



VII RAS 2023

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción”

VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD Y
II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

Del 19 al 22 de septiembre
Santa Rosa, La Pampa. Argentina



AACCS
ASOCIACIÓN ARGENTINA
CIENCIA DEL SUELO

Los editores no asumen responsabilidad alguna por eventuales errores tipográficos u ortográficos, por la calidad y tamaño de los gráficos, ni por el contenido de los capítulos y trabajos incluidos en esta publicación. Las contribuciones se publican tal como fueron enviadas en soporte informático por parte de los respectivos autores, con la sola salvedad de convertir el formato original en Adobe PDF, con restricciones para copiado de textos y de imágenes, en un todo de acuerdo con las normas de edición previamente establecidas.

Santa Rosa (La Pampa), Octubre 2023.-

Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo

VII RAS 2023. VII Congreso de la Red Argentina de Salinidad y II Simposio Latinoamericano de Salinidad / 1a ed ilustrada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo -AACs, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-631-90070-2-2

1. Suelo Salino. 2. Degradación de Suelos. 3. Erosión. I. Título.

CDD 551.4664



2023 @ Copyright by Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo

Behring 2519, Dpto: 5° A, C1427DFA, Ciudad Autónoma Buenos Aires, República Argentina.

Tel: +54-11- 47833021/23 -FAX: 47833024

Web: www.suelos.org.ar

E-mail: aacs@suelos.org.ar

VII Reunión de la Red Argentina de Salinidad.

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723 Impreso en Argentina. Printed in Argentine.



ASOCIACIÓN ARGENTINA DE LA CIENCIA DEL SUELO

COMISIÓN DIRECTIVA Periodo 19/23

Presidente:	Ing. Agr. (Dr.) Mario G. Castiglioni
Vicepresidente:	Ing. Agr. (MSc) María Rosa Landriscini
Secretario:	Ing. RRNN (MSc.) Raúl Cáceres Díaz
Prosecretario:	Ing. Agr. (Dra.) María Basanta
Secretario de Actas:	Ing. Agr. (MSc) Patricia Carfagno
Tesorero:	Ing. Agr. (Dr.) Osvaldo A. Barbosa
Protesorera:	Ing. Agr. Daniel A. Riscosa
Vocales Titulares:	Ing. Agr. Mirta García
	Ing. Agr. (MSc.) Sebastián Vangeli
	Ing. Agr. (Dr.) Guillermo A. Studdert
	Ing. Agr. (Dr.) Diego Cosentino
Vocales Suplentes:	Ing. Agr. (MSc) Alicia B. Irizar
	Ing. Agr. Carolina Sotomayor
	Ing. Agr. (MSc) María Victoria Cremona
	Ing. Agr. (Dra.) Silvia del Carmen Imhoff
Revisores de Cuentas:	Ing. Agr. Marcos Bongiovanni
	Ing. Agr. (MSc) Federico Paredes
Editor Revista Ciencia del Suelo:	Ing. Agr. (Dr.) Guillermo A. Studdert



RED DE SALINIDAD

Periodo 2016/17

Presidente:

Ing. Agr. (Dr.) Juan Marcelo Zabala



GRUPO DE SALINIDAD

COMISION DE QUIMICA DE SUELO AACCS

Periodo 2017/8

Presidente:

Ing. Agr. Raúl S. LAVADO

Secretario:

Ing. Agr. (Dr.) Osvaldo A. BARBOSA



VII RAS 2023

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción”

VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD Y II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

Del 19 al 22 de septiembre Santa Rosa, La Pampa. Argentina

PRESIDENTE

Elke Noellemeyer (FA UNLPam)

VICEPRESIDENTE

Cristian Álvarez (INTA)

INTEGRANTES DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA

Alberto Quiroga (INTA-FAUNLPam)

Marcela Zárate (CONICET INCITAP- FCEyN UNLPam)

Romina Fernández (INTA-FAUNLPam)

Lucila Álvarez (FAUNLPam)

Florencia Gómez (Becaria FONCyT)

Lorena Ceballos (FCEyN UNLPam)

Luciano Carassay (FAUNLPam)

Alberto Golberg (Presidente Fundación Chadileuvú)

Darío Aimar (FAUNLPam)

Sergio Abascal (FAUNLPam)

Luciano Rainhart (FAUNLPam)

Martín Díaz Zorita (FAUNLPam)

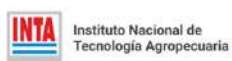
Pablo Dornes (FCEyN UNLPam)

Eugenia Gallace (FAUNLPam)

Julián Isasti (AAPRESID-Chacra América)

PATROCINADORES

Organizan



Auspician



Acompañan



TRABAJOS EXPANDIDOS Y RESÚMENES

Tabla de Contenido

EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA DE DOS ESPECIES SUBTROPICALES, PURAS Y CONSOCIADAS, EN UN SUELO ALCALINO-SÓDICO DE LA PAMPA DEPRIMIDA	1
TOLERANCIA DE PLÁNTULAS DE VARIEDADES CRIOLLAS DE FRIJOL CAUPÍ (<i>Vigna Unguiculata</i>) AL ESTRÉS SALINO	2
BASES PARA UN PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA SALINIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA SALÍ-DULCE	3
EFFECTOS DEL ESTIERCOL DE CUY EN SUELOS DE ÁREA VERDE USANDO COMO INDICADOR EL CULTIVO DE CEBADA (<i>Hordeum vulgare</i>)	4
SEGUIMIENTO DE LA SALINIDAD EN SUELOS REGADOS POR PIVOTES CENTRALES EN 25 DE MAYO, LA PAMPA	5
RESPUESTA DE DIFERENTES CULTIVARES DE FESTUCA ARUNDINACEA FRENTE A CONDICIONES DE AMBIENTE SALINO	6
EL RIEGO CON AGUA DE ALTO CONTENIDO DE SALES Y LOS ESTIMADORES DEL CONTENIDO HÍDRICO DEL TEJIDO VEGETAL: CRA, CHH Y CHP EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (<i>Lactuca sativa L.</i>)	7
USO DE AGUA SALINA PARA RIEGO EN EL RENDIMIENTO DEL MELÓN EN LA ZONA SEMIÁRIDA BRASILEÑA	8
RENDIMIENTO DE SOJA EN SUELOS SALINO/SÓDICOS DE LA LLANURA DEPRIMIDA DE TUCUMÁN	9

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES VINIFERAS Y PORTAINJERTOS REGADAS CON AGUAS SALINAS DE LA PROVINCIA DE MENDOZA, ARGENTINA	10
PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DEL FORRAJE DE ESPECIES DE AGROPIRO EN SUELO SALINO ALCALINO DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA	11
EVALUACIÓN DE PGPB HALOTOLERANTES/HALÓFILAS EN GRAMA RHODES (<i>Chloris gayana</i>) BAJO ESTRÉS SALINO	12
RECUPERACIÓN DE UN SUELO SALINO-SÓDICO NO SATURADO A TRAVÉS DE LA TÉCNICA DE DRENAJE POR TUBOS	13
MITIGACION DE LA SALINIDAD EN UN SUELO BAJO CUBIERTA PLASTICA DE LA PLATA, UTILIZANDO DRENES SUBTERRANEOS	14
EFFECTOS DE LA SALINIDAD EN LA GERMINACIÓN DE <i>Atriplex crenatifolia</i> CHODAT & WILCZEK CON SALES DE SODIO EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS - ARGENTINA	15
EFFECTOS DE LA SALINIDAD EN LA GERMINACIÓN DE <i>Atriplex crenatifolia</i> CHODAT & WILCZEK CON SALES DE POTASIO EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS - ARGENTINA	16
HONGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR <i>Gigaspora albida</i> (GIGASPORACEAE) EN LA FISIOLÓGIA Y CRECIMIENTO DEL MAÍZ CRIOLLO (POACEAE) BAJO DIFERENTES NIVELES DE SALINIDAD	17
RESPUESTA BIOQUÍMICA DE MAÍZ CRIOLLO EN FUNCIÓN DE LA SALINIDAD Y EL EFECTO DEL HONGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR <i>Gigaspora albida</i> (GIGASPORACEAE)	18
IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES ZONAS AFECTADAS POR SALINIZACIÓN DE SUELOS CON ÍNDICES ESPECTRALES EN GOOGLE EARTH ENGINE	19

VARIABILIDAD FENOTÍPICA PARA TOLERANCIA A SALINIDAD DE UN PANEL DE ASOCIACION DE SORGO	20
RESPUESTA PRODUCTIVA DE LECHUGA (LACTUCA SATIVA L.) AL HIDROMEJORAMIENTO Y SU EFECTO SOBRE LA SALINIDAD EN UN SUELO BAJO CUBIERTA PLASTICA	21
SALINIDAD DEL SUELO Y ESTRATEGIAS DE SU MANEJO EN EL CULTIVO DE CEBADA (<i>Hordeum vulgare</i>)	22
EVALUACIÓN DE DIFERENTES ECOTIPOS DE RÚCULAS EN INVERNADERO BAJO CONDICIONES DE SALINIDAD EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA, ARGENTINA	24
SALINIZACIÓN-SODIFICACIÓN DEL SUELO EN MONTE DE OLIVOS DEL SUDOESTE BONAERENSE	25
PÉRDIDAS DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS CULTIVADOS CON DISTINTOS NIVELES DE SALINIDAD EN COMPARACIÓN A SITUACIONES PRÍSTINAS	26
EVALUACION IN VITRO DE LA TECNOLOGIA DE INOCULACION EN CONDICIONES DE SALINIDAD	27
NUTRICION NITROGENADA Y CALIDAD FORRAJERA DE ALFALFA INOCULADA EN SUELOS SALINOS	28
IMPACTOS DEL USO DE AGUAS BICARBONATADAS SODICAS EN EL CULTIVO DE TOMATE BAJO CUBIERTA EN EL CINTURON HORTICOLA PLATENSE	29
EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A ESTRÉS SALINO EN GENOTIPOS NOVEDOSOS DE BUFFEL GRASS (<i>CENCHRUS CILIARIS L.</i>)	30
DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAVADO EN PARCELA DEMOSTRATIVA CON DRENES ENTERRADOS	31

USO DE AGUAS SALINO-SÓDICAS PARA IRRIGAR UN OLIVAR EN UN PALEUDOL PETROCÁLCICO	32
EL pH EDÁFICO INFLUYE EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE PASTO GUINEA (<i>Megathyrsus maximus cv.</i>) BAJO FERTIRRIEGO	33
DINÁMICA DE AGUAS SUBSUPERFICIALES EN EL OESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES	34
CALIDAD DEL AGUA Y ABONO ORGÁNICO EN LECHUGA CULTIVADA EN DOS SUELOS DE LA PAMPA: FRACCIONES ORGÁNICAS	35
CALIDAD DEL AGUA Y ABONO ORGÁNICO EN LECHUGA CULTIVADA EN DOS SUELOS DE LA PAMPA: SALES EN EL SUELO	41
INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS DIGITALES PARA LA DELIMITACIÓN Y EL MANEJO DE AMBIENTES HIDROHALOMÓRFICOS DE LA PAMPA ARENOSA	47
INCIDENCIA DE PROBLEMAS DE SALINIDAD/SODICIDAD EN PREDIOS DEPORTIVOS DEL SUDOESTE BONAERENSE	53
RESPUESTA DE UNA CEPA ADAPTADA EN EL CRECIMIENTO DE ALFALFA EN SUELOS SALINOS	58
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN EXTRACTO EN SATURACIÓN Y EN SUSPENSIÓN SUELO AGUA 1:2,5 EN SUELOS DEL DEPARTAMENTO LEALES, TUCUMÁN	65
EL SUELO SE EXPRESA	71
EFFECTO DEL PASTOREO REGENERATIVO SOBRE PROPIEDADES EDÁFICAS EN UN TAMBO PERIURBANO DE BERISSO, BUENOS AIRES	77
EFFECTO DE LA FERTILIZACION E INOCULACION SOBRE LA PRODUCCION DEL CULTIVO DE SOJA EN SUELOS SODICOS	83

CONTENIDO DE CARBONO ORGANICO DEL SUELO DE UN HUMEDAL SALINO DEL CENTRO DE ARGENTINA	90
TOLERANCIA DE <i>PANICUM COLORATUM</i> BAJO DIFERENTE TENOR SALINO	96
INFLUENCIA DE LA INTERMITENCIA DE LA ESCORRENTÍA FLUVIAL EN LA SALINIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA EN LA FAJA ALUVIAL DEL NOROESTE DE LA PAMPA	102
DESALINIZACIÓN DE AGUA POTABLE CON ENERGÍA SOLAR. SOLUCIÓN PARA FAMILIAS QUE VIVEN EN ZONAS ÁRIDAS DE SANTA ROSA, MENDOZA (ARGENTINA)	108
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO <i>IN VITRO</i> DE CEPAS DE <i>MESORHIZOBIUM</i> SEGÚN SU TOLERANCIA EL ESTRÉS SALINO	114
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO <i>IN VITRO</i> DE CEPAS DE <i>MESORHIZOBIUM</i> SEGÚN SU TOLERANCIA EL ESTRÉS SALINO	120
RESULTADOS PRELIMINARES DEL EFECTO DE LA SALINIDAD Y SODICIDAD DEL SUELO SOBRE LA PRODUCCION DE SOJA	126
CALIDAD DEL AGUA Y ABONO ORGÁNICO EN LECHUGA CULTIVADA EN DOS SUELOS DE LA PAMPA: PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA	131

EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA DE DOS ESPECIES SUBTROPICALES, PURAS Y CONSOCIADAS, EN UN SUELO ALCALINO-SÓDICO DE LA PAMPA DEPRIMIDA

Mollá Kralj, A.^{1,2}, M. Arias¹, L. Varela¹, M. D. García^{1,2}, J. Otondo³, J. Pesqueira^{1,2*}

¹Facultad de Ciencias Agrarias, UNLZ. ²Instituto Investigación sobre Producción Agropecuaria, Ambiente y Salud. ³INTA Cuenca del Salado – Chacra Experimental Manantiales, Prov. Buenos Aires. * julieta.pesqueira@agrarias.unlz.edu.ar

RESUMEN. La marginalidad de los suelos en la Pampa Deprimida condiciona los planteos productivos para actividad ganadera. Las restricciones edáficas que prevalecen son salinidad, alcalinidad, sodicidad, anegamiento y sequía. En un suelo anegable alcalino-sódico ($\text{pH} = 8,95 \pm 0,31$; $\text{PSI} = 26,2 \pm 2,32 \%$; $\text{Ce}_s = 0,377 \pm 0,07 \text{ dS m}^{-1}$), y con el objetivo de mejorar la oferta forrajera en los momentos en que el pastizal natural merma su producción, se evaluó la consociación de *Chloris gayana* Kunth cv. Katambora y de *Panicum coloratum* L. cv. Klein Verde, con otras especies (poaceae y fabaceae) durante 5 años. El ensayo consistió en un DCA de parcelas puras de las dos especies principales (*C. gayana* y *P. coloratum*) y de parcelas consociadas de cada especie principal, con una de las tres especies acompañantes (*Lotus tenuis* Waldest. & Kit., *Melilotus albus* Ders., *Thinopyrum ponticum* (Podp.) Barkworth & D.R.Dewey). Los datos se sometieron a ANOVA y DGC ($\alpha: 0,05$). Durante el año de implantación, en el período de noviembre de 2018 a abril de 2019, las precipitaciones fueron de 583 mm y la temperatura media mensual fue de $20,2^\circ\text{C}$. la consociación no afectó la cobertura de las especies principales en las parcelas consociadas, comparadas con las parcelas puras ($p = 0,8353$): y en promedio, *C. gayana* y *P. coloratum*, puras o en mezcla, cubrieron $59,7 \pm 6,55 \%$ y $61,7 \pm 6,89 \%$, respectivamente. Las parcelas de *C. gayana*, puras y consociadas, produjeron en promedio 39 % más que las de *P. coloratum* ($2.540,36 \pm 242,68 \text{ kg MS ha}^{-1}$ y $1.548,94 \pm 257,4 \text{ kg MS ha}^{-1}$, respectivamente). A los dos años de cultivo, todas las especies de interés estuvieron presentes en las parcelas en las que se sembraron. Durante el quinto año de producción las precipitaciones se redujeron a 361 mm y la temperatura media mensual fue de $20,3^\circ\text{C}$. En general, las parcelas mantuvieron la cobertura total ($64,9 \pm 2,4 \%$) y la productividad promedio ($3.850 \pm 286,97 \text{ kg MS ha}^{-1}$), independientemente de la especie principal. Sin embargo, en las parcelas cambió la composición florística, la única especie acompañante que se encontraba presente en todas las parcelas en las que fue sembrado fue *T. ponticum*, *L. tenuis* apareció en baja proporción y en diferentes lugares dentro del ensayo (especie naturalizada), y *M. alba* no estaba presente en ninguna parcela. *P. coloratum*, siempre estuvo presente como especie predominante en las parcelas en las que fue sembrada, cubriendo en promedio el $85,68 \pm 2,86 \%$ de la cobertura total; mientras que *C. gayana* apareció sólo en el 75% de las parcelas sembradas y cubriendo una menor superficie ($45,84 \pm 5,35 \%$ de la cobertura total). Además, *Festuca arundinacea* Schreb. apareció como especie predominante en más de la mitad de las parcelas en las que se sembró *C. gayana*. Probablemente, el rebrote primaveral más tardío de *C. gayana* ($T^\circ_{\text{base}} 12^\circ\text{C}$) genera una situación de desventaja respecto a *P. coloratum* ($T^\circ_{\text{base}} 10^\circ\text{C}$) en la competencia con las especies del pastizal, lo cual permitió el avance de *F. arundinacea* (nicho ecológico).

PALABRAS CLAVE: competencia, rebrote, recuperación pastizal.

TOLERANCIA DE PLÁNTULAS DE VARIEDADES CRIOLLAS DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna Unguiculata*) AL ESTRÉS SALINO

Ferreira Neto, M.^{1,*}, S.S.C. Praxedes¹, A.T. Loiola¹, F.V.S. Sá², T.D.C. Peixoto¹

¹ Departamento de Ciencias Agronómicas y Forestales de la Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Mossoró, Brasil; * Calle Francisco Mota, 572, Mossoró, miguel@ufersa.edu.br; ² Departamento de Ciencias Agrícolas y Exactas de la Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Catolé do Rocha, Paraíba, Brasil.

RESUMEN: El frijol caupí es una fuente importante de proteínas y constituye el principal cultivo de subsistencia en la región del Noreste de Brasil, donde la escasez de agua y la salinidad son factores limitantes. La identificación de variedades tolerantes al estrés salino puede ayudar a expandir el cultivo y mejorar el rendimiento de los cultivos. El objetivo de este estudio fue investigar la tolerancia de variedades criollas de frijol caupí a la salinidad del agua de riego durante la fase de emergencia y crecimiento inicial. El estudio se llevó a cabo en un invernadero ubicado en el Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais de la Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), en Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, durante los meses de marzo a abril de 2019. El municipio está ubicado en la región semiárida del noreste de Brasil, en las coordenadas geográficas locales de 5°11'31" S y 37°20'40" W, a una altitud de 18 m. El experimento se realizó en un diseño completamente aleatorizado (DCA) en un esquema factorial 23 x 2, compuesto por 23 variedades de frijol caupí (Canapu Vermelho, Boquinha, Pingo de Ouro, Sempre Verde, Ceará, Baeta, Manteiga, Roxão, Costela de Vaca, Feijão Branco, Coruja, Rabo de Peba Branco, Sopinha, Canapu Branco, Lisão, Canapu Miúdo, Sempre Verde Ligeiro, Vagem Roxa, Ovo de Peru, Rabo de Peba Miúdo, Feijão Azul, Canário e Paulistinha) y dos niveles de salinidad del agua de riego (S1 = 0,5 y S2 = 5,5 dS m⁻¹), con cuatro repeticiones de 50 semillas cada una. Las plántulas fueron evaluadas en cuanto a la emergencia, el vigor, el índice de tolerancia a la salinidad y la disimilaridad. Las semillas utilizadas fueron adquiridas de colecciones provenientes de guardianes de semillas criollas pertenecientes a comunidades rurales ubicadas en municipios de la región Oeste del estado de Rio Grande do Norte, Brasil. Las semillas fueron recolectadas en la cosecha de 2018 y se almacenaron en botellas de PET selladas. La siembra se llevó a cabo en bandejas de 200 células, las cuales fueron llenadas con sustrato de fibra de coco. Se utilizó una semilla por célula, sembrada a una profundidad de 1,0 cm. El aumento de la salinidad del agua de riego redujo la emergencia, el vigor y la acumulación de masa seca en las variedades de frijol caupí. En la fase de emergencia y crecimiento inicial, las variedades de frijol caupí Lisão > Costela de Vaca > Canário > Feijão Branco > Ceará > Boquinha, en ese orden, mostraron ser las más tolerantes a la salinidad, mientras que las variedades Sempre Verde > Manteiga fueron las más sensibles a la salinidad. Las demás variedades: Rabo de Peba Branco > Ovo de Peru > Canapu miúdo > Canapu branco > Sopinha > Roxão > Pingo de Ouro, en ese orden, son moderadamente tolerantes a la salinidad. Y, las variedades Vagem roxa, Rabo de Peba Miúdo, Paulistinha, Coruja, Sempre Verde Ligeiro, Baeta, Feijão Azul y Canapu Vermelho, en ese orden, son moderadamente sensibles a la salinidad.

