de *Chloris berroi*, **Di**: debajo de las plantas de *Distichlis scoparia*, **SP**: debajo de las plantas de *Sporobolus pyramidatus* y **Sd**: en Suelo desnudo; seleccionados en tres lotes (sitios) con diferente manejo del pastoreo y con diferente cobertura vegetal (**Cobertura alta, media y baja**).

## CONCLUSION

- Hay alta variabilidad en las propiedades químicas del suelo a escala micrositio, siendo el sitio de cobertura intermedia el que mayor variabilidad presentó.
- La variabilidad química del suelo está relacionada con la especie que ocupa el micrositio siendo *Sporobolus pyramidatus* la especie que se relacionó con la



mejor condición en la situación más degradada, cobertura baja y *Chloris berroi* en los sitios de cobertura media y alta.

- Dentro de las propiedades químicas evaluadas el contenido de materia orgánica y nitrógeno mostraron respuesta significativa a la especie que ocupa el micrositio, en tanto las variables de pH y conductividad eléctrica, parecieran estar fuertemente influenciadas por otros factores como la cobertura total del suelo, la superficie de suelo desnudo que queda como espacio entre matas y el porcentaje de suelo desnudo total.

## BIBLIOGRAFIA

- ✓ **Alconada, M., Ansín, O. E., Lavado, R. S., Deregibus, V. A., Rubio, G. y Gutiérrez Boem, F. H.** 1993. Effect of retention of run-off water and grazing on soil and on vegetation of a temperate humid grassland. *Agricultural Water Management* 23: 233-246.
- ✓ **Aronson J., Floret C., Lefloch E., Ovalle C & R. Pontanier.**1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the south. *Restoration Ecology* 1: 8-17.
- ✓ **Batista W.B., Taboada M.A., Lavado R.S., Perelman S.B. & León R.J.C.** 2005. Asociación entre comunidades vegetales y suelos en el pastizal de la Pampa Deprimida. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, C1417DS Buenos Aires, Argentina.
- ✓ **Bolaños V.R.A., Vecchio M. C. & Golluscio R.A.** 2015a. Sucesión Post Clausura al Pastoreo en Pastizal Halófito. Cambios florísticos y edáficos y su relación. V Congreso Latinoamericano de Agroecología - SOCLA. FCAYF. La Plata, pcia de Buenos Aires, Argentina.
- ✓ **Bolaños V. R. A., Vecchio M. C., Golluscio R. A.** 2015b. Dormición y tipo de suelo como determinantes de la germinación y establecimiento de *Chloris berroi* en la Pampa Deprimida. Comunicación breve. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. IFEVA (UBA- CONICET).
- ✓ **Bolaños V.R.A., Vecchio M. C., Pellegrini A.& Golluscio R. A.** 2016. Exclusion as soil organic carbon restoring strategy in halophyte grasslands of the Flooding Pampa, Argentina. Congress international of Rangeland. Canadá.
- ✓ **Burkart S.E., Garbulsky M.F., Ghera C.M., Guerschman J.P., León J.C.R.** 2005. Las comunidades potenciales del pastizal pampeano bonaerense. En: M Oosterheld;

- M Aguiar; C Ghera y J Paruelo (eds). La Heterogeneidad de la Vegetación de los Agroecosistemas. Un Homenaje a Rolando León. Edl. de la Fac. de Agron, UBA.
- ✓ **Burkart S.E., León R.J.C. & Movia C.P.** 1990. Inventario fitosociológico del pastizal de la depresión del Salado (Prov. Bs. As.) en un área representativa de sus principales ambientes. *Darwiniana* 30: 27-69.
  - ✓ **Cauhépé M, R.J.C. León; O. Sala & A. Soriano.** 1982. Pastizales naturales y pasturas cultivadas, dos sistemas complementarios y no opuestos. *Rev. Facultad de Agronomía*, 3 (1) pp: 1-11.
  - ✓ **Cahuepé, M. & Hidalgo, L.** 2005. La Pampa Inundable: el uso ganadero como base de la sustentabilidad social, económica y ambiental. pp. 401-412. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando J.C. León. Oesterheld, M, Aguiar, M. Ghera, C. y Paruelo, J. (Compiladores). Ed. Facultad de Agronomía. UBA.
  - ✓ **Chaneton, E. J.; Perelman, S. B.; Omacini, M & LEÓN, R. J. C.** 2002. Grazing, Environmental Heterogeneity, and Alien Plant Invasions in Temperate Pampa Grasslands. *Biol. Inv.*, 4:7-24.
  - ✓ **Ciacci, M. B.** 2014. Influencias de las coberturas vegetales sobre el comportamiento del cultivo del duraznero y sobre los atributos del suelo. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Maestría en cultivos intensivos.
  - ✓ **Costa, J. L., Godz, P.** 1998. The effects of gypsum applied to a natraquoll of the Flooding Pampas of Argentina. *Soil Use and Managment* 14:246- 247.
  - ✓ **Durante, M.** 2006. Modelos explicativos Disponibilidad y predictivos de la productividad, y calidad de forraje basados remotos. Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires, Área Ciencias Agropecuarias.
  - ✓ **Ehrenfeld J.G., Ravit B., Elgersma k.** 2005. Feedback in the plant-soil system. Department of Ecology, Evolution, and Natural Resources, 2Department of