PALABRAS CLAVE: crecimiento, emergencia, salinidad del agua.



VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción”



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

BASES PARA UN PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE LA SALINIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA SALÍ-DULCE

Prieto Villarroya, J¹, Farias, H.D¹

¹ Instituto de Recursos Hídricos. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías. IRHi FCEyT-UNSE Universidad Nacional de Santiago del Estero.

georgeprietovillarroya@yahoo.com.ar ; irhi.fceyt.unse@gmail.com

RESUMEN: El suelo desempeña un papel fundamental en la Cuenca Salí-Dulce al sustentar la producción de alimentos, proporcionar protección y suministrar valiosas materias primas. Un manejo inadecuado del suelo a nivel de cuenca puede resultar en la pérdida de sus propiedades esenciales. Este recurso constituye el capital principal para los productores y, en última instancia, para las comunidades que dependen de la actividad agropecuaria. En la Cuenca Salí-Dulce, la salinización se presenta con mayor intensidad en zonas con drenaje insuficiente que impide la eliminación de sales, o en áreas con precipitaciones insuficientes para lavar los suelos. Este fenómeno se asocia típicamente a las regiones áridas y semiáridas de la cuenca. Además, se prevé que los niveles de salinidad en áreas bajo riego aumentarán debido al cambio climático. El manejo adecuado puede mitigar y detener la salinización, impulsando la capacidad productiva del suelo, mientras que prácticas inadecuadas pueden degradarlo y comprometer la inversión. En este contexto, la prevención y reducción de la salinidad emergen como factores cruciales para mantener el potencial económico en las áreas de la Cuenca Salí-Dulce afectadas por este problema, especialmente aquellas bajo riego. El programa propuesto se centra en establecer un Marco de Acción para la Prevención y Reducción de la Salinización de los Recursos Hídricos en la Cuenca Salí-Dulce, además de proponer acciones de restauración (enfoque correctivo) en los recursos afectados. El Programa se ha basado en la implementación de las siguientes técnicas y pretende alcanzar los siguientes resultados: (1) Realizar un análisis sistémico y regional para determinar si la salinización en la Cuenca del Río Dulce es la principal amenaza para la sustentabilidad de los sistemas productivos, o si esta es en parte resultado de la baja sustentabilidad de los sistemas en la región. Pretende analizar, mediante modelización hidrogeológica y análisis de datos históricos, si la salinización es agravada por ciertas prácticas de manejo y su distribución no uniforme. (2) Destacar que junto a factores técnicos como la ineficiencia en el uso del agua, condiciones naturales y alta demanda atmosférica, existen elementos estructurales, como la asignación de derechos de riego, que influyen en la realidad de la salinización. Mediante encuestas y análisis jurídico, se pretende identificar cómo la distribución desigual de derechos de riego impacta directamente en la concentración de sales en áreas específicas. (3) Evaluar la percepción de los usuarios respecto al problema de salinización y su impacto en la productividad de los cultivos. Mediante entrevistas y estudios de campo, se prevé documentar cómo la salinidad reduce la productividad y afecta la viabilidad económica de las explotaciones agrícolas. En última instancia, los resultados obtenidos demuestran la viabilidad de un enfoque integral para abordar la salinización en la Cuenca Salí-Dulce, promoviendo prácticas de manejo sostenibles y ajustes estructurales que garanticen la conservación de los recursos hídricos y la prosperidad económica de la región.

PALABRAS CLAVE: Cuenca Salí-Dulce, Plan Director de Cuenca, Planificación Hídrica





VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

"Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción"



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

EFFECTOS DEL ESTIERCOL DE CUY EN SUELOS DE ÁREA VERDE USANDO COMO INDICADOR EL CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*)

Ruiz, C.N.¹, C.A. Bendezu¹, M.A. Osorio¹ S.D. Aguero-Aguilar.¹

¹ Facultad Ingeniería, carrera ingeniería ambiental; Av Alameda San Marcos 11, Chorrillos 15067, Campus UPC Villa, Lima, Perú. Provincia de Lima. Q3. (Código postal, 15067). U20191e452@upc.edu.pe

RESUMEN

En el manejo de áreas verdes en la ciudad de Lima principalmente se utilizan abonos con la finalidad de mejorar su fertilidad, entre ellos estiércol vacuno, compost y humus de lombriz. El estiércol de cuy (*Cavia porcellus*) es un residuo de muchas granjas y no se aprovecha a pesar de que provee Nitrógeno (2.72%), siendo importante su aplicación en la mejora de fertilidad del suelo; sin embargo, la conductividad eléctrica puede ser de valores altos hasta 12 dS.m⁻¹, siendo una limitante. Se realizó un ensayo experimental con el objetivo de relacionar los efectos del estiércol de cuy y niveles de concentración en suelo de área verde. Se utilizó como indicador el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*). Se realizó ensayos de macetera en el Campus Villa de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), ubicada en el distrito de Chorrillos, departamento de Lima, altitud de 8 m s. n. m. y con coordenadas LS 12° 11' 33.54" y LO 77° 0' 21.2". El suelo de estudio correspondió a un área verde urbana del distrito de Bellavista, Callao (LS 12°03'09.5" y LO 77°05'35.3"). El estiércol de cuy fue obtenido de venta comercial de granja productores en Lima. Se aplicó un diseño completo al azar (DCA) de 4 tratamientos y tres repeticiones, siendo los factores de estudio los niveles de estiércol respecto al suelo (p/p): control 0% (T0), 1% (T1), 2% (T2) y 3% (T3). El experimento tuvo una duración de 31 días (16 enero - 15 febrero 2023), temperatura ambiental promedio de 24°C y una humedad relativa del 85%. Al término del ensayo se analizaron los parámetros biológicos como altura de planta (cm), materia seca foliar, radicular y seca (%), población microbiana de hongos y bacterias (UFC.g⁻¹), como parámetros químicos del suelo en cada maceta se midió el pH (1:1) y la Conductividad eléctrica (C.E, 1:1). Los resultados se procesaron en el software S.A.S v. 3.7 para un alfa 0.05. Según la Prueba de Tukey para las medias de los tratamientos de los parámetros biológicos no hubo diferencias significativas; pero se obtuvo que el porcentaje de materia seca total en T3 fue mayor respecto a los demás tratamientos, siguiendo el siguiente orden; 34.97%(T3) > 33.96% (T0) > 33.34% (T1) > 32.36% (T2). La altura de la planta fue mayor en T0 respecto a los demás tratamientos siguiendo el siguiente orden; 20.85 cm (T0) > 18.76 cm (T2) > 18.06 cm (T1) > 15.80 cm (T3); sin embargo, si hubo diferencias significativas (p< 0.05) en los parámetros químicos de pH y C.E obteniéndose para T3 pH 7.59 y C.E de 4.59 dS.m⁻¹ respecto a T0 con pH 7.59 y C.E 2.56 (dS.m⁻¹). Por tanto, a mayor aumento de la salinidad (C.E) y pH, la cebada tuvo menor desarrollo, esto se corrobora con los datos de la altura de la planta y su materia seca, parámetro que nos indica el rendimiento alcanzado por la planta., se concluyó que debe existir una correcta dosificación de las enmiendas orgánicas para evitar su efecto adverso.

PALABRAS CLAVE: salinización, enmiendas orgánicas, suelos urbanos.





VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción”



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

SEGUIMIENTO DE LA SALINIDAD EN SUELOS REGADOS POR PIVOTES CENTRALES EN 25 DE MAYO, LA PAMPA

Sartor, P.D.^{1*}; Masseroni, M.L.¹; Aumassanne, C.M.¹; Fontanella, D.R.¹; Zamora, C.D.¹; Álvarez, C.O.².

¹AER 25 de Mayo (INTA), ²AER Gral. Pico (INTA)

* sartor.paolo@inta.gob.ar, Gral. Pico 720 (8201) – 25 de Mayo (La Pampa)

RESUMEN: Los problemas de salinidad, específicamente la acumulación de sodio en exceso ocasiona un deterioro de la calidad de los suelos y una disminución del potencial productivo provocando pérdidas importantes en la producción agrícola, impactando en la economía de las zonas de riego principalmente afectando la cosecha de agua y entrega de la misma. En Argentina más de 70 millones de hectáreas se encuentran afectadas por suelos salinos, y al menos 600.000 hectáreas de suelos irrigados bajo climas áridos y semiáridos se ven afectados por salinización. Es necesario evaluar el impacto del riego sobre las propiedades edáficas, las cuales se vinculan principalmente con la salinización y/o sodificación del suelo. En este marco, se planteó como objetivo, determinar la evolución temporal de la salinidad edáfica, a partir de mediciones de conductividad eléctrica en la zona bajo riego de 25 de mayo, La Pampa. El estudio se realizó en el establecimiento Zille Agro S.A. ubicado a 37° 54' 53,28'' S y 67° 46' 16,55'' O, en 3 lotes con cultivo de alfalfa regados por pivotes centrales con una superficie aproximada de 70 ha cada uno, con 3 y 4 años de implantación del cultivo. El período de estudio abarca desde octubre de 2016 a agosto de 2017, realizando un muestreo periódico bimensual en 18 sitios (6 en cada pivote) con determinaciones a tres profundidades (0 - 0,2 m, 0,4 - 0,6 m y 0,8 - 1 m). En laboratorio se determinó la conductividad eléctrica (CE) del extracto de saturación del suelo. Se analizó la normalidad (test de Shapiro-Wilk) de la variable CE, se determinaron las medidas de posición y dispersión de las muestras analizadas; y a partir de ANOVA y del test de Tukey se compararon las medias a fin de identificar diferencias significativas ($\alpha \leq 0,05$) entre ellas. Se realizaron las siguientes comparaciones: dentro de cada fecha de muestreo y para cada una de las 3 profundidades de suelo. Se observó un incremento de la CE a mayor profundidad del suelo (0 - 0,2 m = 1,61 dS/m, 0,4 - 0,6 m = 3,38 dS/m y 0,8 - 1 m = 5,67 dS/m), mostrando diferencias significativas entre todas las profundidades ($p < 0,0001$) entre ambientes productivos. En referencia a la variación de la CE en el tiempo, más precisamente desde octubre de 2016 a agosto de 2017, los resultados no muestran diferencias significativas ($p = 0,7237$) para las 3 profundidades, evidenciando una tendencia constante de los niveles de salinidad en cada profundidad. Se destaca que el monitoreo de la salinidad de los suelos conforman una importante herramienta para diagnóstico de la situación del oasis con una correlación negativa por efecto sales sobre la productividad ($r^2 = -0,73$, $p = 0,02$). Esta información contribuye también a implementar estrategias de riego, a recuperar los suelos y a planificar la asignación del recurso hídrico disponible a través de diferentes manejos como por ejemplo utilización de especies tolerantes, manejo de cobertura, uso de enmiendas, redes de drenaje, entre otros.

PALABRAS CLAVE: CE, riego, alfalfa.



RESPUESTA DE DIFERENTES CULTIVARES DE FESTUCA ARUNDINACEA FRENTE A CONDICIONES DE AMBIENTE SALINO

E.D. Scherger.¹, F. Sciarreta¹, S. Miri¹

¹ Gentos S.A.: Areas Desarrollo, Breeding y Semilla Fundación. Ruta 8km 208, EEA La Lucila, Urquiza, Buenos Aires.

RESUMEN: La fluctuación de la capa freática salina y la consecuente redistribución de sales en el perfil de suelo, se ha vuelto un estrés abiótico cada vez más común en la región pampeana. Muchos de éstos ambientes se volvieron restrictivos para la producción agrícola y por consiguiente han quedado improductivos o realizando una actividad ganadera de bajo rendimiento. La festuca es una especie perenne que tolera niveles moderados de salinidad y alcalinidad y es capaz de adaptarse a estos ambientes con ascenso de sales en superficie. Sin embargo, la información del comportamiento de diferentes variedades y su interacción con el ambiente edáfico es escasa. Por lo tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la adaptabilidad de distintas estructuras de variedades de festuca y su adaptabilidad a ambientes con influencia de sales. Por ésta razón, el día 3/3/2021 se sembró en la localidad de Olavarría (-36.606093, -60.451138) un ensayo para comparar diferentes variedades de *Festuca arundinacea* (Royal Q200, Malma y GFL204) en franjas en sentido transversal a los ambientes de alta y baja salinidad. El ensayo se realizó en un Natracuol típico con PH 9,4, 8,9 y 9,2 en las profundidades de 0-5 cm., 5-10 cm. y 10-20 cm. de profundidad y conductividad eléctrica (CE) de 17,3 dS/m, 13,2 dS/m y 10,6 dS/m para las mismas profundidades. Se midió la producción de Kg MS/ha, ciclo fenológico y cobertura del suelo. La acumulación de MS de Royal Q200 alcanzó una productividad de 18988 kg MS/ha, 1918 y 2179 KgMS/ha respecto de Malma y GFL204 respectivamente. La principal diferencia entre éstas variedades estuvo dada principalmente en la producción de MS invernal, donde Royal Q200 se destacó con una tasa de crecimiento de 11,1 kg MS/ha/día con respecto a Malma y GFL204 (2,3 y 5,7 kg MS/ha/día respectivamente). Sin embargo, éstas dos variedades presentan una mayor tasa de crecimiento al final de la primavera: 48,5 Kg MS/ha/día para Royal Q200, 53,5 Kg MS/ha/día GFL204 y 57,3 Kg MS/ha/día Malma. Además, comenzando el verano también superaron a Royal Q200 (5 Kg MS/ha/día más GFL 204 y 10,4 Kg MS/ha/día más Malma). Al medir cobertura de suelo observamos que GFL204 superó significativamente a los otros 2 cultivares con 51.1%, cuando Malma obtuvo 41.9% y Royal Q200 29.8%. El manto vegetal sobre la superficie nos permitiría obtener menor temperatura en la base de la planta, logrando una mayor supervivencia de macollos a la salida del verano excesivamente seco. Elegir la especie y el cultivar correcto nos permite incrementar la productividad ganadera en ambientes salinos, generando adaptabilidad, protegiendo el suelo y conservando el ecosistema.

PALABRAS CLAVE: gramíneas templadas, salinidad materia seca, producción ganadera

EL RIEGO CON AGUA DE ALTO CONTENIDO DE SALES Y LOS ESTIMADORES DEL
CONTENIDO HÍDRICO DEL TEJIDO VEGETAL: CRA, CHH Y CHP EN LA PRODUCCION DE
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.).

**Siliquini, O.¹; Adriana E. Quiriban¹; Juan P. Ponce¹; Maria C. Pereyra¹; ; Diego R.
Riestra¹; Luciano R. Carassay¹.**

¹ Docentes de la cátedra de Horticultura, Química Biológica y Agrotecnia Facultad de Agronomía, UNLPam. CC 300 (6300) Santa Rosa, La Pampa. TE/Fax 02954- 451600-I: 5668.

siliquini@agro.unlpam.edu.ar

RESUMEN: La lechuga es una de las hortalizas de hoja más cultivadas por su rentabilidad en forma protegida. Bajo este sistema aumenta su calidad comercial, alarga su vida poscosecha y se logra continuidad de la producción durante todo el año. Los lugares aptos en La Pampa, en calidad de agua para desarrollar la actividad existen, pero no abundan, esto sumado al crecimiento de la actividad hizo que se desarrollen estas producciones en lugares que no son ideales. El agua utilizada en la Huerta de la Facultad UNLPam, se caracteriza según el diagrama de Riverside como de tipo C4S3, es decir de alta salinidad y sodicidad, por lo que no es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, aunque puede utilizarse ocasionalmente en algunos cultivos tolerantes. Los suelos cultivados bajo cubierta se deterioran a causa del riego con aguas salinas, fertilización excesiva, drenaje limitado y ausencia de lixiviación de sales por lluvia. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del riego con agua con alto contenido de sales y los estimadores del contenido hídrico del tejido vegetal: CRA (Contenido Relativo de agua), CHH (Contenido Hídrico de la hoja) y CHP (Contenido Hídrico de la Planta) en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Se trabajó en macrotúneles, con cuatro cultivares de lechuga: ‘Bermella’, ‘Brisa’, ‘Crimor’ y ‘Grand Rapid’. Se utilizó agua de ósmosis (AO) y de perforación (AP) de alto contenido de sales (CE: 3,75 dS.m⁻¹) y con tres niveles de disponibilidad hídrica: 100, 60 y 40% de capacidad de campo CC). Los tres parámetros estudiados, CRA, CHH y CHP, estimadores del contenido hídrico del vegetal fueron afectados significativamente por la disponibilidad de agua en el suelo, mientras que diferencias debido al genotipo sólo ocurrieron en el CHH en las plantas regadas con agua de ósmosis inversa. En cuanto a la disponibilidad hídrica también se observó que el control (100%) es diferente de los otros dos niveles y entre 40 y 60% de agua no hubo diferencia significativa. El Contenido Hídrico Planta (CHP) es la variable que más se ajusta a representar los niveles hídricos del experimento tanto en las plantas regadas con agua de ósmosis como con agua de perforación. Por otra parte, para todos los indicadores del contenido hídrico del vegetal como estimadores del nivel hídrico del suelo la correlación es mayor en ósmosis. (Esto puede indicar el efecto de la presencia de sales en agua-efecto osmótico). Concluimos que el CHP es el mejor estimador de la disponibilidad de agua en suelo.

PALABRAS CLAVE: estimadores, contenido hídrico, salinidad.

USO DE AGUA SALINA PARA RIEGO EN EL RENDIMIENTO DEL MELÓN EN LA ZONA SEMIÁRIDA BRASILEÑA.

Silva, J.L.A.¹, D.D. da Silva², J.F. de Medeiros¹, A.R.C da Costa¹; N.S. Dias^{1*}, Moreno-Pizani, M. A.³

¹; Universidad Federal de Rural Semiárido, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil;
²Universidad Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *CP 137, BR 116 km47, Mossoró, RN, Brasil. nildo@ufersa.edu.br. ³Faculdade Pecege. R. Alexandre Herculano, 120 - Vila Monteiro, Piracicaba - SP, Brasil, 13418-445.

RESUMO: Brasil es uno de los mayores productores de frutas del mundo y su noreste, que es predominantemente zona semiárida, se destaca por la producción de varias especies. En zona semiárida es el mayor productor y exportador de melón (*Cucumis melo* L.) debido a las condiciones edafoclimáticas favorables – altas temperaturas (25 a 32 °C) y baja humedad relativa (50 a 65%) – asocian alta tecnología del sector productivo. Debido a la escasez de agua superficial de buena calidad ha obligado a los agricultores de la zona semiárida brasileña a utilizar agua salina y salobre para el riego. En general, para reducir el efecto perjudicial de la alta salinidad se ha utilizado la mezcla de agua: agua buena + agua salina. Sin embargo, para evitar la salinización del suelo se deben realizar estudios de los efectos de la mezcla de agua con diferentes estrategias de aplicación. Con el objetivo de evaluar el uso de agua salina para el riego en el rendimiento de melón en la región semiárida brasileña, se llevaron a cabo dos experimentos independientes en un diseño de bloques aleatorizados. Los experimentos se llevaron a cabo de diciembre de 2018 a febrero de 2019 en la Finca Nordeste Frutas Ltda – NORFRUIT, asociada a la Cooperativa de Fruticultores de la Cuenca del Potiguar – COOPYFRUTAS, ubicada en la ciudad de Mossoró, en la región noroeste del estado de Rio Grande do Norte (5° 02' 0.02" 'S; 37 ° 22' 33.6 " W). En cada experimento se estudiaron dos tipos de manejo de riego para la reposición del agua del suelo (M1 – riego según evapotranspiración del cultivo – ET_c, y M2 – riego según monitoreo de humedad del suelo por tensiómetros) bajo dos aguas salinas para riego (agua dulce – S0 y agua salina – S1) de acuerdo con cinco estrategias diferentes, que se compararon con la estrategia de control adoptada en la finca. Ninguna estrategia de riego se destacó en el rendimiento y la calidad de los frutos del melón, lo que indica que se puede ahorrar agua dulce si se adopta uno de ellos. El manejo del riego basado en el monitoreo de la humedad del suelo por tensiómetros proporcionó un rendimiento y calidad satisfactorios de la planta de melón y utilizó la menor cantidad de agua de riego. La producción de melón puede hacerse viable mediante riego con agua salina, que es un recurso hídrico potencial para la zona semiárida brasileña.

PALABRAS CLAVE: *Cucumis melo* L., Gestión del riego, Calidad del agua.



VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

"Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción"



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

RENDIMIENTO DE SOJA EN SUELOS SALINO/SÓDICOS DE LA LLANURA DEPRIMIDA DE TUCUMÁN

Sosa, F. A¹⁻²; O.R Correa¹; G.A Sanzano¹⁻² y R.D Corbella².

¹Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. W. Cross 3150, Las Talitas (4101), Tucumán. fasosa@eeaoc.org.ar

²Cátedra de Edafología. Facultad de Agronomía, Zootecnia y Veterinaria. UNT.

RESUMEN: El cultivo de soja es el que ocupa mayor superficie en Argentina, en Tucumán se cultivan aproximadamente 173 mil has de las cuales unas 40 mil se producen en la llanura deprimida salina (LI.Ds). Esta subregión presenta un nivel freático de naturaleza salina/sódica cercana a la superficie del suelo generando una elevada heterogeneidad en las propiedades de la capa arable, lo que se traduce en rendimientos muy variables, desde sectores sin cultivo en rodales salinos, salinos/sódicos o sódicos hasta sectores con rendimientos de soja superiores a 3000 Kg ha⁻¹. Propiedades semi-permanentes asociadas al paisaje como microrelieve, material original, proximidad a las vías de drenaje, profundidad y calidad del agua freática; permanentes como textura y propiedades dinámicas como humedad, salinidad (CE), pH, fósforo disponible (P), sodio intercambiable y compactación, influenciadas marcadamente por la distribución anual de las precipitaciones, la evapotranspiración y el sistema de manejo; explican la variabilidad edáfica. El diagnóstico de aptitud del suelo para cultivos anuales es complicado ya que el factor hídrico exagera las limitantes antes mencionadas, lluvias inferiores al promedio potencian los efectos negativos de salinidad/sodicidad mientras que un exceso hídrico eleva el nivel freático aumentando la asfixia radicular y posterior proceso de salinización/sodificación. El objetivo del presente trabajo fue evaluar qué propiedades edáficas afectan mayoritariamente la producción de soja en un lote ubicado en Leales (LI.Ds). Se tomaron 60 puntos de muestreo procurando cubrir un rango amplio de niveles productivos, desde manchones sin cultivo, hasta sectores con rendimientos superiores a 3000 Kg ha⁻¹. En esos puntos se tomaron muestras de suelo superficiales compuestas de 15 sub-muestras y se estimó la producción de soja a partir de 3 sub-muestras de 1m lineal cada una. De las variables de suelo analizadas CE y pH mostraron un claro efecto sobre la producción, para reducir la variabilidad se descartaron del análisis aquellos sectores con bajos niveles de P así como suelos pesados y bien drenados donde el cultivo sufrió un severo estrés hídrico. Se analizó el rendimiento relativo (RR) promedio para distintos rangos de pH y CE. RR alcanzó niveles promedio de 94; 73; 47; 36; 9; 3; 1 y 0% para los rangos de pH 6-6,5; 6,5-7; 7-8; 8-8,5; 8,5-9; 9-9,5; 9,5-10 y >10 respectivamente. RR tomó valores medios de 80; 83; 52; 46; 4; 3; 3 y 2% para los rangos de CE 0-0,5; 0,5-1; 1-1,5; 1,5-2,5; 2,5-5; 5-8; 8-12 y >12 dSm⁻¹. La cantidad de datos registrados en cada rango fue variable y el número de datos totales se redujo considerablemente, por tales motivos este estudio se considera exploratorio y representativo en un año particularmente seco en el cual se redujo RR significativamente con pH superior a 8 y CE superior a 2,5 dSm⁻¹. El registro del balance hídrico en las distintas etapas fenológicas del cultivo y la mejora de la fertilidad química con el agregado de fósforo permitirá explicar mejor el efecto de las variables pH y CE sobre la producción de soja en la LI.Ds de Tucumán.

PALABRAS CLAVE: Nivel freático, manchones salinos, estrés.



ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES VINÍFERAS Y PORTAINJERTOS REGADAS CON AGUAS SALINAS DE LA PROVINCIA DE MENDOZA, ARGENTINA

Venier, M.^{1*}, Filippini, M.F.¹, Aliquo, G.^{1,2}, Lucero, C.², Cónsoli, D.¹, Valdés, A.¹, Porta,
A.¹, Micheletti, D.¹, Martinez Varela, A.¹, Ortiz Uriburu, G.¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo; Almirante Brown 500, Chacras de Coria, Luján de Cuyo, Mendoza. ² EEA INTA Mendoza San Martín 3853, Estación Experimental Agropecuaria Mendoza AER, M5534, Luján de Cuyo, Mendoza.

mvenier@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN: En Argentina el 37% del área bajo riego tiene problemas de salinidad. Mendoza posee la mayor superficie regada del país, con un 72% de su superficie implantada con vid, siendo muy importante contar con genotipos que se adapten al cambio climático. Esta investigación evaluó el comportamiento frente al riego con aguas salinas en plantas de vid de diferentes variedades viníferas y portainjertos. Durante el primer año se seleccionaron las plantas madre corroborando su identidad mediante ampelografía. A partir de los sarmientos extraídos de las plantas madre se produjeron plantas a pie franco en macetas de 2 litros, utilizando arena fina como sustrato, incorporándole fertilizante en idénticas dosis a todas las macetas. En el segundo año, se evaluó durante 5 meses el comportamiento de los genotipos seleccionados frente al riego con agua proveniente de un pozo salinizado (3,25 dS/m). El diseño experimental del ensayo fue de parcelas completas al azar, donde se evaluaron 8 tratamientos para el factor genotipo (Malbec, Cabernet sauvignon, Bonarda, Ancellota, Pedro Gimenez, Cereza y los portainjertos Ramsey y Paulsen 1103); con cuatro repeticiones cada uno, dando un total de 64 plantas. Durante el ensayo se midieron las conductividades eléctricas del agua de drenaje de las macetas, infiriendo el grado de salinidad del sustrato, oscilando entre los 5 a 6 dS/m. Al finalizar el ensayo se evaluaron variables físicas y químicas como peso fresco y seco de limbo, pecíolo, tallo y raíz; área foliar; así como contenidos minerales (Na^+ , Cl^- , K^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2}) en los mencionados tejidos a fin de evaluar la dinámica y acumulación de estos minerales, especialmente Na^+ y Cl^- en la planta. Al segundo mes de evaluación el portainjerto Paulsen 1103 se retiró del ensayo ya que presentó graves daños por toxicidad salina. Finalizados los 5 meses, el desarrollo de la canopia (tallo, limbos y pecíolos) fue significativamente mayor en Ramsey, correspondiendo los menores desarrollos a Ancellota y Cabernet Sauvignon, presentando necrosis marginal en sus hojas. El resto de los genotipos tuvieron desarrollos intermedios. Cabernet sauvignon, Pedro Giménez y Cereza significativamente tuvieron mayor desarrollo radical, y Ramsey tuvo el menor desarrollo. La relación canopia/raíz, Ramsey obtuvo significativamente el mayor valor con 2 g/g, significando que por cada gramo de raíz fue capaz de desarrollar 2 gramos de canopia expresados en peso seco, mientras que el menor valor correspondió a Cabernet sauvignon con 0,37 g/g.

PALABRAS CLAVE: Vitis vinífera, estrés abiótico, salinidad,

**PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DEL FORRAJE DE ESPECIES DE AGROPIRO
EN SUELO SALINO ALCALINO DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA**

D. Villagra², Ruiz, M.A.¹, G. Blain¹, R.D. Ernst²

¹ INTA EEA Anguil “Ing. Agr. G. Covas”, Ruta Nacional N°5, km 580, La Pampa; ² Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam, Uruguay 151, Santa Rosa, La Pampa.

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción y la calidad nutritiva del forraje de dos variedades de agropiro criollo y tres variedades de agropiro alargado en un suelo sin problemas de salinidad ni alcalinidad (NS) y un suelo salino alcalino (SS). Los ensayos se realizaron en la EEA Anguil INTA, en un suelo franco (pH 6,0; CE 2,1 DS/m) sin problemas de alcalinidad ni salinidad y en un suelo franco arenoso, salino y alcalino (pH 8,6; CE 5,4 DS/m) eventualmente anegadizo. Las unidades experimentales fueron parcelas de 1,4 × 3 m (4,2 m²) distribuidas en un diseño en bloques completos al azar con cinco variedades y cuatro repeticiones. La siembra se realizó en abril, en surcos distanciados 20 cm. Se determinó producción de forraje por corte, anual y del período de tres años. Se realizó análisis de calidad nutritiva del forraje mediante NIRs, en un corte otoñal y en un corte primaveral. Se realizó un análisis de la varianza, variedad x tipo de suelo, y separación de medias por la prueba Diferencia Mínima Significativa, DMS ($p < 0,05$). En la producción de forraje acumulado total del período de tres años, las diferencias fueron significativas ($p < 0,05$) solamente entre tipos de suelo, no se encontraron diferencias significativas entre variedades. La producción de forraje acumulado total del período evaluado en SS se redujo entre un 40 y 50% respecto de la del NS. La PB en el suelo NS fue superior al 17% en ambas fechas de corte, junio y octubre, en tanto que en el SS no superó el 10% en ninguna de las dos fechas. Independientemente de la variedad, solo en el SS, la PB del forraje en el corte de octubre fue significativamente mayor a la de junio. En las dos variedades de agropiro criollo, la PB en el SS fue un 38% inferior en comparación con el NS; en tanto que, la disminución fue de un 48% en promedio para las variedades de agropiro alargado. En general, para las distintas variedades, el porcentaje de fibra detergente ácida y fibra detergente neutro (FDA y FDN) del forraje cosechado fue superior en el suelo salino respecto del suelo franco. Independientemente de la variedad, el porcentaje de fibra detergente neutro (FDN), fue superior en la fecha de corte de junio en el SS. En ambas variedades de agropiro criollo se observó mayor FDN en la fecha de corte de junio respecto de la de octubre en el NS, en las variedades de agropiro alargado estas diferencias no fueron significativas. De la misma manera, en las variedades de agropiro criollo, el porcentaje de FDN fue significativamente superior en SS respecto al NS en octubre; estas diferencias no fueron evidentes en las variedades de agropiro alargado. En general para las distintas variedades, en el SS, los valores de FDA fueron superiores en el corte de junio respecto a los de octubre; en el NS estas diferencias no fueron evidentes, especialmente en las variedades de agropiro alargado.

PALABRAS CLAVE: porcentaje de proteína, porcentaje de fibra, forrajeras.

**EVALUACIÓN DE PGPB HALOTOLERANTES/HALÓFILAS EN GRAMA RHODES
(*Chloris gayana*) BAJO ESTRÉS SALINO**

**Yañez Yazlle M.F.¹, Ribotta A.², Lopez Colomba E.^{1,2}, Irazusta V.³, Gonzalez, M.⁴,
Grunberg K.^{1,2}**

¹ Unidad de Estudios Agropecuarios (UDEA), INTA-CONICET. Córdoba, Argentina; ² Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV), CIAP-INTA. Córdoba, Argentina; ³ Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI)-CONICET. Universidad Nacional de Salta (UNSa). Salta, Argentina; ⁴ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba. * E-mail: florenciayanez93@gmail.com

RESUMEN: La salinización es una problemática prioritaria debido a su impacto adverso sobre la productividad y sostenibilidad agrícola, su ocurrencia por causas naturales y antrópicas, y su rápida expansión global. Para mitigar sus efectos e incrementar la tolerancia al estrés de las plantas, la aplicación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPB), en particular aquellas halotolerantes o halófilas, constituye una alternativa prometedora. Por otra parte, las pasturas perennes megatérmicas son componentes principales en la alimentación de la ganadería argentina. Entre ellas, grama Rhodes destaca por presentar alta producción de forraje y semillas, además de adaptación a ambientes salinos. Sin embargo, la eficiencia de implantación del cultivo es muy baja debido al tamaño pequeño de las semillas, el lento crecimiento inicial, el tipo de siembra y las condiciones edafoclimáticas en las que se siembra, lo cual se exagera en suelos áridos o degradados. La aplicación de PGPB puede contribuir a resolver estas problemáticas, promoviendo la germinación, implantación y el crecimiento bajo estrés salino. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de bacterias extremófilas halotolerantes/halófilas en la germinación y crecimiento temprano de plántulas del cultivar Reclaimer de grama Rhodes. El ensayo se realizó en placas con medio Murashige-Skoog con y sin agregado de NaCl (200 y 300 mM), con 12 semillas por réplica y cuatro replicas por tratamiento. Se aplicaron cuatro tratamientos bacterianos: *Kushneria* sp. T3.7 *Halomonas* sp. 3R12, *Pseudomonas* sp. AN23 y *Pseudarthrobacter* sp. ER25. Para el control sin bacteria, las semillas se inocularon con caldo nutritivo estéril. Las placas se colocaron en cámara de crecimiento con fotoperiodo de 16/8 horas de luz/oscuridad y temperatura constante (25 °C). Se registró peso seco y longitud total, número de hojas, y porcentaje de germinación acumulado, a los 14 días desde la siembra. Los datos fueron relacionados entre sí por un Índice Relativo de desarrollo (IRD). Las diferencias entre tratamientos se determinaron mediante análisis de la varianza ($\alpha = 0,05$), usando el software Infostat. Los resultados obtenidos mostraron incrementos significativos en el porcentaje de germinación a 300 mM de NaCl en las semillas inoculadas con 3R12 y ER25. En las plántulas, con estas mismas bacterias y con T3.7, por separado, se observó mayor peso seco en relación al control, con y sin estrés salino, y mayor longitud en estrés salino que aquellas sin inocular. Con respecto al IRD, fue mayor en las plántulas inoculadas con 3R12 en todos los niveles salinos evaluados, con incrementos mayores al 50% en relación al IRD de las plantas no inoculadas. En conclusión, las cepas T3.7, ER25 y en particular 3R12, se posicionan como posibles candidatos a ser utilizados como inoculantes para esta especie forrajera en suelos salinos.

PALABRAS CLAVE: Bacterias, PGP, pasturas, estrés salino

RECUPERACIÓN DE UN SUELO SALINO-SÓDICO NO SATURADO A TRAVÉS DE LA TÉCNICA DE DRENAJE POR TUBOS.

Abascal, S.A.^{1,*}, D.C. Aimar¹, C.J. Ferrero^{1,2}, L. Carassay¹, F. Ingentron¹

¹ Facultad de Agronomía, UNLPam; ² Cereales Quemú; * Ruta Provincial 35, km 334, (6300) Santa Rosa, Prov. de La Pampa, abascal@agro.unlpam.edu.ar

RESUMEN: El Pampeano es la formación acuífera predominante en la Provincia de La Pampa. Éste, es la principal fuente de abastecimiento de agua para riego de parques, jardines y campos deportivos. El agua utilizada suele presentar calidad condicionante y caudales disponibles limitados para riego. Por otro lado, los suelos en los que se desarrollan estas actividades suelen ser Haplustoles enticos con clases texturales que oscilan entre Arenoso franco a Franco arenosos. Frecuentemente se observan restricciones físicas para ser bien drenados, debido a la presencia de arenas finas y limos en las fracciones texturales. En este escenario, el diseño y manejo inadecuado del sistema de riego puede afectar de manera significativa la condición de uso del suelo. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la implementación de un sistema de drenaje por tubo sobre la reducción de los parámetros de salinidad (Conductividad eléctrica, CE) y Sodicidad (Porcentaje de sodio intercambiable, PSI), pH actual e hidrolítico e infiltración del agua en el suelo afectado. El estudio se realizó sobre suelo de un campo de fútbol en la localidad de Santa Rosa, La Pampa. El mismo fue clasificado como Haplustol entico y abarca una superficie de 7875 m² (105m x 75m), de los cuales 6800 m² presentan niveles de CE por encima de los 4 dS.m⁻¹ y PSI por encima del 15 %, pH superiores a 8 y pH hidrolíticos cercanos a 10. La infiltración promedio de agua en suelo fue de 7,2mm h⁻¹. El sector del campo (1075 m²) menos afectado presentó CE de 2,2 dS.m⁻¹, PSI de 20,5 % y pH actual e hidrolíticos de 8,6 y 9,8, respectivamente. El agua de las dos perforaciones se clasificó, según Riverside, como C₃S₂ y C₃S₃, respectivamente. Se diseñó y dimensionó un sistema de drenaje por tubo que cubrió la superficie afectada. Se colocaron 33 tubos perforados de 50 metros de longitud, cada uno, paralelos entre sí y perpendiculares al eje mayor del rectángulo de juego, con un distanciamiento entre líneas de 3 m. Todos ellos se conectaron a un colector principal que transporta los excesos de sales y aguas fuera del sistema. Se realizó una labranza vertical profunda (55 cm) con subsolador de montantes inclinados con el fin de recuperar macroporosidad. Se aplicó, en base a los cálculos, un equivalente a 10 TN.ha⁻¹ de CaSO₄ granulado para reducir la presencia de sodio en el complejo de intercambio. Además, a las láminas de riego fueron corregidas por su correspondiente requerimiento de lixiviación y se aplicaron riegos de lavados para favorecer la eliminación de sales a través del drenaje. Los resultados muestran que la CE y el PSI del suelo se redujeron significativamente a 6,4 dS m⁻¹ y 21,9 %, respectivamente. El pH con valores promedio de 8,5, no mostró cambios significativos. La infiltración se comportó de manera adecuada ante la aplicación de las diferentes láminas de riego utilizadas.

PALABRAS CLAVE: Salinidad, riego, sodicidad, dren.

MITIGACION DE LA SALINIDAD EN UN SUELO BAJO CUBIERTA PLASTICA DE LA PLATA, UTILIZANDO DRENES SUBTERRANEOS.

Andreau, R. ^{1,2,3}; Calvo, L. ^{1,2,3}; Etcheverry, M. ^{1,3}

¹. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata (UNLP). ². Instituto de Ingeniería y Agronomía. Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ). ³. Laboratorio de Física de Suelos (LAFIS-UNLP)

e-mail: lcalvo@agro.unlp.edu.ar

RESUMEN: En el Cinturón Hortícola Metropolitano de Buenos Aires la producción bajo cubierta plástica se incrementa año tras año, siendo el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) el cultivo de mayor importancia en términos de superficie cultivada (40% del total). La utilización de riego con agua subterránea de alto contenido de bicarbonatos y sodio, el uso continuo; y las prácticas y tecnologías de manejo inadecuadas, provoca la degradación de los suelos y el incremento del contenido de sales en los mismos. Los efectos de la salinidad sobre la relación del agua en la planta, el desbalance nutricional, y la toxicidad de algunos iones, son responsables de la inhibición de su crecimiento y como consecuencia de la disminución de la productividad. El drenaje agrícola permite eliminar excesos de agua y/o sales presentes en la superficie del suelo, o la zona radical de los cultivos; permitiendo el lavado alcanzando un balance hídrico-salino favorable. El presente trabajo realizado en las campañas 2022-2023 en la ciudad de La Plata, tuvo como objetivo, la evaluación de diferentes drenes subterráneos y su impacto en el rendimiento de un cultivo de tomate. El diseño estadístico se realizó en bloques al azar con 4 repeticiones; Tratamiento 0 (T0) sin drenaje, 1 (T1) tubo de drenaje ranurado de PVC (comercial) centrado en el lomo a una profundidad de 0,5 m y T2 utilizando como dren manojos sueltos de cañas reutilizadas centradas en el lomo a una profundidad de 0,35 m. El cultivo de tomate se condujo de manera tradicional a 6 inflorescencias por planta y su cosecha se realizó en forma manual, registrando rendimiento total (t/ha) y por categoría comercial. El riego se realizó mediante goteo, con 2 cintas por lomo y goteros distanciados a 0,1 m; reponiendo la lámina neta a intervalos de riego calculados, con datos de la estación meteorológica ubicada en la estación experimental Julio Hirschhorn de la FCA-UNLP. Además, se muestreo el suelo a una profundidad de 0,2 m en el centro del lomo al inicio y final del ciclo de cultivo, y se les determinó en laboratorio, conductividad eléctrica (CE) por el método de pasta saturada, midiéndose la misma en $ds.m^{-1}$ a 25°C. El análisis estadístico arrojó diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0,05$) respecto al rendimiento total por planta de T1 (58,3 t/ha) y T2 (54,8 t/ha) respecto a T0 (41,2 t/ha), no existiendo diferencias significativas entre los T1 y T2. Al inicio del cultivo la CE media en los 3 tratamientos fue de 5,2 $ds.m^{-1}$, encontrándose al final del cultivo diferencias significativas entre los tratamientos T1 (2,6 $ds.m^{-1}$) y T2 (3,1 $ds.m^{-1}$), respecto al T3 (5,4 $ds.m^{-1}$). Se concluye que el uso de drenes centrados en los lomos produjeron mayor rendimiento del cultivo, debido al lavado de sales propiciadas por los mismos, relacionándose a la baja de CE registrada en los T1 y T2. La utilización de uno u otro dren no produjo diferencias significativas, por lo cual el uso de cañas reutilizadas como dren, podría ser una alternativa de dren de bajo costo.