Biochemistry and Microbiology, Cook College, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey 08901.

- ✓ **Elkins C., Haaland R. & Hoveland C.** 1977. Grass root as a tool for penetrating soil hardpans and increasing crop yields. En: Proceedings of the 34 th southern pasture and forage crop improvement conference, 12-14 April 1977, Auburn, Ala: 21-26.
- ✓ **Etchevehere, P.** 1961. Bosquejo de regiones geomorfológicas y de drenaje de la República Argentina. IDIA 162: 7-25.
- ✓ **Frye, W. W. and Blevins, R. L.** 1989. Economically sustainable crop production with legume cover crops and conservation tillage. J. Soil Water Conserv. 44:57-60.
- ✓ **Ghaly, F. M.,** 2002. Role of natural vegetation in improving salt affected soil in northern Egypt. Soil Hill Res. 64: 173-178.
- ✓ **Ginzo, H. D., Collantes, M. B., Caso, O. H.,** 1986. Fertilization of a halophytic natural grassland in Argentina: herbage dry matter, botanical composition and mineral content. Turrialba 36: 453- 459. Greene RS, Posner AM, Quirk JP. 1978. A study.
- ✓ **Iñón N.** 2017. Ciclo del Nitrógeno. Fijación Biológica del Nitrógeno.
- ✓ **Jacobo E. & y A. Rodríguez.** 2009. Valorización de pastizales naturales en ambientes húmedos. Indicadores de sustentabilidad. 5º Congreso de la Asociación Argentina para el Manejo de los Pastizales Naturales, Corrientes. [www.pastizalesnaturales.com](http://www.pastizalesnaturales.com).
- ✓ **León, R.J., S. Burkart & C. Movia.** 1979. Relevamiento fitosociológico del pastizal del Norte de la Depresión del Salado. Serie Fitogeográfica 17: 90 pp. INTA Buenos Aires
- ✓ **León, R.J.C., G.M. Rusch & M. Oesterheld.** 1984. Pastizales pampeanos-impacto agropecuario. Phytocoenología 12(2/3):201-218.
- ✓ **Maestre FT., Bautista S., Cortina J & Bellot J.** 2001. Potential for using facilitation by grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe. Ecological Applications 11:1641-1655. 783.

- ✓ **Mayer, R., Kaufmann, R., Vorhauser, K and Ershbamer, B.** 2009. Effects of grazing exclusion on species composition in high-altitude grasslands of the Central Alps. *Basic and applied Ecology*. 10: 447-455.
- ✓ **Melani E., Otondo J.** 2018. Evaluación de parámetros edáficos de un suelo alcalino de la depresión del salado bajo distintas condiciones de cobertura vegetal. EEA INTA Cuenca del Salado.
- ✓ **Mielke, L. N., Doran, J. W. y Richards, K. A.** 1986. Physical environment near the surface of 494 ploughed and no-tilled soils. *Soil Tillage Res.* 7: 355-366.
- ✓ **Otondo J.** 2011. Efectos de la introducción de especies megatérmicas sobre características agronómicas y edáficas de un ambiente halomórfico de la Pampa Inundable. Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires, Área Recursos Naturales.
- ✓ **Ovalle, C.** 2007. Cubiertas vegetales en viñedos: Comportamiento de mezclas de leguminosas forrajeras anuales y efectos sobre la fertilidad del suelo. *Agricultura técnica (chile)* 67(4): 384-392.
- ✓ **Perelman S.B., León R. J. C & Oesterheld M.** 2001. Cross-Scale vegetation patterns of Flooding Pampa grasslands. *J. Ecology*, 89: 562-577.
- ✓ **Phillips R.E.** 1984. Soil moisture. En: Phillips, R.E y S.H. Phillips Eds. *No-tillage 516 agriculture. Principles and practices*. Van Nostrand Reinhold Co., New York, USA. 517 Páginas 66-86.
- ✓ **Piñeiro Gervaceo.** 2006. *Biogeoquímica del carbono y nitrógeno en los pastizales pastoreados del Río de la Plata: Un análisis basado en modelos de simulación sensores remotos y experimentos a campo*. Tesis para optar al grado Doctoral. Escuela para graduados Ing. Agr. A. Soriano. FAUBA.
- ✓ **PROMAR-AACS.** 1991. Programa de Métodos Analíticos de Referencia. pH, Carbono, Materia orgánica, Nitrógeno total, Fósforo extraíble. Ed. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Comité de Química. Argentina.