PALABRAS CLAVE: drenaje, salinidad, tomate.

**EFFECTOS DE LA SALINIDAD EN LA GERMINACIÓN DE *Atriplex crenatifolia* CHODAT
& WILCZEK CON SALES DE SODIO EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS - ARGENTINA.**

Arce AL¹, AM Videla², M Rodríguez Rivera¹, LR Sosa¹

¹ Laboratorio de Fisiología Vegetal. Área de Ecología. Departamento de Biología. Facultad de Química, Bioquímica, y Farmacia. Universidad Nacional de San Luis (UNSL). San Luis, Argentina. ² Área de Biología. Departamento de Biología. Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional de San Luis (UNSL). San Luis, Argentina. Av. Ejército de los Andes 950, San Luis. E-mail: Arce.laurita@gmail.com.

RESUMEN: En el trabajo se analizó la respuesta germinativa de la especie halófila *Atriplex crenatifolia* Chodat & Wilczek empleando sales de Na⁺. Es de importancia su estudio, debido a que el género es muy utilizado para la rehabilitación de terrenos degradados, producción de forraje y combustible en zonas áridas, y también, porque es una especie nativa de la provincia de San Luis. Las semillas fueron recolectadas en las inmediaciones del arroyo El Bebedero, sobre ruta nacional 146 (33° 43' Lat. S; 66°37' Long W). El ensayo consistió en someter semillas a distintas soluciones isoosmóticas monosalinas de sodio (NaCl, Na₂SO₄) y bisalinas de sodio (NaCl + Na₂SO₄), a potenciales osmóticos de 0.0 (control); -0.4; -0.8; -1.2; -1.5; -1.9 y -2.2 MPa y evaluar su efecto sobre el porcentaje de germinación. Asimismo, se evaluaron los efectos aniónicos. Resultados: se observó que a partir del potencial -0.4 MPa, tanto en las soluciones monosalinas de NaCl y Na₂SO₄, el mayor porcentaje de germinación alcanzado fue del 25% y 18% respectivamente, así como también en soluciones bisalinas de sodio, se alcanzó un porcentaje de germinación del 40%. La germinación a partir de -0.8 MPa no superó el 12% con NaCl y el 6% con Na₂SO₄, contrario a la bisalina que registró un 50% más de germinación al mismo potencial (18%). Se determinó que en *A. crenatifolia* los porcentajes de germinación fueron significativamente afectados por la concentración de la solución, el tipo de sal y la interacción entre ambos factores. Los datos sugieren que las semillas de *A. crenatifolia* presentan mayor sensibilidad a soluciones isoosmóticas monosalinas, y a iones SO₄²⁻ durante la etapa de germinación, no obstante, en soluciones bisalinas se estaría revirtiendo dicha toxicidad.

PALABRAS CLAVE: halófitas, sodio, germinación.



VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD
II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los
ambientes y la producción”



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

**EFFECTOS DE LA SALINIDAD EN LA GERMINACIÓN DE *Atriplex crenatifolia* CHODAT &
WILCZEK CON SALES DE POTASIO EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS - ARGENTINA**

Arce AL¹, AM Videla², M Rodríguez Rivera¹, LR Sosa¹

¹ Laboratorio de Fisiología Vegetal. Área de Ecología. Departamento de Biología. Facultad de Química, Bioquímica, y Farmacia. Universidad Nacional de San Luis (UNSL). San Luis, Argentina. ² Área de Biología. Departamento de Biología. Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional de San Luis (UNSL). San Luis, Argentina. Av. Ejército de los Andes 950, San Luis. E-mail: Arce.laurita@gmail.com.

RESUMEN: En el trabajo se analizó la respuesta germinativa de la especie halófila *Atriplex crenatifolia* Chodat & Wilczek empleando sales de K⁺. Es de importancia su estudio, debido a que el género es muy utilizado para la rehabilitación de terrenos degradados, producción de forraje y combustible en zonas áridas, y también, porque es una especie nativa de la provincia de San Luis. Para llevar a cabo este trabajo, se recolectaron semillas en las inmediaciones del arroyo El Bebedero, sobre ruta nacional 146 (33° 43' Lat. S; 66° 37' Long W). Previo a la siembra para evaluar germinación se realizaron experiencias para determinar la metodología de trillado y escarificación óptima para la especie. El ensayo consistió en someter semillas a distintas soluciones isoosmóticas monosalinas de potasio (KCl, K₂SO₄) y bisalinas de potasio (KCl + K₂SO₄), a potenciales osmóticos descendentes: 0.0 (control); -0.4; -0.8; -1.2; -1.5; -1.9 y -2.2 MPa, a fin de evaluar su efecto sobre el porcentaje de germinación. Asimismo, se evaluaron los efectos aniónicos. Resultados: Se observó en todos los tratamientos que la germinación se vio inhibida a partir de -0.4 MPa respecto del control (57%). A -0.4 MPa los porcentajes de germinación con KCl, K₂SO₄ y la bisalina fueron del 16%, 25% y 41% respectivamente. A potenciales más bajos la germinación se vio severamente afectada. El anión SO₄²⁻ a -0.4MPa inhibió menos la germinación que el anión Cl⁻ (25% y 16 % respectivamente). Se determinó que en *A. crenatifolia* los porcentajes de germinación fueron significativamente afectados por la concentración de la solución, el tipo de sal y la interacción entre ambos factores. Los datos sugieren que las semillas de *A. crenatifolia* presentan mayor sensibilidad a soluciones isoosmóticas monosalinas de potasio y a la presencia de los iones Cl⁻, los cuales estarían afectando el proceso de germinación. En soluciones bisalinas, por otra parte, se aliviarían los efectos tóxicos por mecanismos de interacción o antagonismo iónico.

PALABRAS CLAVE: nativas, potasio, germinación.



**HONGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR *Gigaspora albida* (GIGASPORACEAE) EN LA
FISIOLOGÍA Y CRECIMIENTO DEL MAÍZ CRIOLLO (POACEAE) BAJO DIFERENTES
NIVELES DE SALINIDAD**

**Arruda, M.V de M.¹, Gurgel, P. H de A.¹, Costa-Filho, M. F.¹, Dias, N da S.¹ Albuquerque
C. C.², Saldanha, E. C. M.¹ Moreira, R. C. L.¹, Pereira, K. T. O.², Sá, F. V da S.¹. Souza, M. H
de A.². Rodrigues, N da S.², Moreno-Pizani, M. A.³**

¹ Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN, 59625-900, ² Universidade Estadual do Rio Grande do Norte - UERN, Av. Prof. Antônio Campos - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN, 59610-210, nildo@ufersa.edu.br, ³Faculdade Pecege. R. Alexandre Herculano, 120 - Vila Monteiro, Piracicaba - SP, Brasil, 13418-445

RESUMEN: Los desechos salinos de ósmosis inversa son una fuente alternativa de agua en las zonas rurales, pero requieren un manejo adecuado para reducir los impactos negativos en la planta y el suelo. Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) pueden atenuar el efecto del estrés salino en las plantas, promoviendo mejoras en la fisiología y el crecimiento al reducir los efectos de las sales. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del hongo micorrízico arbuscular (HMA) *Gigaspora albida* sobre la fisiología y crecimiento del maíz criollo (variedad Ibra) bajo diferentes diluciones de desechos salinos en agua no salina. El estudio se realizó en un invernadero en un diseño completamente aleatorizado, en un esquema factorial de 3 x 4, con seis repeticiones. Los tratamientos fueron tres condiciones micorrízicas: (M1- plantas control sin inóculo fúngico, M2- plantas con inóculo fúngico de *G. albida* y M3- plantas con inóculo fúngico de *G. albida*, más la microbiota original del suelo), combinadas con cuatro niveles de conductividad eléctrica de los residuos salinos de ósmosis inversa (ECa): 0,5, 1,8, 3,1 y 4,4 dS m⁻¹. Treinta días después de la imposición del estrés salino, se evaluaron: transpiración (E), conductancia estomática (gs), tasa de asimilación de CO₂ (AN), eficiencia intrínseca del uso del agua (A/gs) y acumulación de biomasa seca total (TSB). El riego con agua de desechos salinos de ósmosis inversa redujo linealmente E, gs, AN y aumentó (A/gs) en plantas de maíz. La interacción de los factores promovió una mayor producción de biomasa total en las plantas M3, en los niveles 2,5 y 1,8 dSm⁻¹ respectivamente, en comparación con M1 y M2. El riego con agua de desechos salinos afectó la fisiología del maíz criollo. La interacción entre *G. albida* y la microbiota del suelo promovió una mayor producción de BST en plantas de maíz cuando se riegan con desechos en niveles salinos considerados altos para el cultivo.

PALABRAS CLAVE: osmosis inversa, desecho salino, atenuador biológico.

**RESPUESTA BIOQUÍMICA DE MAÍZ CRIOLLO EN FUNCIÓN DE LA SALINIDAD Y EL
EFECTO DEL HONGO MICORRÍZICO ARBUSCULAR *Gigaspora albida*
(GIGASPORACEAE)**

**Arruda, M.V de M.¹, Gurgel, P. H de A.¹, Costa-Filho, M. F¹, Dias, N da S, Albuquerque
C. C², ¹Saldanha, E. C. M.¹ Moreira, R. C. L¹, Souza, M. H de A². Rodrigues, N da S²,
Gonzalez, V. R¹**

¹ Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN, 59625-900, ² Universidade Estadual do Rio Grande do Norte - UERN, Av. Prof. Antônio Campos - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN, 59610-210, nildo@ufersa.edu.br

RESUMEN: Los residuos salinos de ósmosis inversa son una alternativa para el riego en la región semiárida. Sin embargo, la alta salinidad de estos residuos en plantas altera la homeostasis iónica e induce la deshidratación celular, alterando varios procesos bioquímicos. Los hongos micorrízicos arbusculares pueden atenuar los efectos de la salinidad potenciando la síntesis de osmolitos y mejorando el estado hídrico de la planta. Desde esta perspectiva, el objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta bioquímica de maíz criollo en función de la salinidad y el efecto atenuante del hongo micorrízico arbuscular *Gigaspora albida* (Gigasporaceae). La investigación se realizó en un ambiente protegido, en un diseño completamente aleatorizado, en un esquema factorial 3 x 4, con seis repeticiones. Los tratamientos fueron tres condiciones micorrízicas (CM): (M1- plantas control sin inóculo fúngico, M2- plantas con inóculo fúngico de *G. albida* y M3- plantas con inóculo fúngico de *G. albida*, más la microbiota original del suelo), combinadas con cuatro niveles de conductividad eléctrica de residuos salinos (CE): 0.5, 1.8, 3.1 y 4.4 dS m⁻¹ (0.5 dS m⁻¹, agua de abastecimiento). El riego salino comenzó 20 días después de la germinación. Treinta días después de la imposición del estrés salino, se evaluaron: contenido relativo de agua (CRA), prolina libre (PL), azúcares reductores totales (AST) y pigmentos fotosintéticos. La CE de los residuos salinos no afectó el CRA de las plantas M1 y M3, obteniendo una media de 61,3% y 54,1%, pero redujo el CRA de M2 en un 46,3%, al nivel de 3,1 dSm⁻¹, diferenciándose de las plantas M1 y M3 al mismo nivel de CE. Los contenidos de PL aumentaron en función de CEa, con mayores acumulaciones (12.53 y 8.9 µM g prolina⁻¹ MS) al nivel de 4.4 dSm⁻¹ en las plantas M2 y M3, respectivamente. Las concentraciones de AST en M2 y M3 no difirieron entre los niveles de CEa, la concentración media obtenida corresponde a 3524,0 y 46605,5 µg g⁻¹MS, respectivamente. Para las plantas M1, la concentración de AST aumentó solo en el nivel de CEa 4.4 dSm⁻¹, a 52397.82 µg g⁻¹MS, diferenciándose solo de M2. Los pigmentos fotosintéticos (clorofilas a, b y total) fueron similares entre sí. El aumento de Cea promovió estrés osmótico en las plantas de maíz, aumentando los niveles de osmorreguladores. La simbiosis entre plantas de maíz con *G. albida* (M2) y plantas con *G. albida* más microbiota del suelo (M3) favoreció el ajuste osmótico, al aumentar la concentración de osmorreguladores y mantener el contenido relativo de agua. Las plantas M1 (control) en condiciones de alta salinidad tenían mayor producción de AST como osmorregulador.

PALABRAS CLAVE: osmorreguladores, ajuste osmótico, estrés salino.

IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES ZONAS AFECTADAS POR SALINIZACIÓN DE SUELOS CON ÍNDICES ESPECTRALES EN GOOGLE EARTH ENGINE

Bocco, J.^{1*}, E.N. Micheloud², R.P. Marano^{1,2}

¹ Facultad de Ciencias Agrarias (UNL). Kreder 2805, Esperanza, Santa Fe. ² ICiAgro Litoral, UNL, CONICET, FCA. Kreder 2805, Esperanza, Santa Fe. *joaquin.bocco@gmail.com.

RESUMEN: Los procesos de salinización de suelos son dinámicos, con significativa variabilidad geográfica, por lo que las técnicas de estudio tradicionales son difíciles y costosas de implementar para su seguimiento. Las imágenes satelitales tienen un alto potencial para monitorear la variabilidad espacio- temporal de la acumulación de sales en la capa superior del suelo. La teledetección se ha convertido en una herramienta importante para el mapeo y monitoreo digital a largo plazo de estos procesos de degradación. El objetivo de este trabajo fue elaborar mapas de posibles áreas con procesos de salinización de suelos en la cuenca del A° Malabrigo, en períodos húmedos y secos, considerando los registros pluviométricos de la región. Se utilizó la plataforma Google Earth Engine para procesar imágenes satelitales de la misión Sentinel-2 con nivel de corrección 2A, con un filtro por cobertura de nubes menor al 30%. Se combinaron sus bandas espectrales generando índices salinos y de vegetación desarrollados por diferentes autores, en la cuenca del A° Malabrigo, Santa Fe, cuya superficie estimada es de 185.000 ha. Se utilizaron herramientas de análisis y de clasificación por Rupturas Naturales del software QGIS para comparar las posibles áreas afectadas por salinización en los diferentes períodos de tiempo, relacionándolos también con la carta de suelos de la provincia de Santa Fe, escala 1:50.000. Se generaron mapas adoptando dos índices salinos y el índice de vegetación NDVI, utilizando la mediana de 54 imágenes del período húmedo (enero de 2016 hasta abril de 2019) y la mediana de 553 imágenes correspondientes al período seco (enero de 2020 hasta junio de 2023), donde los registros de precipitaciones fueron superiores e inferiores a los valores normales, respectivamente. También se combinaron los mapas del período húmedo y seco obteniendo un mapa de superposición que representaría sitios con mayores posibilidades de sufrir problemas de salinización. Sin considerar el cauce y valle de inundación, la superficie que estaría afectada por procesos de salinización en la cuenca durante el período húmedo sería de 1056 ± 250 ha (0,57 % de la superficie de toda la cuenca), incrementándose en el período seco a 1798 ± 153 ha (0,97 % de la superficie de la cuenca). El mapa de superposición posee un área de 468 ± 245 ha (0,25 % de la superficie de la cuenca). Las comparaciones realizadas entre estas zonas y las unidades cartográficas indicaron que las áreas afectadas por salinización en suelos donde predomina la serie Villa Ocampo (Natracuallf vértico) fueron del 42 %, 60 % y del 69 % para los mapas del período húmedo, seco y de superposición respectivamente. Se concluye que estas herramientas facilitan la visualización y seguimiento de sectores con posibles procesos de salinización a través del tiempo, agilizando los diagnósticos para la restauración y mantención de la productividad de los suelos. La utilización de técnicas de teledetección permite monitorear una amplia superficie con un importante ahorro de recursos, requiriendo realizar muestreos a campo para corroborar los índices adoptados y la caracterización de la salinización, indicador clave de la calidad de los suelos.

PALABRAS CLAVE: degradación, teledetección, variabilidad espacio-temporal.



VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

"Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción"



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

VARIABILIDAD FENOTÍPICA PARA TOLERANCIA A SALINIDAD DE UN PANEL DE ASOCIACIÓN DE SORGO

Bustos, D.A.^{1,*}, L. Vieira de Sousa², R.R. da Silva², M.G. Pittaro¹, D. Ortiz³, D.F. Luna¹.

¹ Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV- UDEA INTA CONICET)

*Av 11 de setiembre 4755 (5014) Córdoba, Argentina; ² Universidade Federal Rural do Semi Arido (UFERSA), Mossoró, Brasil; ³ Estación Experimental Agropecuaria Manfredi (INTA).
bustos.dolores@inta.gob.ar

RESUMEN: La salinidad y la alcalinidad en suelos representan un importante problema a nivel mundial debido a su efecto adverso para la agricultura. La Argentina es, según FAO-UNESCO, el tercer país con mayor superficie de suelos afectados por halomorfismo en el mundo, después de Rusia y Australia.

El sorgo constituye un alimento básico de las regiones semiáridas de los países de bajo nivel de desarrollo, siendo éste clave para alcanzar el objetivo de la seguridad alimentaria, por ser una especie de alto potencial para suelos marginales.

El mejoramiento genético del sorgo para la tolerancia a la salinidad ha quedado rezagado con respecto a la tolerancia a los estreses bióticos; posiblemente, debido a que la tolerancia a la salinidad es un rasgo complejo tanto fisiológica como genéticamente, controlado por numerosos QTLs.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar fenotípicamente un panel de asociación de 325 genotipos de sorgo (Sorghum Association Panel, SAP), que abarca en gran medida la variabilidad genotípica natural de esta especie y que cuenta con una extensa información genotípica disponible (~ 260.000 marcadores SNPs). Se llevaron a cabo 4 ensayos en invernadero, utilizando un sistema de hidroponía con irrigación automática. Para la condición control se utilizó solución nutritiva completa Hoagland 0.5X; para el tratamiento salino, se utilizó la misma solución, más el agregado de 150 mM de NaCl. El tratamiento de salinidad se impuso cuando las plantas desarrollaron completamente su segunda hoja. Una vez alcanzado el desarrollo de la cuarta hoja, se midieron variables fisiológicas (temperatura foliar, contenido de clorofilas y su fluorescencia), y de crecimiento (peso, altura y espesor de hojas).

La salinidad afectó significativamente el crecimiento: peso seco de planta (39%), altura (29%) y espesor de hoja (27%) en los 325 genotipos de sorgo. Además, la salinidad afectó algunas variables fisiológicas como índice SPAD, el cual se redujo un 5%, el flujo lineal de electrones (LEF, disminuyó un 7%), rendimiento cuántico del fotosistema II (Φ_{PS2} , se redujo 9%), proporción de luz entrante que es perdido a través de procesos no regulados (Φ_{NO} , aumentó un 17%), proporción de luz que va hacia el apagado no fotoquímico (Φ_{NPQ} , incrementó 47%). Los resultados de este fenotipado, junto con el empleo de herramientas bioinformáticas, servirán de base para la localización de nuevos marcadores moleculares (SNPs) y la identificación de genes candidatos responsables de la tolerancia al estrés por salinidad. El conocimiento de variabilidad feno y genotípica del sorgo, como así también de las variables de respuesta de los cultivos frente a condiciones de estrés salino, contribuirán a la selección y potencial mejoramiento de materiales con tolerancia incrementada a este estrés.

PALABRAS CLAVE: sorgo, salinidad, fenotipado.



**RESPUESTA PRODUCTIVA DE LECHUGA (*LACTUCA SATIVA* L.) AL
HIDROMEJORAMIENTO Y SU EFECTO SOBRE LA SALINIDAD EN UN SUELO BAJO
CUBIERTA PLASTICA.**

Calvo, L. ^{1,2,3*}; R. Andreau, ^{1,2,3}; Etcheverry, M. ^{1,3}, W. Chale ¹, P. Etchevers ¹

¹. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata (UNLP). ². Instituto de Ingeniería y Agronomía. Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ). ³. Laboratorio de Física de Suelos (LAFIS-UNLP). *lcalvo@agro.unlp.edu.ar

RESUMEN: La lechuga es una hortaliza muy difundida en los cinturones verdes de las grandes ciudades, cultivada tanto a campo como bajo cubierta. Es sensible al déficit hídrico y a la salinidad, por lo que optimizar el manejo del riego constituye un importante aporte tanto económico para el productor, como ambiental para los agroecosistemas bajo riego. El Cinturón Hortícola Metropolitano de Buenos Aires abastece a 13 millones de personas. La producción se realiza mayoritariamente bajo cubierta plástica, utilizando riego por goteo con agua subterránea, la cual presenta altos contenidos de bicarbonatos y sodio; además se caracteriza por un uso desmedido de insumos (fertilizantes, plaguicidas y abonos) que deterioran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, conllevando a la merma de rendimientos de los cultivos. Una práctica habitual en la zona, es destechar los invernaderos, para permitir que las precipitaciones atmosféricas laven los suelos, dada la alta acumulación de sales y sodio que impiden el desarrollo de cultivos o disminuyen marcadamente su rendimiento. La incorporación de agua de lluvia al sistema de riego sería una técnica alternativa sustentable de manejo para mitigar o remediar esta problemática. Con la finalidad de evaluar el impacto de la incorporación del agua de lluvia al riego por goteo, se llevó adelante en la campaña 2023 un ensayo, con diseño en bloques completos al azar, cuyo objetivo fue evaluar el rendimiento de un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo cubierta plástica en La Plata, incorporando agua recolectada de lluvia al riego por goteo: tratamiento 1 (T1) se utilizó partes iguales de agua de pozo y lluvia, tratamiento 2 (T2) se utilizó agua de pozo y dos láminas de lavado con agua de lluvia y el tratamiento 3 (T3) se utilizó solamente agua de pozo. El agua de lluvia se recolectó desde los techos de los invernaderos en un reservorio de 17.7 m³ y fue conducida mediante bomba centrífuga a las cintas de goteo con emisores distanciados a 10 cm. La cosecha del cultivo se realizó de forma manual, obteniendo valores de peso por planta individual. Se determinó en laboratorio la conductividad eléctrica (CE) a 0,2 m en el centro de los lomos, al inicio del cultivo (CE_i=5,2 dS.m⁻¹) y al final del mismo (CE_f). Los resultados del análisis estadístico arrojaron una diferencia significativa (Tukey, p≤0,05) en cuanto al rendimiento del T1 (24,78 t/ha) y T2 (22,53 t/ha) respecto al T3 (19,31 t/ha), en correlación con esos resultados las CE_f también fueron significativas (p<0,05) de los T1 (3,4 dS.m⁻¹) y T2 (4,1 dS.m⁻¹) respecto al T3 (4,9 dS.m⁻¹). Se concluye que la utilización de agua de lluvia incorporada al riego por goteo generó una respuesta positiva en el rendimiento, asociado a la reducción de la conductividad eléctrica; y sería una técnica posible de emplear en cultivos bajo cubierta plástica, mitigando el efecto de la salinidad.

PALABRAS CLAVE: Lechuga, Salinidad, hidromejoramiento.



VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD
II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los
ambientes y la producción”



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

**SALINIDAD DEL SUELO Y ESTRATEGIAS DE SU MANEJO EN EL CULTIVO DE
CEBADA (*Hordeum vulgare*)**

Capac Quiroz, F.^{1*}, E. Alaluna^{1,2}, S. Aguero- Aguilar³, G. Lopez.⁴

¹ Escuela de Postgrado UNALM, Especialidad de Riegos y Drenaje, Av. La Molina, S/N. Lima 15012, Perú

² Molinos & CIA S.A. Av. Los Ingenieros, S/N. Lima 15012, Perú

³ Instituto de Biología del Suelo. Calle Continental C-19. Lima 15012, Perú

⁴ Forest Soil. Av Javier Prado Este 6915, Lima 15012, Perú

fortincapacquiroy@gmail.com*

¹ Escuela de Postgrado UNALM, Especialidad de Riegos y Drenaje, Av. La Molina, S/N. Lima 15012, Perú

² Molinos & CIA S.A. Av. Los Ingenieros, S/N. Lima 15012, Perú

³ Instituto de Biología del Suelo, SAC, Calle Continental C-19. Lima 15012, Perú

⁴ Forest Soil EIRL, Av. Javier Prado Este 6915, Lima 15012, Perú

fortincapacquiroy@gmail.com*

RESUMEN: La salinidad de los suelos es un problema que afecta a millones de hectáreas alrededor del mundo y la tendencia sigue en aumento. Los suelos de la costa peruana en los últimos años han incrementado la limitación para el manejo de suelos por problemas de salinización. El valle de Pisco, ubicado en el departamento de Ica (17 msnm) pertenece a desierto (ZHV) y presenta 24,383 hectáreas de superficie de suelos con aptitud para riego; sin embargo, existen 7,500 hectáreas afectadas por salinidad y mal drenaje. Estos suelos son de importancia para uso en sembríos de cultivos de agroexportación como los frutales y hortalizas. El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar mejoradores de suelos salinos y su efecto en la biometría del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*). La ubicación del ensayo experimental fue a 250 msnm, distrito Ate, Ciudad y Departamento Lima, bajo condiciones ambientales ejecutado de noviembre 2021 a enero 2022. El experimento aplicó en suelo salino de uso agrícola colectados de la Provincia de Pisco, caracterizado como textura franco arenoso, CE 18.8 dS/m, pH 8.27, %Materia orgánica 0.69, P disponible 48.80 ppm, %N total 0.04, K disponible 373.80 ppm, %Porcentaje Sodio Intercambiable (PSI) 8.79. Los mejoradores de suelos salinos aplicados fueron: yeso agrícola (YA), ácidos húmicos Ekokraft (AH), estiércol de lombriz comercial (EL) y fertilizante NPK (Poly-Feed 21-21 + microelementos). El diseño experimental correspondió a un DBCA, siendo 8



AGRONOMIA
FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



International Union of Soil Sciences®

tratamientos y 3 repeticiones. La unidad experimental fue 1.5 kg de suelo salino + 10 semillas de cebada. Tratamientos: T1 (testigo), T2 (210 -210- 210 ppm NPK), T3 (400 ppm YA), T4 (200 ppm AH), T5 (400 ppm yeso + 210 -210- 210 ppm NPK), T6 (200 ppm AH + 210 - 210- 210 ppm NPK), T7 (200 ppm AH + 400 ppm YA + 210-210-210 ppm NPK) y T8 (5 g EL .kg suelo⁻¹ + 400 ppm YA + 210-210-210 ppm NPK). A los 40 días después de siembra se evaluaron los parámetros biométricos: % materia seca (radicular, foliar y total) y altura de planta (cm). Los resultados fueron para materia seca total (%): 20.47 (T7) > 19.33 (T8) > 15.63 (T6) > 15.0 (T4) > 13.43 (T3) > 13.33 (T1) > 13.03 (T2) > 11.90 (T5). La altura de planta (cm): 8.60 (T7) > 8.27 (T4) > 8.10 (T8) > 7.97 (T6) > 7.47 (T1) > 7.43 (T3) > 6.27 (T2) > 5.13 (T5). Los análisis de datos aplicados para las variables materia seca radicular y altura de planta con la correlación de Pearson (0.01) fue de 0.637 interpretándose aceptable. En cuanto a los tratamientos, la Prueba de Tukey ($p > 0.05$) aplicada para la materia seca total demuestra que existe diferencias significativas para T7 y T8 en relación al resto, siendo T5 de efecto negativo respecto a T1. Se resalta que T2 y T5 no incluían fuentes orgánicas. El uso de mejoradores de suelos extremadamente salinos favorecen el mejor desarrollo de los cultivos cuando estos interaccionan con yeso, fuentes orgánicas y nutrición mineral dependiendo de su adaptación, tolerancia y eficiencia radicular.

PALABRAS CLAVE: suelos agrícolas, materia orgánica, mejoradores de suelos salinos, manejo de la salinidad.

EVALUACIÓN DE DIFERENTES ECOTIPOS DE RÚCULAS EN INVERNADERO BAJO CONDICIONES DE SALINIDAD EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA, ARGENTINA.

Carassay, L.R.¹, D. Bustos², O.A. Siliquini¹, S. Abascal¹, D.C. Aymar¹

¹Facultad de Agronomía (UNLPam); * Ruta Nacional 35, km 334, Prov. de La Pampa

²Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV-UDEA, INTA-CONICET).

lucianocarassay@agro.unlpam.edu.ar

RESUMEN: El riego generalmente provoca el aumento de salinidad en el suelo, aspecto relevante en la horticultura pampeana, donde la producción se basa en el cultivo de hortalizas de hojas en invernaderos, destacándose la lechuga (*Lactuca sativa*) y la rúcula (*Eruca vesicaria subesp. sativa*) como dos de los cultivos de hoja más relevantes en términos de área cultivada. Es necesario profundizar en los estudios donde es común el riego con agua de alta salinidad. A nivel nacional, son escasas las investigaciones que evalúan los rendimientos en condiciones de salinidad en rúculas cultivadas en invernaderos, lo cual es un aspecto crucial para abordar la problemática y generar un desarrollo tecnológico sustentable. El objetivo del presente trabajo fue generar conocimiento sobre variedades comerciales de rúcula comparadas con el ecotipo salvaje o wild type (WT) y su tolerancia a la salinidad, buscando generar tecnologías destinadas a mejorar/mitigar los efectos de este estrés. Se evaluaron en invernadero del tipo macrotúnel diferentes variedades comerciales de rúcula: 3 variedades cultivadas, 1 de hoja ancha y la WT. En invernadero, se sembraron las variedades en doble hilera separadas por 20 cm con una densidad de siembra de 10 kg·ha⁻¹, la cosecha fue total cuando las plantas tenían una altura de 10 cm. Los tratamientos fueron: rúcula regada con agua salina (S), que presentó una conductividad eléctrica (CE) de 2,68 dS·m⁻¹ y control (C) regadas con agua tratada con equipo de ósmosis inversa con 0,83 dS·m⁻¹. Todas las variedades fueron tolerantes a la salinidad, ya que la disminución de S con respecto a C no superó el 17% en todos los tratamientos, la variedad de hoja ancha fue la más rendidora (1,8 Kg·m⁻²) y no presentó diferencias ($p \leq 0,05$) con respecto a S (1,4 Kg·m⁻²); WT (hoja fina) no presentó diferencias con el resto de las variedades de hoja fina, y como resultado interesante no hubo diferencias ($p \leq 0,05$) entre C (1,1 Kg·m⁻²) y S (0,97 Kg·m⁻²). Por otra parte, cabe mencionar que los rendimientos del WT, no fueron despreciables y fueron comercializados sin problemas en las ferias de uno de los productores donde se replicó el presente ensayo. Es importante alternar la rúcula con la lechuga en invernaderos donde existe la problemática de salinidad, por otra parte, los resultados obtenidos con el ecotipo WT hacen de éste un material promisorio para el estudio de los mecanismos fisiológicos involucrados en la tolerancia a salinidad.

PALABRAS CLAVE: salinidad, rúcula, invernaderos.

SALINIZACIÓN-SODIFICACIÓN DEL SUELO EN MONTE DE OLIVOS DEL SUDOESTE BONAERENSE

Comezana M.¹, R. García¹, L. Goñi¹, L. Suñer^{1y2}

¹Dpto de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, ²Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) San Andrés 800, Bahía Blanca, Prov. de Bs As., lsuner@criba.edu.ar

RESUMEN: La salinización y la sodificación de los suelos son uno de los problemas asociados al riego, en particular en las regiones áridas y semiáridas. A nivel nacional, no ha existido un proceso sistemático de monitoreo de la afectación por salinidad y sodicidad de suelos irrigados. Por otra parte, la producción del olivo se incrementa con el aporte de agua de riego en momentos fenológicos críticos. Esto se ha tenido en cuenta en el sudoeste bonaerense en la implantación de nuevos olivares, ya que existe la presencia de agua subterránea de fácil extracción mediante perforaciones poco profundas, de bajo caudal. Si bien, el olivo tolera mejor la salinidad respecto a otras plantas los valores de conductividad eléctrica (CE) del suelo, para el normal crecimiento y producción del olivo adulto, deberían ser menores a 4 dS m⁻¹. El objetivo de este trabajo fue diagnosticar el riesgo de salinización-sodificación del suelo por el uso de riego complementario. El sitio de estudio corresponde a un monte de olivos de cuatro variedades (arbequina, hojiblanca, coratina y arbosana, tres filas por variedad) implantados en 2021 ubicado en Colonia Napostá (Pcia. Bs. As.). El marco de plantación es de 6 x 4 m, el riego es por goteo con un emisor por planta de 8 L h⁻¹. La textura de 0- 70 cm de profundidad es franca y franco arenosa de 70- 113 cm. Para realizar el diagnóstico se tuvieron en cuenta los resultados de análisis de agua en cinco fechas de muestreo y se realizó un muestreo de suelo en el espacio interfilar de tres sitios del olivar. En el mismo se tomaron muestras simples de suelo a lo largo de todo el perfil, llegando hasta la tosca (0- 100 cm). En estas muestras se determinaron: el pH (relación 1:2,5), la CE, y la concentración de Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ (en el extracto de saturación). Los resultados mostraron que el suelo no presenta problemas de salinidad o sodicidad (CE:<0,54 dS m⁻¹, RAS: ≤3,00). Las muestras de agua mostraron valores entre 1,2 y 1,5 dS m⁻¹ de CE, 11,8 y 17,7 de RAS y 4,6 y 8,4 de carbonato de sodio residual. Según las normas de Riverside (USSS) el agua es altamente salina (C3). En cuanto al sodio se clasifica entre agua media (S2) y alta en sodio (S3). Estudios previos en el sudoeste bonaerense, con agua de similar calidad, mostraron incrementos de 10 veces el valor de RAS del suelo luego de tres temporadas de riego complementario. Se concluye que actualmente el lote no presenta problemas de salinidad, sin embargo dada la calidad del agua de riego es recomendable hacer un monitoreo periódico de la CE, el pH y el PSI del suelo en la línea de riego y de la calidad agua. Para disminuir el riesgo de salinización y sodificación consideramos importante, entre otras medidas de manejo, hacer un diseño en la programación del riego complementario para el cálculo de láminas a aplicar y necesidad de lavado.

PALABRAS CLAVE: olivicultura, manejo olivar, riego complementario.

PÉRDIDAS DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS CULTIVADOS CON DISTINTOS NIVELES DE SALINIDAD EN COMPARACIÓN A SITUACIONES PRÍSTINAS

Díaz, C.C.^{1,*}, H.P. Apezteguía¹, V.G. Maguire²

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias UNC.; ² EEA INTA Manfredi; * Felix Marrone 746. Ciudad Universitaria. (5000), Prov. De Córdoba. caroladiaz@agro.unc.edu.ar

RESUMEN: El sector agropecuario ocupa un lugar protagónico en la búsqueda de la sustentabilidad ambiental. Actualmente, los procesos de producción de alimentos deben tener en cuenta la protección del medio ambiente y en particular el cuidado del recurso suelo. En el noreste de la provincia de Córdoba la expansión agrícola avanza sobre suelos con presencia de sales generando procesos degradativos que afectan la calidad productiva de los mismos. Uno de los indicadores más utilizados para evaluar la calidad del suelo es el Carbono Orgánico (CO), este indicador influye sobre la mayoría de las propiedades químicas y físicas de los suelos. Además, su evolución manifiesta el estado del suelo como fuente o sumidero de carbono a la atmosfera, lo cual se relaciona directamente, en una escala global, con el cambio climático. En este trabajo se estudió la variabilidad de los niveles de CO en suelos con distintos niveles de salinidad bajo cultivo y en situación prístina. Se tomaron muestras en 3 localidades ubicadas al sur de la Laguna Mar Chiquita, Villa Fontana (VF), Balnearia (B) y Miramar (M) dentro de lotes “overos”. El sitio M, es el más extremo en cuanto a salinidad (1 a 30 dS/m) según profundidad, con presencia de alto contenido de sodio (>15 PSI) en algunos casos, mientras que B presenta niveles moderados a altos de salinidad (4 a 15 dS/m) y VF niveles leves (2 a 4 dS/m). Para la toma de muestras se identificó el bosque nativo (G0) y 3 grados de cobertura vegetal: pastura implantada con crecimiento normal (G1), manchón con vegetación de menor crecimiento (G2) y manchón de suelo desnudo o con mínima presencia de vegetación (G3). Se extrajeron muestras compuestas de 15 submuestras en un muestreo al azar estratificado a una profundidad de 0 a 20 cm. Se determinaron en laboratorio los parámetros CO, Conductividad eléctrica en el extracto de saturación (CE) y pH (1:2,5) para cada sitio en 3 repeticiones. Los valores obtenidos de CO, mostraron niveles mayores en el grado de cobertura G0 (bosque nativo) en los 3 sitios en comparación a los otros grados de cobertura G1, G2 y G3. Al comparar G0 con G1 los porcentajes de disminución del CO fueron de 18,75 % para VF, 40,78 % para B y 4,49 % para M. Por otro lado, al comparar G1 con los manchones (G3) los porcentajes de disminución fueron 9,79 % en VF, 18,51% en B y 81% en el sitio con valores más extremos de salinidad. En promedio, fueron mayores las pérdidas de CO cuando se comparó G1 con G3, lo que evidencia la degradación de origen genético característica de los “manchones” en suelos salinos. Se evidenció la pérdida de materia orgánica en estos suelos cuando son intervenidos por la actividad antrópica. Este fenómeno se observa a nivel mundial, siendo la pérdida de carbono orgánico una de las principales amenazas al cambio climático.

PALABRAS CLAVE: suelos salinos, carbono orgánico, cambio climático.

EVALUACION IN VITRO DE LA TECNOLOGIA DE INOCULACION EN CONDICIONES DE SALINIDAD

Galian¹ L.R., N.G.Trejo¹, N.C.Marchessi¹, M.H.Viola¹, G.N.Corvalan¹, L.M.Lopez Garcete¹
D.Diestra Balboa¹, H.Villagra Arroyo¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora;

RESUMEN: La tecnología de la inoculación con bacterias, de la familia *Rhizobiaceae*, es una práctica corriente en el cultivo de leguminosas. En la actualidad el uso de estos bioinsumos podría ser una alternativa para extender los cultivos a regiones limitadas por la salinidad de los suelos. En el marco de la enseñanza de la microbiología agrícola y con el objeto de analizar el comportamiento de cepas de rizobios, provenientes de un inoculante comercial y plantas inoculadas de *Lotus tenuis*, en condiciones de stress salino, se realizaron los siguientes ensayos para propiciar la capacitación de futuros profesionales en esta problemática. Tubos que contenían 20 ml. del medio YEM con 4 niveles de NaCl: T₀: sin NaCl, T₁: con 100 µM, T₂: con 200 µM y T₃: con 300 µM fueron inoculados con una concentración de 10⁴ UFC•ml⁻¹ de *Mesorhizobium*, aislado a partir de un inoculante comercial. Luego fueron incubados en agitación a 180 rpm y 25°C durante 8 días. Para determinar el crecimiento de la biomasa bacteriana a través de la densidad óptica (DO), se tomaron muestras cada 24 hs. hasta el octavo día; se utilizó un espectrofotómetro. Paralelamente se realizaron pruebas de resistencia a la salinidad de plantas de *Lotus tenuis* inoculadas y conducidas in vitro, con los tratamientos citados. El efecto del estrés salino se determinó en base al largo del vástago, radicular y el % de nodulación/planta. Los datos fueron analizados por el programa INFOSTAT empleando el test de Duncan (p<=0.05). Resultados: los valores OD determinados a los 8 días de cultivo, indican que la cepa estudiada, presentó crecimiento similar en T₁ (OD: 0.37) y en T₂ (OD:0.37) (p>0.05). En cambio, en los tratamientos con mayor nivel de NaCl T₂: (OD: 0.14) y T₃ (OD:0.00) mostraron diferencias significativas con respecto a T₀ y T₁(p<0.05) Los resultados en OD fueron corroborados con la determinación del crecimiento microbiano en placa, expresado en UFC/ml., obteniendo T₀:1.5 x10⁹, T₁:1,3x10⁹, T₂ :3x10⁸ y T₃:<1. El efecto sobre el desarrollo in vitro, de la planta de *Lotus tenuis*, sometida a los 4 T, en los parámetros evaluados fueron: Largo del vástago: se observaron diferencias significativas (p<0.05) entre los tratamientos. T₀: 7,11 cm., T₁: 4,86 cm., T₂:1,44 cm., T₃: 0 cm. Largo de raíz: se observaron diferencias significativas (p<0.05) entre el T₀: 6.18 cm. y T₂: 1.09 cm. En cambio, no hubo diferencias significativas (p>0.05) entre el T₀: 6.18 cm. y T₁: 5.60 cm. En cuanto a los datos obtenidos con respecto al porcentaje de plantas noduladas: T₀: 100%, T₁: 100%, T₂:10% y T₃: 0%. Conclusiones: Los datos analizados nos permiten afirmar que 100 µM de NaCl es el límite que permite el desarrollo in vitro de la planta y la instalación de la simbiosis efectiva con los rizobios.