- ✓ **Puhl, L. E., Perelman, S. B., Batista, W. B., Burkart, S. E & Leon, R. J. C.** 2014. Journal of Vegetation Science 25 (2014) 1278–1288 Local and regional long-term diversity changes and biotic homogenization in two temperate grasslands.
- ✓ **Qadir, M., J.D. Oster, S. Schubert, A.D. Noble and K.L Sahrawat.** 2007. Phytoremediation of sodic and saline sodic soils. Advances in Agronomy 96: 197-247.
- ✓ **Sala, O.E. & Paruelo, J.M.** 1997. Ecosystem services in grasslands. In: G.C. Daily (Ed.). Natural Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Part III. Services supplied by major biomes. Island Press, Washington, D.C. pp 237-251.
- ✓ **Semple, W.S., I.A. Cole. & T.B. Koen.** 2003. Performance of some perennial grasses on severely salinized sites on the inland slopes of New South Wales. Australian Journal of Experimental Agriculture 43: 357-371.
- ✓ **Taboada M.T., Lavado. R. S.** 1987. Cambios volumétricos en un Natracuol Típico. Departamento de Ecología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Avenida San Martín 4453, 1417 Buenos Aires.
- ✓ **Taboada, M. A. y Lavado, R.,** 2009. Alteraciones de la fertilidad de los suelos. El halomorfismo, el hidromorfismo y las inundaciones. Editorial Facultad de Agronomía UBA. 1ra Edición.
- ✓ **Tilman, D., Reich, P.B. & Knops, J.M.H.** 2006. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. Nature 441: 629-632.
- ✓ **Vecchio M.C.** 2014. Modificaciones en la vegetación y el suelo inducidos por el manejo del pastoreo en la estepa de halófitas de la Pampa Deprimida. Tesis para obtener el grado de Magister en Recursos Naturales, Escuela para Graduados Alberto Soriano. FAUBA, Argentina, pp 143.
- ✓ **Vecchio, M. C., Golluscio, R. A., Rodríguez, A. M. and Taboada, M. A.** 2018. Improvement of saline-sodic grassland soils properties by rotational grazing in Argentina. Rangeland Ecology and Management doi: 10.1016/j.rama.2018.04.010.

- ✓ **Vecchio, M. C. & Bolaños, V. R. A. & Golluscio, R. & Rodríguez, A.** 2019. Rotational grazing and exclosure improves grassland condition of the halophytic steppe in Flooding Pampa (Argentina) compared with continuous grazing. *The Rangeland Journal*. 10.1071/RJ18016.
- ✓ **Vervoorst.** 1967. Las comunidades vegetales de la Depresión del Salado. *La Vegetación de la República Argentina, Serie Fitogeográfica N° 7*. Buenos Aires INTA. 259 p.
- ✓ **Yayneshet, T., Eik, L. O. and Moe, S. R.** 2009. The effects of exclosures in restoring degraded semi-arid vegetation in communal grazing lands in northern Ethiopia. *Journal of Arid Environments*. 73: 542-549.

## ANEXO

### a) Variable pH

**Tabla 2. Análisis de la varianza de los valores de pH para los sitios estepa de cobertura baja (ECB), estepa cobertura media (ECM) y estepa cobertura alta (ECA).**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	29,72	8	3,72	34,05	<0,0001	
condicion	18,73	2	9,37	5,12	0,0505	(condicion>micrositio)
condicion>micrositio	10,99	6	1,83	16,78	<0,0001	
Micrositios dentro de ECA	0,83	2	0,41	3,72727273	0,029	
Micrositios dentro de ECM	9,71	2	4,85	44,0909091	0,000	
Micrositios dentro de ECB	0,45	2	0,23	2,09090909	0,131	
Error		8,18	75	0,11		
Total		37,9	83			

Referencias SC=suma de cuadrados gl=grados de libertad CM=cuadrado medio del error

F=valor del estadístico p-v=probabilidad de hallar el valor F bajo la curva de distribución normal, valores inferiores a 0,05 indican diferencias significativas.