PALABRAS CLAVE: Lotus- Salinidad- Mesorhizobium.

NUTRICION NITROGENADA Y CALIDAD FORRAJERA DE ALFALFA INOCULADA EN SUELOS SALINOS

Gallace, M. E.^{1*}, J. Isasti², L. P. Dalmasso¹, D. Ortiz³, M. L. Molas¹, M. Díaz-Zorita^{1,4}

¹Facultad de Agronomía UNLPam; ²Agronomía Pioneer; ³EEA INTA Anguil; ⁴CONICET

*Ruta Nacional 35, km 334, (6300) Santa Rosa, La Pampa, gallace@agro.unlpam.edu.ar

RESUMEN: La alfalfa (*Medicago sativa* L.) requiere de la adecuada incorporación de cepas seleccionadas de rizobios para alcanzar una eficiente nutrición nitrogenada a través de la fijación biológica del nitrógeno. Esta simbiosis es afectada por factores ambientales tales como la salinidad. Estudios en invernáculo mostraron que la adaptación al estrés salino de la cepa *Ensifer meliloti* B399 le confiere la ventaja para crecer, sobrevivir y fijar nitrógeno en simbiosis con plantas de *Medicago sativa* creciendo en condiciones de salinidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño, a campo, de la cepa *E. meliloti* B399 adaptada a salinidad. En un Haplustol Típico ubicado próximo a Trebolares (La Pampa) se sembraron los cultivares Salina Palo Verde y WL903 con semillas inoculadas con las cepas B399 o B399 adaptada a salinidad. Los tratamientos se dispusieron en parcelas en bloques completos en sectores sin y con presencia moderada de sales en la capa superficial de los suelos, 0,08 y 0,34 mmhos cm⁻¹ respectivamente. Aproximadamente 60 días luego de la siembra se evaluó la cantidad de nódulos en la porción superior de las plantas establecidas al inicio del invierno. Luego de 120 días y a los 180 días desde la siembra, además de observar la nodulación superficial se determinó la producción de biomasa seca aérea, el contenido de nitrógeno y la calidad forrajera de las pasturas. En promedio para ambas variedades, la nodulación al inicio del invierno fue mayor y más frecuente en el sitio salino asociándose este comportamiento a mejores condiciones de humedad durante la implantación. Esta diferencia no se observó durante las evaluaciones de primavera. La producción de materia seca total en los 2 cortes primaverales fue aproximadamente un 70 % menor en presencia de salinidad superficial atribuyéndose a la menor cantidad de plantas logradas en estas condiciones. Al inocular, independientemente de la condición de salinidad y de la cepa aplicada, la producción de biomasa fue entre 4 y 7 % mayor que el control sin este tratamiento. En el suelo salino, la respuesta relativa media a la inoculación fue mayor que en el sitio sin esta restricción al crecimiento de la alfalfa. La producción de nitrógeno, ni los parámetros de calidad del forraje, difirieron entre las condiciones de cultivo y tratamientos de inoculación. Estos resultados validan la importancia de la inoculación para mejorar, independientemente de la cepa introducida, la producción de alfalfa en condiciones de moderada salinidad de los suelos. La adaptación de las cepas de *E. meliloti* al estrés salino requeriría de su análisis en sitios con mayor salinidad para identificar su aporte en condiciones extremas para el crecimiento de la alfalfa.

PALABRAS CLAVE: región semiárida, pasturas, rizobios.



VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

"Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción"



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

IMPACTOS DEL USO DE AGUAS BICARBONATADAS SODICAS EN EL CULTIVO DE TOMATE BAJO CUBIERTA EN EL CINTURON HORTICOLA PLATENSE

Ganganelli, I. M.^{1*}, G. Millan², D. Fanello¹, C.G. Bartoli¹

¹ Instituto de Fisiología Vegetal, CONICET-UNLP; ² Manejo y Conservación de suelos, FCyF UNLP. * inti_ganga@hotmail.com

RESUMEN:

El Cinturón Horticola Platense se destaca como la principal zona de producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo cubierta en Argentina. En esta región, los cultivos de tomate suelen ser irrigados con aguas subsuperficiales que contienen niveles significativos NaHCO_3 . El objetivo del estudio fue determinar y cuantificar efectos de esta sal en cultivos comerciales de tomate bajo cubierta realizados por productores para tener un mejor entendimiento de los fenómenos que suceden en la región.

Para llevar a cabo este objetivo, se desarrollaron 4 ensayos simultáneos en establecimientos productivos. Cada uno de estos contaba con dos ambientes con condiciones contrastantes de productividad. Se analizaron químicamente las aguas de riego y los suelos utilizados como sustrato de cultivo para relacionarlos con efectos en el rendimiento y desarrollo de frutos. Para esto último se realizaron dos muestreos semanales durante todo el ciclo de cosecha para cuantificar el desarrollo floral, número y el peso individual de los frutos. Para los ensayos se tomaron 10 plantas como repeticiones individuales para cada uno de los 8 ambientes totales seleccionados.

Se encontró que las aguas utilizadas sobrepasaron los umbrales recomendados de carbonatos sódicos residuales y sus contenidos de HCO_3^- rondaron entre los 5 y 10 mE/l, los suelos entraron en las categorías de salino sódicos y presentaron en general pHs alcalinos. Al comparar el rendimiento por planta y el peso individual de los frutos entre los ambientes de cada establecimiento se hallaron diferencias estadísticamente significativas. Se encontraron correlaciones positivas entre el pH del suelo y el rendimiento y peso de los frutos. Y en las unidades productivas de bajo rendimiento se presentaron correlaciones positivas entre las concentraciones de HCO_3^- y el rendimiento y peso de los frutos. Las concentraciones de sodio y la RAS (relación de absorción de sodio) no mostraron una correlación negativa con el rendimiento, por lo que parece vislumbrarse que los efectos de la sal estudiada vienen principalmente de su anión (HCO_3^-) y las alteraciones que pudiese generar, más que de efectos intrínsecos del Na^+ . Se pretende repetir el experimento otro ciclo productivo para reforzar los datos y confirmar conclusiones.

PALABRAS CLAVE: Tomate, Cinturón Horticola, bicarbonato de sodio.



EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A ESTRÉS SALINO EN GENOTIPOS NOVEDOSOS DE BUFFEL GRASS (*CENCHRUS CILIARIS* L.)

Gonzalez, M.¹, F.A. García Seleme⁴, U.M. Hernández³; E. López Colomba^{2,3*}

¹Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba; ²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Córdoba; ^{3,*}Unidad de Estudios Agropecuarios, INTA-CONICETc, Av. 11 de Septiembre 4755, Córdoba; ⁴ Cátedra de Estadística y Biometría, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba; lopezcolomba.eliana@inta.gob.ar

RESUMEN: En Argentina, se reportan unas 13 millones de hectáreas de suelos afectados por sales en el perfil, siendo la región de ambiente cálido árido y semiárido una de las más afectadas. El desarrollo de nuevas variedades forrajeras tolerantes a estas condiciones resulta de interés para gran cantidad de productores ganaderos. Con este objetivo, se evaluaron seis genotipos de Buffel Grass (*Cenchrus ciliaris* L.) obtenidos a través de mutaciones inducidas (J25, J26, J28, J33, J39 y J40) y un cultivar comercial (Biloela), en ensayo de hidroponia, con solución nutritiva Hoagland y la adición de una solución de NaCl (400 mM) para simular estrés salino. Se midieron parámetros moleculares, bioquímicos, fisiológicos y morfo-agronómicos y se estimó un índice de daño por salinidad a partir de los valores promedio del control. Asimismo, se realizó un análisis de componentes principales (ACP). Los parámetros se evaluaron realizando un ANAVA y test de Di Rienzo, González y Casanoves (DGC) empleando el software InfoStat. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para peso seco aéreo mientras que no hubo diferencias entre genotipos para altura y peso seco radicular. Asimismo, se observaron diferencias para la expresión de genes del sistema antioxidante entre J26 y Biloela, siendo relevante la expresión diferencial de catalasa (CAT), superóxido dismutasa (SOD) y ascorbato peroxidasa (APX). Los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2) del ACP explicaron el 90% de la variabilidad total en los datos (coeficiente de correlación cofenética = 0,999). La CP1 del biplot reveló que los parámetros morfo-agronómicos como altura (0,36), peso seco aéreo (PSA) (0,36) y peso seco radicular (PSR) (0,37) y la expresión del gen CAT (0,26) se correlacionaron entre sí y se asociaron positivamente con ambos genotipos en el tratamiento control. Contrariamente, J26 y el cv. Biloela en condiciones de estrés salino, estuvieron fuertemente asociados con la expresión de los genes SOD (-0,37) y APX (-0,36). El genotipo J26 fue el menos afectado por la salinidad, presentando buen comportamiento también los genotipos J40 y J28. Estos materiales resultan ser promisorios para ser incorporados a un programa de mejora genética con énfasis en la búsqueda de tolerancia a salinidad en esta especie forrajera.

PALABRAS CLAVE: pasturas megatérmicas, estrés abiótico, mutaciones inducidas.

DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAVADO EN PARCELA DEMOSTRATIVA CON DRENES ENTERRADOS

Gonzalez A.¹, Mendía J.M ¹, Serventi M ¹, Roca J.C.¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue Ruta Nacional N° 151
km 15, (8303) , Prov. de Río Negro. juancarlosroca0608@gmail.com

RESUMEN: El abandono de las tierras regadas en el Alto Valle de Río Negro, forma parte del conflicto entre el uso urbano-rural de la tierra bajo riego que, por consideraciones económicas y con el transcurso del tiempo, dejan de estar en producción y son solicitadas para otros usos: residencial, comercial e industrial y en algunas situaciones para el desarrollo de la actividad hidrocarburífera. El ensayo se realizó en un módulo del campo experimental de nuestra Facultad con una superficie de 5000 m², con un suelo clasificado como Aquic haplocalcid y un diseño de sistema de cultivo en dos franjas con riego por manto y una franja aledaña que permanece abandonada hace más de 15 años (sin riego). En una de las franjas con riego se instalaron 3 drenes a 0.90 m de profundidad, con pendiente 0,1 % y con distanciamiento a 12 m. mientras que la otra franja se regó sin colocación de drenes. La aplicación de agua en las franjas irrigadas (Strip Cropping Irrigation), con presencia de nivel freático cerca, permite la lixiviación del agua de percolación y la salinidad del suelo puede controlarse a un nivel aceptablemente bajo. El valor inicial de salinidad media ponderada hasta 50 cm en el suelo era de 10.30 dS/m y resultado para la zona sin dren y con drenes luego del tratamiento fue de 8.30 y 3.5 dS/m, respectivamente. El cálculo de la eficiencia de lavado se efectuó mediante la toma de muestras de agua de percolación en la descarga del tubo central de drenaje durante los tres días posteriores a la aplicación de la lámina de lavado, sobre el cual se le midió la $CE_{\text{Percolación}}$ y se aplicó la fórmula

$$EFI = CE_{\text{Percolación}} / CE_e$$

a 3 días del lavado se obtuvo $CE_{\text{Percolación}} = 1.71$ dS/m y $CE_e = 3.52$ dS/m y cuyo resultado es 0.486 de eficiencia de lavado. Este valor se puede utilizar como referencia para los cálculos teóricos respecto del mejoramiento que puede haber en la técnica de saneamiento con drenajes enterrados y sin este tratamiento.

PALABRAS CLAVE: Saneamiento suelos salinos, saneamiento drenes enterrados, eficiencia de lavado.

USO DE AGUAS SALINO-SÓDICAS PARA IRRIGAR UN OLIVAR EN UN PALEUDOL PETROCÁLCICO

Goñi, L.¹, R. J. García¹, M. Comezaña¹, A. Rodríguez¹ y L. Suñer^{1y2}

¹Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur. ²Comisión de Investigaciones Científicas, Pcia Bs As San Andrés 800. 8000. Bahía Blanca. leandro.goni@uns.edu.ar.

RESUMEN: El exceso de sodio en el suelo puede afectar sus propiedades físicas y químicas, y por ende, su estructura e indirectamente el rendimiento de los cultivos. Una alternativa para medir la concentración de sodio es hacerlo en la solución del suelo mediante la relación de adsorción de sodio (RAS), parámetro que relaciona la cantidad de este catión, respecto al calcio y al magnesio. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la utilización de agua para riego con altos niveles del sodio y su relación con el rendimiento de plantas de olivo. El estudio se llevó a cabo en un suelo que clasifica como Paleudol petrocálcico y tiene una secuencia Ap-A2-Bt-BCK. Las plantas fueron irrigadas con un sistema de riego por goteo y el agua de riego utilizada tenía una conductividad eléctrica de 2,1 dS m⁻¹ y RAS de 23. El muestreo se realizó luego de la temporada de riego y finalizada la cosecha en dos sitios con plantas de 4 y 6 años respectivamente, coincidente con los años de riego. Las muestras se obtuvieron debajo del gotero para cada planta y en 9 plantas por sitio. Se determinó RAS en todos los horizontes del perfil y se utilizó el rendimiento por planta en kg m⁻³ de copa para estudiar las relaciones entre variables. En las plantas con 6 años de riego, el RAS se incrementó desde el horizonte Ap hasta el Bt, con una media de 19,2 y 26,5, respectivamente. Los muestreos en la plantación con 4 años de riego no mostraron diferencias significativas, con una media entre 13,7 y 15. Sin embargo, se observó que el rendimiento por m³ de copa fue mayor en las plantas con menos años de riego, con una media de 5,6 kg m⁻³ de copa, en relación a 4,8 kg m⁻³ en las plantas con 6 años de riego. En otro estudio realizado por el grupo de trabajo (datos sin publicar) en plantas con 8 años de riego, también se observó que las sales se acumularon en el horizonte Bt. Sin embargo, los valores de RAS no se incrementaron, sino que fueron similares a los descriptos anteriormente. Estos resultados indican que, si bien el sistema de riego utilizado mantiene los niveles de salinidad dentro del bulbo húmedo por debajo de los valores críticos para el cultivo del olivo, al finalizar el ciclo de riego las sales continúan acumulándose y consecuentemente pueden afectar el rendimiento del cultivo. No obstante, habría que realizar un seguimiento más extenso y con mayor cantidad de años de riego.

PALABRAS CLAVE: sodio, olivo, riego.

**EL pH EDÁFICO INFLUYE EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE PASTO GUINEA
(*Megathyrus maximus* cv.) BAJO FERTIRRIEGO**

Ipaz, C.M.^{1*}, L.F. Gómez¹, J. L. Tauta²

¹ Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA). Centro de investigación Motilonia. Dirección oficial: km 5 vía Becerril, Agustín Codazzi, Colombia. C. P. 202050. cipaz@agrosavia.co

² Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA). Centro de investigación Tibaitatá. Dirección oficial: km 14 vía Mosquera – Bogotá, Colombia. C. P. 250047.

RESUMEN:

Los suelos del Cesar en general presentan altos porcentajes de degradación y una baja capacidad productiva, por lo que para su manejo se hace necesario la implementación de tecnologías como la fertirrigación, con el fin de mejorar la capacidad productiva del suelo de forma sostenible. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del pH en un suelo (*Typic Haplustepts* franco isohipertérmico micáceo cuarcítico 0 - 1%), con la aplicación de fertirriego por pivote central, sobre la producción de biomasa en pasto Guinea (*Megathyrus maximus* cv. Agrosavia Sabanera), bajo condiciones del Caribe seco colombiano, en el departamento del Cesar. Se determinaron los tratamientos fijando 5 rangos de pH; dentro de cada rango se establecieron tres parcelas experimentales bajo un diseño completamente aleatorizado. Las variables evaluadas fueron: productividad hídrica (WP), producción de materia seca (MS), forraje verde (MV), porcentaje de materia seca (% MS), altura del tallo, altura de la planta y contenido de macro y microelementos del forraje. En el suelo se determinó la densidad aparente, pH, conductividad eléctrica (CE) e infiltración. La WP fue mayor a 2.83 kg/m³ y la MS superó los 0.72 kg/m² con pH del suelo inferior a 7.8 ($p < 0.05$); a un pH entre 5.5 y 7.8 la asimilación de nitrógeno, potasio y calcio fue mayor ($p < 0.1$); se observó mayor desarrollo de la planta en el suelo con pH entre 5.5 y 6.9 ($p < 0.05$); en relación con las propiedades edáficas se observó una correlación positiva entre la infiltración y el crecimiento del tallo y una correlación negativa del crecimiento del tallo frente al pH, la CE y la asimilación de manganeso ($p < 0.1$); la producción de biomasa del pasto *Megathyrus maximus* cv. Agrosavia Sabanera es favorable cuando el suelo presenta un pH entre 5.5 y 7.8.

PALABRAS CLAVE: CALIDAD DEL SUELO, FORRAJE, NUTRICIÓN DE CULTIVOS.

DINÁMICA DE AGUAS SUBSUPERFICIALES EN EL OESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES**Macchiavello, A.^{1*}, C. Álvarez², E. Noellemeyer³, H. Videla Menesegue⁴**

¹ AER INTA Gral. Villegas; * San Martín 26, General Villegas, Buenos Aires, ² AER INTA Gral. Pico, ³ UNLPam, ⁴ AER INTA Labolulaye.

* macchiavello.a@inta.gob.ar

RESUMEN: Gran parte de la llanura pampeana Argentina presenta niveles freáticos cercanos a la superficie que, junto a los excesos hídricos, producen a menudo inundaciones provocando un fuerte impacto sobre los ecosistemas. El propósito de este estudio fue conocer la dinámica del nivel freático y su correlación con las precipitaciones en el oeste de la provincia de Buenos Aires, caracterizando eventos de inundación, identificando riesgos hídricos por el nivel freático cercano a la superficie, mediante el empleo de un modelo estadístico. Esta herramienta permitió el seguimiento e identificación de áreas afectadas por anegamiento e inundaciones. Se determinaron los alcances de los eventos para elaborar alertas tempranas para mitigar la incidencia de estos eventos extremos. Se recabó y compiló series temporales de datos de nivel freático a partir de la toma de datos de freatómetros distribuidos en General Villegas. Se determinó una asociación alta del nivel freático con la posición del paisaje (loma, media loma y bajo) en la serie de años analizada. General Villegas ha sufrido inundaciones con cierta periodicidad, provocadas por las precipitaciones y por el consecuente ascenso del nivel freático que se produce. Se estudió los efectos de las inundaciones, mediante el análisis de imágenes satelitales (Landsat 5,7,8) en el área y se hallaron oscilaciones de la superficie cubierta por agua con valores extremos de 0,50 % y 8,24 %, apreciándose que el 46,6 % de los años evaluados presenta algún síntoma de anegamiento. Se calibró un modelo sencillo que relaciona precipitación, evapotranspiración potencial y porosidad drenable del suelo con la variación del nivel freático. Los valores medios de nivel freático simulado y nivel freático observado fueron similares, lo respaldó la calibración y validación del modelo estadístico. En todos los sitios estudiados se presentaron altas consistencias, con valores promedios de RRMSE: 36,66 cm; RMSE: 36,97 % y $d=0.96$. En General Villegas el aumento en la frecuencia de eventos generalizados de exceso hídrico provocó consecuencias en los ecosistemas locales. La dinámica del área inundada y del nivel freático manifestaron un estrecho acoplamiento durante el período de estudio, siendo la precipitación la variable que mayor influencia presentó sobre los ciclos de inundación ($R^2=0,55$; $p<0,005$). Estos eventos, son el resultado combinado de diversos factores, como las precipitaciones, el nivel freático, la topografía y el tipo de suelo de cada lugar. Es importante tener en cuenta que la dinámica de las inundaciones de General Villegas incrementó su frecuencia en los últimos años. Considerando esta característica del proceso, sería importante implementar un sistema de alerta temprana de seguimiento y minimizar el impacto indeseado de las inundaciones, la posterior salinización y/o sodificación de los suelos, condición que puede agravarse ante un manejo inadecuado, siendo la resultante final la pérdida de la capacidad productiva de la región.

PALABRAS CLAVE: nivel freático, inundaciones, modelos estadísticos.



VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD

II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

"Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción"



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

CALIDAD DEL AGUA Y ABONO ORGÁNICO EN LECHUGA CULTIVADA EN DOS SUELOS DE LA PAMPA: FRACCIONES ORGÁNICAS

Huespe, D.S.^{1*}, J.A. Galantini², L.M. Baraldi³, C. Álvarez¹.

¹EEA INTA "Guillermo Covas" Anguil, La Pampa, Ruta Nacional 5, km 580 (6326), ²Comisión de investigaciones Científicas (CIC), CERZOS, Dpto. Agronomía (UNS), Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, ³LABSPA (CERZOS; CONICET -UNS).
huespe.daiana@inta.gob.ar

RESUMEN

El objetivo de este estudio, fue analizar cómo el riego con agua de diferente calidad y la aplicación de abono orgánico, afectan las fracciones de carbono orgánico total (COT) en dos suelos característicos del centro de La Pampa. Se analizaron dos suelos del centro de La Pampa, uno arenoso y otro franco arenoso. El diseño estadístico fue completamente aleatorizado. Se regó con agua de dos calidades diferentes con conductividad eléctrica (CE) de 1,0 y 2,0 dS m⁻¹. Se aplicó una dosis de 100 kg N ha⁻¹, usando tres combinaciones de las fuentes abono orgánico y urea: C0 (100:0), C2 (70:30) y C4 (40:60). Se evaluó el cultivo de lechuga durante 4 ciclos consecutivos durante los años 2020 y 2021, con 5 repeticiones en cada ciclo. Se determinó el COT y sus fracciones en base al fraccionamiento físico por tamaño de partícula. Después de los cuatro ciclos del cultivo, se vio una interacción significativa entre los suelos. Se observó un aumento significativo en el contenido de COT debido al uso de abono orgánico, en el suelo arenoso con diferencias significativas entre los tratamientos C0 y C4 con valores de 0,57 y 0,65 g COT respectivamente cuando se regaron con agua de CE de 1,0 dS m⁻¹, y entre los tratamientos C0 y C2 con valores de 0,57 y 0,62 g COT respectivamente, cuando se utilizó agua de CE 2,0 dS m⁻¹. En el suelo franco arenoso, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos regados con agua de CE 1,0 dS m⁻¹ y CE 2,0 dS m⁻¹. En relación al efecto del abono, se hallaron diferencias significativas en los tratamientos C2 y C4 con valores de 1,16 y 1,36 g COT cuando se utilizó agua de CE 2,0 dS m⁻¹. Se observó una descomposición más rápida del carbono orgánico particulado grueso (COPg) en los tratamientos C2 en comparación con C0 en el suelo arenoso, mientras que en el suelo de textura fina hubo mayor proporción de COPg en los tratamientos C4. Se encontraron diferencias significativas en las relaciones entre las fracciones orgánicas según la textura del suelo. La relación COPg+f/COT fue mayor en el suelo arenoso con valores de 0,33 y 0,42, en comparación con el suelo franco arenoso con valores entre 0,27 y 0,32. Los resultados muestran que tanto la COP/COT y el Índice de labilidad (IL) fueron sensibles para poner en evidencia el suelo arenoso y el índice de carbono orgánico (ICO) fue sensible para evidenciar diferencias en el suelo franco arenoso. Sin embargo, la complejidad de las interacciones entre suelo abonado y regado con agua salina, requerirán mayor cantidad de estudios para seleccionar el indicador más sensible.

PALABRAS CLAVE: Fracciones orgánicas, textura.

INTRODUCCION

En la provincia de La Pampa, la producción hortícola comparada con otras actividades como la ganadera o agrícola es relativamente nueva (INTA, 2011), representa menos del 5% del consumo provincial y existe una demanda insatisfecha



AGRONOMIA
FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



International Union of Soil Sciences®

en cuanto a la calidad y cantidad de hortalizas. La producción intensiva implica el uso constante del suelo a través de la sucesión continua de cultivos, el riego con agua de diferente calidad y prácticas culturales inadecuadas, como el manejo incorrecto de la fertilización. Estas prácticas pueden provocar la pérdida de calidad del suelo y afectar la productividad de los cultivos (Bongiovanni Ferreyra *et al.*, 2015). El contenido de carbono orgánico total (COT) es un buen indicador de la calidad o de la fertilidad del suelo, sin embargo, las fracciones de CO más sensibles son mejores indicadores ya que el carbono orgánico asociado a la fracción mineral (COM) es mayor pero estable y el carbono orgánico particulado (COP) es menor pero dinámico (Galantini *et al.*, 2002). El contenido y la calidad del COT son influenciados por la textura del suelo (Buschiazzo *et al.*, 1991 & Galantini *et al.*, 2004). Una forma de abordar estos problemas es mediante la aplicación de residuos orgánicos compostados al suelo ya que, permite regenerar a mediano y largo plazo las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Balcaza, 2010; Iocoli *et al.*, 2017). Sin embargo, la respuesta a la incorporación de los residuos es variable y depende del cultivo, tipo de suelo, factores climáticos, prácticas de manejo y de las características del material utilizado (Albiach *et al.*, 2001). En este estudio el objetivo fue analizar cómo el riego con agua de diferente calidad y la aplicación de abono orgánico afectan las fracciones de COT en dos suelos característicos del Centro de La Pampa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la huerta demostrativa de la Agencia de extensión rural INTA General Acha, La Pampa, Argentina (37°36'44,381" 64°56'64,995"), Km 28 RN 152. El diseño estadístico fue completamente aleatorizado, se analizaron dos suelos de texturas diferentes, uno arenoso y otro franco arenoso. Se regó con dos calidades de agua con conductividad eléctrica (CE) de 1,0 y 2,0 dS m⁻¹. Se aplicó una dosis de 100 kg N ha⁻¹ usando tres combinaciones de las fuentes abono orgánico y urea. Se evaluó el cultivo de lechuga, variedad Sicilia dentro de un túnel alto, en macetas de 1 litro. Se evaluó el cultivo durante 4 ciclos consecutivos, durante los años 2020 y 2021, con 5 repeticiones en cada ciclo.

Suelos utilizados

Se seleccionaron dos suelos contrastantes y característicos de la región. El suelo arenoso fue recolectado en el establecimiento rural "Colonia Lía" en General Acha y el suelo franco arenoso en el campo de la Estación Experimental Agropecuaria "Ing. Agr. Guillermo Covas" Anguil de INTA. Para la caracterización de los suelos en estudio, se presentan los valores de algunas propiedades de los suelos de las dos texturas en la profundidad 0- 20 cm. Detalles sobre textura (Tabla 1), caracterización química (Tabla 2) y caracterización salina (Tabla 3), se encuentra en Huespe *et al.*, (2023a). Se determinaron las fracciones orgánicas del COT en base al fraccionamiento físico por tamaño de partícula, el cual consistió en el tamizado en húmedo del suelo (Cambardella & Elliott, 1992; Galantini, 2005). Se utilizaron 50 g de suelo (previamente seco al aire y tamizado a 2 mm) y se colocaron en recipientes de vidrio de 120 ml con 100 ml de agua destilada, con diez bolitas de vidrio (5 mm de diámetro). Las muestras fueron sometidas a dispersión mecánica a través de un agitador rotatorio durante aproximadamente 16 horas para desintegrar los agregados. El tamizado se realizó con un par de tamices de 53 μ m y 105 μ m de abertura de malla, hasta que el agua que sale por el tamiz inferior (53 μ m) fuera clara a simple vista. De esta manera se obtuvieron tres fracciones con características diferentes, fracción gruesa (FG, 105-2000 μ m) en la que se encuentra el carbono orgánico particulado grueso (COPg) y las arenas medias y



gruesas; fracción media (FM, 53-105 μm) constituida por el carbono orgánico particulado fino (COPf) y las arenas muy finas y la fracción fina (FF < 53 μm) la cual contiene el carbono orgánico asociado a la fracción mineral (COM) más limo y arcilla. El material retenido en cada tamiz fue transferido a cápsulas de aluminio, secado a 105°C en estufa durante 24 horas para su posterior pesaje. Los contenidos de C en la fracción gruesa (COPg) representa los residuos semitransformados más recientes, en la fracción media (COPf) son los residuos más transformados por la actividad biológica, y los que llevan más tiempo en el suelo. Mientras que el COM, es la fracción más estable y posee mayor tiempo en el suelo. Las fracciones se determinaron utilizando la misma metodología que el COT:

$$\text{COPg (\%)} = (\%C \text{ fracción gruesa} \times \% \text{fracción gruesa}) / 100,$$

$$\text{COPf (\%)} = (\%C \text{ fracción fina} \times \% \text{fracción fina}) / 100,$$

$$\text{COM (\%)} = \% \text{COT} - (\% \text{COPg} + \% \text{COPf}).$$

El carbono en el suelo entero y en las diferentes fracciones fueron determinados por combustión seca (LECO, St. Joseph, MI).

Agua

El agua de riego proveniente de Chacharramendi (La Pampa), se diluyó en dos calidades de CE 1,0 y 2,0 dS m^{-1} . Según el diagrama de Piper es un agua clasificada como clorada cálcica (S1C4). Detalles de la caracterización química del agua (Tabla 4) en Huespe *et al.*, (2023c).

Dosis de abono orgánico

Se fertilizó con residuos biotransformados en base a cebolla y estiércol de vaca como abono orgánico y urea como abono de síntesis química. Los tratamientos de fertilización fueron expresados en kg ha^{-1} de Urea:Abono orgánico C0 (100:0), C2 (70:30) y C4 (40:60) para igualar una dosis de 100 kg N ha^{-1} . Detalles de las dosis en (Tabla 1) Huespe *et al.*, (2023a).

Cálculo de indicadores

Se analizaron los siguientes índices: COPg/COPf, COPg+f/COT (Galantini *et al.*, 2002), el índice de Carbono Orgánico (ICO) (Quiroga *et al.*, 2006), el cual representa el COM/limo+arcilla y el índice de Labilidad (IL), que representa la relación del C lábil y el C no lábil, es decir COP/COM. Además, se utilizó como un indicador del grado de transformación, la relación entre fracciones orgánicas teniendo en cuenta que la transformación física de los materiales orgánicos del suelo sigue la secuencia COPg:COPf:COM (Galantini *et al.*, 2016). Esta relación daría una idea de la velocidad en la que se transforman los materiales orgánicos del suelo, poniendo en evidencia cambios en la proporción relativa de las diferentes fracciones.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2020). Los datos se presentan como medias en cada uno de los suelos. Las diferencias en los resultados afectados por las diferentes calidades de agua, así como la interacción entre ellos, se evaluaron mediante análisis de la varianza (ANOVA) y la comparación de medias de tratamientos fue analizada por el test de Fisher con un nivel de significancia del $\alpha \leq 5\%$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio realizado después de cuatro ciclos consecutivos de cultivo de lechuga reveló una interacción significativa entre los suelos y todos los tratamientos en relación a diversas propiedades evaluadas. Se encontró que los tratamientos tuvieron efectos diferentes en la mayoría de las propiedades entre los suelos.

En el suelo arenoso el COT se vio modificado significativamente por la dosis de abono orgánico aplicada y por el agua salina (Tabla 1). Cuando se analizó en detalle



el comportamiento de las fracciones orgánicas, el efecto del agregado de abono orgánico se concentró en el COM. Teniendo presente que el nivel de COT es el resultado del balance entre el carbono aportado en el abono, el carbono aportado por la biomasa (principalmente raíces de la lechuga) y las pérdidas durante la respiración, se observa un balance positivo con la dosis C2 y casi neutro con la dosis C4. En este contexto, el agua salina produjo un efecto significativo solamente en el nivel de COP en los tratamientos C2 y C4. Si bien el efecto no llega a modificar las diferencias entre las dosis de abono, estaría poniendo en evidencia una acumulación del COP como consecuencia de la reducción en la velocidad de descomposición frente a condiciones de salinidad diferente. En el suelo franco arenoso el COT se vio significativamente modificado tanto por aporte de abono orgánico como por el contenido salino del agua. El efecto de la dosis de abono fue variable, negativo en C2 y positivo en C4. Posiblemente, ante condiciones de fertilidad mejores que en el suelo arenoso, la cantidad de aporte orgánico para un balance positivo deba ser más elevada. Esta variabilidad en el COT también se reflejó en las fracciones orgánicas, donde el COP aumentó significativamente por el uso de agua salina en C0, efecto que se va perdiendo con el aumento de la dosis de abono. Se observa algo similar en las otras fracciones orgánicas, poniendo en evidencia interacciones más complejas en este suelo que en el arenoso, en la medida que se modifican la calidad del agua y la dosis de abono.

Tabla 1: Fracciones orgánicas en un suelo arenoso y franco arenoso al cuarto ciclo de lechuga con diferente aporte de abono orgánico y calidad de agua.

	C0			C2			C4					
ARENOSO	1.0	2.0	EA	1.0	2.0	EA	1.0	2.0	EA			
COPg	0,17	a	0,18	A ns	0,14	a	0,19	A *	0,16	a	0,20	A **
COPf	0,06	a	0,06	A ns	0,06	a	0,06	A ns	0,06	a	0,06	A ns
COM	0,34	a	0,33	A ns	0,41	ab	0,37	B ns	0,43	b	0,34	AB ns
COT	0,57	a	0,57	A ns	0,61	ab	0,62	B ns	0,65	b	0,60	AB ns
FRANCO ARENOSO												
COPg	0,19	a	0,26	B ***	0,24	b	0,17	A *	0,24	b	0,28	B ns
COPf	0,15	a	0,14	A ns	0,14	a	0,19	B ns	0,15	a	0,15	A ns
COM	0,92	a	0,94	B ns	0,93	a	0,80	A **	0,87	a	0,93	B ns
COT	1,26	a	1,34	B ns	1,30	a	1,16	A **	1,26	a	1,36	B *

COT, carbono orgánico total; COPg y COPf carbono orgánico particulado grueso y fino; COM, carbono orgánico asociado a la fracción mineral. Calidad de agua con conductividad eléctrica CE1.0 y CE 2.0 de 1,0 dS m⁻¹ y 2,0 dS m⁻¹ respectivamente. Tratamientos de fertilización expresados en gramos de Urea:Abono orgánico C0 (0,16:0,00), C2 (0,11:1,50) y C4 (0,07:3,00). Efecto del agua; para cada nivel de abono orgánico diferencias estadísticas al 1% (**), 5% (*) o no significativas (ns). Diferencias por efecto del abono orgánico se presentan por letras minúsculas diferentes en 1.0 y letras mayúsculas en 2.0.

En este estudio, se encontraron diferencias significativas en las relaciones entre las fracciones orgánicas según la textura del suelo. La relación COPg+f/COT fue mayor en los suelos de textura arenosa en comparación con los suelos de textura franco arenosa. A medida que aumentó el contenido de arena, el COT disminuyó y COP fue más abundante en suelos franco arenosos en comparación con los suelos de textura arenosa. Los suelos de textura fina presentaron un mayor contenido de L+a respecto a los suelos de textura gruesa, posiblemente debido al aumento en los aportes de carbono a partir de restos vegetales y al mayor contenido de COT, lo cual se reflejó en una menor relación COP/COT. Se observó que la relación entre COP/COT y el índice de labilidad (IL) respondió de la misma manera en ambos suelos en relación al efecto del agua (Tabla 2). En el suelo franco arenoso, se detectaron cambios en las fracciones orgánicas y diferentes velocidades de transformación. Además, los tratamientos que utilizaron agua salina mostraron acumulación de COPg, un aumento en la relación COPg/COPf y cambios en las



International Union of Soil Sciences®

tres fracciones. En cuanto al efecto de la incorporación de abono, se detectó una mayor velocidad de descomposición en los tratamientos que recibieron agua con CE 2,0 dS m⁻¹. En términos de las relaciones entre las fracciones COPg, COPf y COM, se observó una descomposición más rápida del COPg en los tratamientos C2 en comparación con los tratamientos C0 en los suelos de textura gruesa, posiblemente debido al mayor aporte de carbono proveniente del abono orgánico, ya que los tratamientos C0 solo aportaron nitrógeno. En los suelos de textura fina se encontró una mayor proporción de COPg en los tratamientos C4. En ambos suelos, hubo un aumento en la cantidad de raíces desde el tratamiento C0 hasta el tratamiento C4, independientemente del agua utilizada.

Tabla 2: Indicadores de las fracciones orgánicas en un suelo arenoso y franco arenoso al cuarto ciclo de lechuga con diferente aporte de abono orgánico y calidad de agua.

	C0			C2			C4		
ARENOSO	1.0	2.0	EA	1.0	2.0	EA	1.0	2.0	EA
COPg/COPf	3,00	a 2,83	A ns	2,32	a 3,16	A *	2,68	a 3,32	A ns
COP/COT	0,40	a 0,42	A ns	0,33	a 0,39	A ns	0,34	a 0,42	A **
IL (COP/COM)	0,68	a 0,75	A ns	0,51	a 0,66	A ns	0,52	a 0,74	A **
ICO	0,11	a 0,11	A ns	0,13	a 0,12	A ns	0,13	a 0,11	A ns
COPg:COPf:COM	29:10:59	31:10:57		22:9:67	30:09:59		24:9:66	33:10:56	
FRANCO ARENOSO									
COPg/COPf	1,31	a 1,98	B **	1,84	a 1,00	A ns	1,68	a 1,98	B ns
COP/COT	0,27	a 0,30	A ns	0,29	ab 0,31	A ns	0,31	b 0,32	A ns
IL (COP/COM)	0,38	a 0,43	A ns	0,41	a 0,45	A ns	0,44	a 0,46	A ns
ICO	0,08	a 0,08	A ns	0,08	a 0,07	A *	0,08	a 0,08	A ns
COPg:COPf:COM	15:11:73	19:10:70		18:10:71	14:16:68		19:11:69	20:11:68	

COT, carbono orgánico total; COPg y COPf carbono orgánico particulado grueso y fino; COM, carbono orgánico asociado a la fracción mineral. Calidad de agua con conductividad eléctrica CE1.0 y CE2.0 de 1,0 dS m⁻¹ y 2,0 dS m⁻¹ respectivamente. Tratamientos de fertilización expresados en gramos de Urea:Abono orgánico C0 (0,14:0,0), C2 (0,10:1,25) y C4 (0,05:2,50). EA, Efecto del agua; para cada nivel de abono orgánico diferencias estadísticas al 1% (**), 5% (*) o no significativas (ns). Diferencias por efecto del abono orgánico se presentan por letras minúsculas diferentes en 1.0 y letras mayúsculas en 2.0.

CONCLUSIONES

Los cambios en el COT producidos por los tratamientos fueron diferentes en ambos suelos. Las variables indicadoras COP/COT y el IL fueron más sensibles en el suelo arenoso para evidenciar cambios asociados al manejo (agua de riego y abono), mientras que el ICO fue sensible para evidenciar diferencias en el suelo franco arenoso. Sin embargo, la complejidad de las interacciones entre suelo abonado y regado con agua salina, requerirán mayor cantidad de estudios para seleccionar el indicador más sensible.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Dr. Matias Duval por la colaboración en el fraccionamiento de las muestras y al laboratorio de suelo y agua de la EEA INTA Anguil.

BIBLIOGRAFIA

- Albiach R, R Canet, F Pomares & F Ingelmo. 2001. Organic matter components and aggregate stability after the application of different amendment to a horticultural soil. Biores Technol. 76, p.125-129.
- Balcaza L. 2010. Utilización de compost en la conservación de suelos cultivados bajo cubierta en el Cinturón Hortícola Platense. Boletín Hortícola Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. La Plata, Pcia. Bs. As. AR Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Vol. 15, N° 45 p. 16- 19.
- Bongiovanni Ferreyra MG, L Orden & J Perez Pizarro. 2015. Informe Enmiendas orgánicas en la producción hortícola bajo cubierta.



www.inta.gob.ar/documentos/enmiendas-organicos-en-la-produccion.horticola-bajo-cubierta.

Buschiazso DE, AR Quiroga & K Stahr. 1991. Patterns of organic matter accumulation in soils of the semiarid Argentinian Pampas. *Z. Pflanzenerndhr. Bodenk.* 154(6), 437-441.

Cambardella CA & ET Elliott. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56, 777-783.

Di Rienzo J, F Casanoves, M Balzarini, L González, M Tablada & C Robledo. 2020. Infostat - Software estadístico. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Galantini JA, M Duval, JM Martínez, V Mora, R Baigorri & JM García-Mina. 2016. International Quality and Quantity of Organic Fractions as Affected by Soil Depth in an Argiudoll under Till and No-till Systems *Journal of Plant & Soil Science* 10(5): 1-12, 2016; Article no.IJPSS.25205 ISSN: 2320-7035.