**Tabla 3. Análisis de la varianza según condición: Estepa de cobertura media y estepa de cobertura alta; Según test LSD Fisher.**

Análisis de la varianza

condicion	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
ECM	p H		30	0,6	0,57	5,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9,71	2	4,85	20,47	<0,0001
micrositio	9,71	2	4,85	20,47	<0,0001
Error	6,4	27	0,24		
Total	16,11	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,44680  
Error: 0,2371 gl: 27

micrositio	Medias	n	E.E.
<i>Chloris berroi</i>	7,87	10	0,15 A
<i>Distichlis scoparia</i>	8,98	10	0,15 B
Desnudo	9,15	10	0,15 B

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

condicion	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
ECA	p H		25	0,35	0,3	3,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,83	2	0,41	6,04	0,0081
micrositio	0,83	2	0,41	6,04	0,0081
Error	1,51	22	0,07		
Total	2,33	24			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,28029  
Error: 0,0685 gl: 22

micrositio	Medias	n	E.E.
<i>Distichlis scoparia</i>	8,34	10	0,08 A
<i>Chloris berroi</i>	8,46	10	0,08 A
Desnudo	8,84	5	0,12 B

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

b) Variable CE

**Tabla 4. Análisis de la varianza de los valores de CE para los sitios estepa cobertura baja (ECB), estepa cobertura media (ECM) y estepa cobertura alta (ECA).**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	3,58	8	0,45	8,97	<0,0001	
condicion	2,4	2	1,2	6,13	0,0355	(condicion>micrositio)
condicion>micrositio	1,18	6	0,2	3,93	0,0018	
Micrositios dentro de ECA	0,02	2	0,01	0,2	0,8191	
Micrositios dentro de ECM	1,04	2	0,52	10,4	0,0001	
Micrositios dentro de ECB	0,12	2	0,06	1,2	0,3068	
Error	3,79	76	0,05			
Total	7,37	84				

Referencias SC=suma de cuadrados gl=grados de libertad CM=cuadrado medio del error

F= valor del estadístico p-v=probabilidad de hallar el valor F bajo la curva de distribución normal, valores inferiores a 0,05 indican diferencias significativas.

**Tabla 5: Análisis de la varianza según condición estepa de cobertura media; según test LSD Fisher.**

Análisis de la varianza

condicion	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
ECM	Ce		30	0,33	0,28	10,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,04	2	0,52	6,72	0,0043
micrositio	1,04	2	0,52	6,72	0,0043
Error	2,08	27	0,08		
Total	3,12	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,25486

Error: 0,0771 gl: 27

micrositio	Medias	n	E.E.	
<i>Chloris berroi</i>	2,39	10	0,09	A
<i>Distichlis scoparia</i>	2,76	10	0,09	B
Desnudo	2,8	10	0,09	B

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

c) Variable MO

**Tabla 6. Análisis de la varianza de los valores de MO para los sitios estepa cobertura baja (ECB), estepa cobertura media (ECM) y estepa cobertura alta (ECA).**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	65,69	8	8,21	53,3	<0,0001	
Condición	37,06	2	18,53	3,88	0,0828	(condicion>micrositio)
condicion>micrositio	28,63	6	4,77	30,98	<0,0001	
Micrositios dentro de ECA	2,49	2	1,25	8,333333	0,00054	
Micrositios dentro de ECM	19,07	2	9,53	63,53333	0,00000	
Micrositios dentro de ECB	7,07	2	3,54	23,6	0,00000	
Error	11,55	75	0,15			
Total	77,24	83				

Referencias SC=suma de cuadrados gl=grados de libertad CM=cuadrado medio del error

F=valor del estadístico p-v=probabilidad de hallar el valor F bajo la curva de distribución normal, valores inferiores a 0,05 indican diferencias significativas.

**Tabla 7: Análisis de la varianza según condición estepa de cobertura alta, media y baja; según test LSD Fisher.**

Análisis de la varianza

condicion	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
<b>(ECA)</b>	mat Org		25	0,4	0,35	11,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,49	2	1,25	7,47	0,0033
micrositio	2,49	2	1,25	7,47	0,0033
Error	3,67	22	0,17		
Total	6,16	24			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,43751

Error: 0,1669 gl: 22

micrositio	Medias	n	E.E.
Desnudo	2,95	5	0,18 A
<i>Distichlis scoparia</i>	3,74	10	0,13 B
<i>Chloris berroi</i>	3,74	10	0,13 B

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

condicion	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
<b>ECB</b>	mat Org		30	0,79	0,78	13,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,07	2	3,54	51,31	<0,0001
micrositio	7,07	2	3,54	51,31	<0,0001
Error	1,86	27	0,07		
Total	8,93	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,24090

Error: 0,0689 gl: 27

micrositio	Medias	n	E.E.
Desnudo	1,59	10	0,08 A
<i>Distichlis scoparia</i>	1,7	10	0,08 A
<i>Sporobolus pyramidatus</i>	2,67	10	0,08 B

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

condicion	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
<b>ECM</b>	mat Org		29	0,76	0,74	15,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19,07	2	9,53	41,16	<0,0001
micrositio	19,07	2	9,53	41,16	<0,0001
Error	6,02	26	0,23		
Total	25,09	28			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,45050

Error: 0,2316 gl: 26

micrositio	Medias	n	E.E.
Desnudo	2,3	9	0,16 A
<i>Distichlis scoparia</i>	2,66	10	0,15 A
<i>Chloris berroi</i>	4,17	10	0,15 B

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

d) Variable Nt

**Tabla 8. Análisis de varianza de los valores de Nt para los sitios estepa cobertura baja (ECB), estepa cobertura media (ECM) y estepa cobertura alta (ECA).**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
<b>Modelo.</b>	0,14	8	0,02	34,7	<0,0001	
<b>condicion</b>	0,08	2	0,04	3,51	0,0978	(condicion>micrositio)
<b>condicion&gt;micrositio</b>	0,07	6	0,01	21,32	<0,0001	
Micrositios dentro de ECA	0,0006	2	0,0003	5,77E-01	0,56410	
Micrositios dentro deECM	0,05	2	0,03	5,77E+01	0,00000	
Mocrositios dentro deECB	0,01	2	0,01	1,92E+01	0,00000	
<b>Error</b>	0,04	75	5,2 E -04			
<b>Total</b>	0,19	83				

Referencias SC=suma de cuadrados gl=grados de libertad CM=cuadrado medio del error

F= valor del estadístico p-v=probabilidad de hallar el valor F bajo la curva de distribución normal, valores inferiores a 0,05 indican diferencias significativas.

**Tabla 9: Análisis de la varianza según condición estepa de cobertura alta, estepa de cobertura media y estepa de cobertura alta; según test LSD Fisher.**

Análisis de la varianza

condicion	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
<b>ECA</b>	Nit Total		25	0,04	0	14,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00060	2	0,00030	0,46	0,6346
micrositio	0,00060	2	0,00030	0,46	0,6346
Error	0,01000	22	0,00065		
Total	0,01000	24			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,02723

Error: 0,0006 gl: 22

micrositio	Medias	n	E.E.
Desnudo	0,17	5	0,01 A
<i>Chloris berroi</i>	0,17	10	0,01 A
<i>Distichlis scoparia</i>	0,18	10	0,01 A

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

condicion	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
<b>ECB</b>	Nit Total		30	0,68	0,66	13,1

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	2	0,01	29,25	<0,0001
micrositio	0,01	2	0,01	29,25	<0,0001
Error	0,01	27	2,10E-04		
Total	0,02	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,01325

Error: 0,0002 gl: 27

micrositio	Medias	n	E.E.
Desnudo	0,1	10	4,60E-03 A
<i>Distichlis scoparia</i>	0,1	10	4,60E-03 A
<i>Sporobolus pyramidatus</i>	0,14	10	4,60E-03 B

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

condicion	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
<b>ECM</b>	Nit Total		29	0,74	0,72	15,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,05	2	0,03	36,41	<0,0001
micrositio	0,05	2	0,03	36,41	<0,0001
Error	0,02	26	7,40E-04		
Total	0,07	28			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,02547

Error: 0,0007 gl: 26

micrositio	Medias	n	E.E.
Desnudo	0,13	9	0,01 A
<i>Distichlis scoparia</i>	0,15	10	0,01 A
<i>Chloris berroi</i>	0,23	10	0,01 B

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