Galantini, JA. 2005. Separación y análisis de las fracciones orgánicas. En: Marban L & S. Ratto (Eds.), Manual "Tecnología en Análisis de Suelos: Alcances a laboratorios agropecuarios" de la AACs. Capítulo IV parte 2, 103-114.

Galantini JA, N Senesi, G Brunetti & R Rosell. 2004. Influence of texture on the nitrogen and sulphur status and organic matter quality and distribution in semiarid Pampean grassland soils. *Geoderma* 123, 143-152.

Galantini JA, RA Rosell, G Brunetti & N Senesi. 2002. Dinámica y calidad de las fracciones orgánicas de un haplustol durante la rotación trigo-leguminosas. *Ciencia del Suelo* 20 (1) 2002.

Huespe D, JA Galantini & C Álvarez. 2023a. Calidad del agua y abono orgánico en lechuga cultivada en dos suelos de La Pampa: Producción de materia seca. VII Congreso de la red Argentina de salinidad. II Simposio Latinoamericano de salinidad. Santa Rosa, La Pampa En evaluación.

Huespe D, C Álvarez, JA Galantini, LM Baraldi & C Constantini. 2023c. Calidad del agua y abono orgánico en lechuga cultivada en dos suelos de La Pampa: Sales en el suelo VII Congreso de la red Argentina de salinidad. II Simposio Latinoamericano de salinidad. Santa Rosa, La Pampa. En evaluación.

Iocoli GA, OI Pieroni, MA Gómez, MB Álvarez & JA Galantini. 2017. Rapid characterisation of agro-industrial effluents for environmental fate by UV-visible and infrared spectroscopy from fractions obtained by centrifugation, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. Pp.1-12. DOI: 10.1080/03067319.2017.1354993.

INTA. 2011. Evaluación económica para diferentes densidades y períodos de producción de lechuga bajo invernadero. *Investigación y experimentación en horticultura*. 42-44 pág.

Quiroga A, D Funaro, E Noellemeyer & N Peinemann. 2006. Soil quality indicators and barley fertilization response. *Soil Tillage Res.* 90: 63-68.



**CALIDAD DEL AGUA Y ABONO ORGÁNICO EN LECHUGA CULTIVADA EN DOS
SUELOS DE LA PAMPA: SALES EN EL SUELO**

Huespe, D.S.^{1*}, C. Álvarez¹, J.A. Galantini², L.M. Baraldi³, C Constantino³.

¹EEA INTA "Guillermo Covas" Anguil, La Pampa, Ruta Nacional 5, km 580 (6326), ²Comision de investigaciones científicas (CIC), CERZOS, Dpto Agronomía (UNS), Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, ³LABSPA (CERZOS; CONICET -UNS). huespe.daiana@inta.gob.ar

RESUMEN:

Aguas de baja calidad (pH y sales elevados) han sido usadas para riego en muchas regiones áridas y semiáridas. El objetivo de este estudio, fue cuantificar el efecto del uso de distintas calidades de agua de riego y la aplicación de diferentes concentraciones de abono orgánico, sobre las propiedades químicas del suelo y la productividad del cultivo de lechuga en dos suelos característicos del Centro de La Pampa. El diseño estadístico fue completamente aleatorizado. Se regó con agua de dos calidades diferentes con conductividad eléctrica (CE) de 1,0 y 2,0 dS m⁻¹. Se aplicó una dosis de 100 kg ha⁻¹ usando tres combinaciones de las fuentes UREA y Abono orgánico: C0 (100:0), C2 (70:30) y C4 (40:60). Se evaluó el cultivo de lechuga durante 4 ciclos consecutivos durante los años 2020 y 2021, con 5 repeticiones en cada ciclo. Se analizaron parámetros relacionados a la calidad del agua en el extracto de saturación del suelo: CE, pH, alcalinidad, cationes de intercambio (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y K⁺) y aniones (Cl⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻ y NO₃⁻). Se determinó el carbonato de sodio residual (CSR), la relación de adsorción de sodio (RAS) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Se relacionó la materia seca total acumulada (MST_{ACUMULADA}) en los 4 ciclos del cultivo con todas las variables. El estudio realizado registró una interacción significativa entre los suelos. La CE en el suelo arenoso, presentó diferencias significativas con un efecto positivo a causa de la incorporación de abono orgánico entre los tratamientos que recibieron agua de 2,0 dS m⁻¹, con valores de 0,68, 0,78 y 0,64 en C0, C2 y C4 respectivamente. En el suelo franco arenoso, se encontró un efecto significativo por el uso de agua salina en todos los tratamientos, con valores de 1,64 (C0), 1,54 (C2) y 1,71 (C4) dS m⁻¹ en los tratamientos regados con agua de 2,0 dS m⁻¹. Los valores de pH fueron de 6,2 y 6,9, lo que indica presencia de bicarbonatos en ambos suelos. Los suelos se comportan distinto ante la aplicación de agua salina y abono orgánico. En el suelo arenoso hay cambios significativos positivos en la productividad relacionada con el pH y negativo con la CE, mientras que, en el suelo franco arenoso la productividad es afectada negativamente por la CE, el Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, RAS y PSI. En ambos suelos, los NO₃⁻ remanentes al final del ciclo, tuvieron una relación negativa con la productividad asociada al mayor consumo cuanto más MST generó el tratamiento. Los resultados indican la importancia de considerar la textura como eje central por sobre el uso del agua y abono.

PALABRAS CLAVE: agua, abono orgánico, sales.

INTRODUCCION

El uso de agua de baja calidad (pH y sales elevados) para riego en muchas regiones áridas y semiáridas ha generado cambios significativos sobre propiedades edáficas físicas y químicas, e impactos negativos sobre la productividad de los cultivos (Cirelli *et al.*, 2009). En la provincia de La Pampa, una de las hortalizas de hoja más cultivadas en forma protegida es la lechuga, la cual posee una tolerancia a las sales de 1,3 dS m⁻¹ (Carter, 1981). En condiciones de invernáculo, el crecimiento del cultivo se ve afectado por el incremento de sales en el perfil del suelo y el deterioro por el riego e inexistencia de lavado por agua de lluvia. Entre las

problemáticas habituales se encuentran las derivadas de sodicidad, salinidad, pérdida de materia orgánica y fertilidad física (Andriulo & Cardone, 1998). La mayoría de las aguas de riego contienen bases intercambiables como el sodio (Na^+), que provoca la separación de los coloides del suelo cuando interacciona y desplaza los cationes divalentes presentes calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), reduciendo así, el acceso y flujo de agua y oxígeno en el perfil del suelo. La degradación mencionada se ve reflejada en la dispersión de la materia orgánica y predominio de un medio alcalino. En estos sistemas intensivos de producción, se observa una disminución importante de los rendimientos en lechuga, que puede llegar al 60%, a causa de la salinidad en los suelos originada por el riego con agua salina (Carassay *et al.*, 2013). En general, en La Pampa, el 95% del riego se hace por goteo, el agua utilizada proviene de perforaciones las cuales presentan valores mayores a 2000 mg L^{-1} de residuos sólidos totales (Roberto *et al.*, 2008), tienen valores de pH entre 8 a 8,5 y conductividades eléctricas (CE) de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Lang *et al.*, 2013). Es por esto que, resulta fundamental para el uso sustentable de los recursos suelo y agua, conocer la calidad del agua a utilizar, de manera de mantener y preservar la calidad del suelo sin afectar la producción. El objetivo de este estudio, fue cuantificar el efecto del uso de distintas calidades de agua de riego y la aplicación de diferentes concentraciones de abono orgánico, sobre las propiedades químicas del suelo y la productividad del cultivo de lechuga en dos suelos característicos del Centro de La Pampa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la huerta demostrativa de la Agencia de extensión rural INTA General Acha, La Pampa, Argentina ($37^{\circ}36'44,381''$ $64^{\circ}56'64,995''$), Km 28 RN 152.

Se analizaron dos suelos de texturas contrastantes que fueron regados con dos calidades de agua con CE de 1,0 y $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. Además se aplicó una dosis de 100 kg ha^{-1} usando tres combinaciones de las fuentes UREA y Abono orgánico y se evaluó la productividad del cultivo de lechuga, durante 4 ciclos consecutivos, durante los años 2020 y 2021, con 5 repeticiones en cada ciclo.

Suelos utilizados

Se seleccionaron dos suelos contrastantes y característicos de la región. El suelo arenoso fue recolectado en General Acha y el suelo franco arenoso en Anguil. Detalles de la caracterización de los suelos en estudio: textura (Tabla 1), caracterización química (Tabla 2) y caracterización salina (Tabla 3) se encuentra en Huespe *et al.*, (2023a).

Las muestras de suelo se secaron al aire y se tamizaron (2mm), para la realización de las diferentes determinaciones. Se determinó el pH por el método potenciométrico sobre una suspensión suelo y agua en una relación 1:2,5 en los extractos de saturación. La conductividad eléctrica (CE), se determinó por el método conductimétrico en el extracto de saturación expresado en dS m^{-1} . Se evaluó la alcalinidad, la cual determina el contenido de carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-) presentes y se expresó en mg L^{-1} de carbonato de calcio (CaCO_3). La valoración de la muestra fue con ácido sulfúrico usando anaranjado de metilo como indicador para el punto final de los bicarbonatos. Se determinó el contenido de cloruros (Cl^-) por el método argentométrico, en solución ligeramente alcalina (ajustando el pH con hidróxido de sodio), utilizando cromato de potasio como indicador del punto final de la titulación con nitrato de plata. El azufre del sulfato (S-SO_4^{2-}) se determinó usando ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) como extractante (Anderson *et al.*, 1992) con posterior determinación del S en un espectrómetro de emisión atómica por plasma (ICP). Se determinó nitrógeno de nitrato (N-NO_3^-), mediante la destilación y titulación por el método de Bremmer. Los cationes de intercambio Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ , se determinaron sobre una suspensión suelo y agua en una relación 1:2,5 en los extractos de saturación y se determinaron por espectrometría de emisión por plasma.

Se calculó el carbonato de sodio residual, el cual indica cuanto sodio se está incorporando en el sistema, la sodicidad, la cual se expresa como la concentración relativa de sodio comparada



AGRONOMIA
FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



con el calcio y el magnesio, y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), a través de las ecuaciones 1,2 y 3 respectivamente.

Ecuación 1:
$$CSR = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

$$CSR = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

Dónde: CSR, carbonato de sodio residual. CO_3^{2-} , carbonato (meq L⁻¹). HCO_3^- , bicarbonato (meq L⁻¹). Ca, Concentración de calcio en el agua (meq L⁻¹) y Mg, Concentración de magnesio en el agua (meq L⁻¹).

Ecuación 2:
$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})^2}} RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})^2}}$$

Dónde: RAS, Relación de adsorción de sodio; Ca^{2+} , Concentración de calcio en el agua (meq L⁻¹) y Mg^{2+} , Concentración de magnesio en el agua (meq L⁻¹) y Na^+ , Concentración de sodio en el agua (meq L⁻¹).

Ecuación 3:
$$PSI = \frac{Na^+}{CIC \cdot 100} PSI = \frac{Na^+}{CIC \cdot 100}$$

Dónde: CIC: Capacidad de intercambio catiónico. Na^+ , Concentración de sodio en el agua (meq L⁻¹).

Agua

Se utilizó agua de riego proveniente de Chacharramendi, La Pampa. Para la caracterización del agua se realizó el análisis químico (Tabla 1). El agua tiene un pH de 7,6 y CE 9,00 dS m⁻¹. Según el diagrama de Piper es un agua clasificada como clorada cálcica (S1C4). Para el ensayo se regó con agua de dos calidades diferentes con CE 1,0 y 2,0 dS m⁻¹.

Tabla 1: Composición química del agua utilizada para el riego. RAS (Relación de absorción de sodio)

Aniones	%	Cationes	%	Relaciones iónicas	
HCO ₃ ⁻	26,72	Na ⁺ +K ⁺	24,84	rNa/Rk	4,60
SO ₄ ²⁻	1,90	Na ⁺	20,41	rMg/rCa	0,42
Cl ⁻	23,28	K ⁺	4,44	rSO ₄ /rCl	0,08
NO ₃ ⁻	48,10	Ca ²⁺	52,88	rCl/rHCO ₃	0,87
Cl ⁻ +NO ₃ ⁻	71,38	Mg ²⁺	22,27	Icb	-0,04
				Kr	3,85
				RAS	1,10

Dosis de abono orgánico

Se aplicó una dosis de 100 kg ha⁻¹ usando tres combinaciones de las fuentes UREA y Abono orgánico C0 (100:0), C2 (70:30) y C4 (40:60). Detalles de las dosis en (Tabla 1), Huespe *et al.*, (2023a).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2020). Los datos se presentan como medias en cada uno de los suelos. Las diferencias en los resultados afectados por las diferentes calidades de agua, así como la interacción entre ellos, se evaluaron mediante análisis de la varianza (ANOVA) y la comparación de medias de tratamientos fue analizada por el test de Fisher con un nivel de significancia del $\alpha \leq 5\%$. Se calculó la correlación entre la materia seca total acumulada (MST_{ACUMULADA}) en los cuatro ciclos del cultivo, expresada en kg ha⁻¹, y las variables de calidad de agua mediante el coeficiente de Pearson con un nivel de significancia del $\alpha \leq 1\%$ y $\alpha \leq 5\%$.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el análisis de las variables relacionadas con la productividad, se observó en el suelo arenoso, una correlación negativa entre MST_{ACUMULADA} (kg ha⁻¹) y NO₃⁻ y una correlación positiva con el pH y la alcalinidad, en todos los casos la correlación fue moderada, con una



relación significativa, es decir con una confianza del 95% (Tabla 2). En el suelo franco arenoso, no se vio diferencias significativas por el pH, pero se obtuvo una correlación negativa con las variables: Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , RAS, PSI y CE y además presentó una correlación positiva con los CSR. En todos los casos las correlaciones fueron de moderadas a altas y muy significativas con una confianza del 98% (Tabla 2).

Tabla 2: Correlación entre la $\text{MST}_{\text{ACUMULADA}}$ (kg ha^{-1}) y las variables relacionadas a la calidad del agua del suelo, en un suelo arenoso y franco arenoso.

	ARENOSO		FRANCO ARENOSO	
	Probabilidad	Coefficiente	Probabilidad	Coefficiente
CE	*	-0,40	**	-0,66
pH	*	0,40	ns	0,31
Ca^{2+}	ns	-0,28	**	-0,71
Mg^{+2}	ns	-0,21	ns	-0,53
Na^+	ns	-0,33	**	-0,72
Alcalinidad	ns	0,11	ns	0,16
HCO_3^-	ns	-0,23	ns	0,23
Cl^-	ns	-0,23	**	-0,71
SO_4^{2-}	ns	-0,03	**	-0,73
NO_3^-	**	-0,71	**	-0,60
CSR	ns	0,04	**	0,63
RAS	ns	-0,25	**	-0,53
PSI	ns	-0,24	**	-0,53

CE, conductividad eléctrica dS m^{-1} . pH, potencial hidrógeno. Ca^{++} , calcio (meq l^{-1}). Mg^{++} , magnesio (meq l^{-1}). Na^+ , sodio (meq l^{-1}). HCO_3^- , bicarbonato (meq l^{-1}). Cl^- , cloruro (meq l^{-1}). NO_3^- , nitrato (meq l^{-1}). SO_4^{2-} , sulfato (meq l^{-1}). CSR, carbonato de sodio residual. RAS, relación de absorción de sodio. PSI, porcentaje de sodio intercambiable. Coeficiente de Pearson para cada suelo, diferencias estadísticas al 1% (**), 5% (*) o no significativas (ns).

El estudio realizado después de cuatro ciclos consecutivos del cultivo de lechuga, registró una interacción significativa entre los suelos. Hubo presencia de bicarbonatos en ambos suelos, con valores de pH en suelo entre 6,2 y 6,9 (Tabla 3). La CE en el suelo arenoso, presentó un efecto positivo con diferencias significativas, a causa de la aplicación de mayor proporción de abono orgánico entre los tratamientos que recibieron agua de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, con valores de 0,68; 0,78 y 0,64 en C0, C2 y C4 respectivamente. Mientras que en los tratamientos que recibieron agua de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, la CE fue similar en todos los tratamientos independientemente de la combinación de abono orgánico utilizada, con valores entre 0,44 y $0,48 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabla 3). En el suelo de textura gruesa, se registró diferencias significativas por efecto del agua en los tratamientos C4 respecto a los tratamientos que sólo recibieron UREA (C0) (Tabla 3). En tanto, los valores obtenidos en los tratamientos regados con agua de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ fueron de 1,64, 1,54 y $1,71 \text{ dS m}^{-1}$ para C0, C2 y C4 respectivamente. El valor creciente de CE podría deberse a la cantidad de agua de riego y de abono orgánico aportado con alta concentración de sales solubles que permanecerán en el suelo.

Tabla 3: Parámetros de calidad del agua: pH y CE en el extracto de saturación del suelo, al cuarto ciclo de lechuga con diferente aporte de abono orgánico y calidad de agua sobre un suelo arenoso y franco arenoso.

	C0			C2			C4		
ARENOSO	1.0	2.0	EA	1.0	2.0	EA	1.0	2.0	EA
pH	6,9 ^a	6,5 ^A	*	6,9 ^a	6,7 ^A	ns	6,8 ^a	6,7 ^A	ns



CE	0,44	a	0,68	A	ns	0,48	a	0,78	A	ns	0,46	a	0,64	B	*
FRANCO ARENOSO															
pH	6,4	a	6,2	A	ns	6,3	a	6,4	A	ns	6,5	a	6,3	A	ns
CE	0,98	a	1,64	A	**	0,94	a	1,54	B	*	0,89	a	1,71	B	***

Calidad de agua con conductividad eléctrica CE1.0 y CE2.0 de 1,0 dS m⁻¹ y 2,0 dS m⁻¹ respectivamente. Tratamientos de fertilización expresados en gramos de UREA:Abono orgánico C0 (0,16:0,00), C2 (0,11:1,50) y C4 (0,07:3,00). Efecto del agua; para cada nivel de abono orgánico diferencias estadísticas al 1% (**), 5% (*) o no significativas (ns). Diferencias por efecto del abono orgánico se presentan por letras minúsculas diferentes en 1.0 y letras mayúsculas en 2.0.

En cuanto al análisis de las sales, el suelo arenoso presentó valores inferiores a los obtenidos en el suelo franco arenoso. El contenido de aniones en el suelo de textura gruesa fue en orden de mayor a menor: Cl⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ y NO₃⁻, hubo un efecto adverso significativo por el uso de agua salina en el contenido de NO₃⁻ y SO₄²⁻ en los tratamientos C0 y C4. Por el uso de agua salina el contenido de Na⁺ aumentó un 63% cuando no se aplicó abono orgánico y en los tratamientos C2 (65%) y C4 (80%). (Tabla 4). Mientras que, en el suelo de textura fina, el contenido de aniones fue en el orden de mayor a menor: Cl⁻, NO₃⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻ y HCO₃⁻, con un incremento por el uso de agua salina en el contenido de Cl⁻, SO₄²⁻ en los tratamientos C0, C2 y C4. En cuanto al contenido de Na⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ se observó un efecto negativo por el uso de agua salina y se registró un aumento por el uso de abono orgánico en los tratamientos de 2,0 dS m⁻¹. Ésta variación puede tener un impacto negativo sobre el crecimiento de las plantas más pronunciado en el suelo arenoso que el del suelo con mayor contenido de arcilla, posiblemente por la alta capacidad de retención de agua de la arcilla, lo que resulta en una dilución del efecto salino. Los valores de alcalinidad fueron similares en ambos suelos, entre 2,34 y 3,40 meq L⁻¹. En ambos suelos, se observó una disminución del contenido de NO₃⁻, la diferencia posiblemente se deba a que ésta medición final de nitratos refleja que el cultivo absorbió mayor proporción de NO₃⁻ del suelo en la medida que producía más MST. Además se observó un incremento de NO₃⁻ por el uso del agua, posiblemente asociado a la disponibilidad de este nutriente en el agua de riego (Tabla 4).

Tabla 4: Niveles de sales al cuarto ciclo de lechuga con diferente aporte de abono orgánico y calidad de agua.sobre un suelo arenoso y franco arenoso.

	C0					C2					C4				
ARENOSO	1.0		2.0		EA	1.0		2.0		EA	1.0		2.0		EA
Ca ²⁺	0,38	a	0,48	A	ns	0,42	a	0,92	A	ns	0,42	a	0,44	A	ns
Mg ²⁺	0,32	a	0,44	A	ns	0,36	a	0,58	A	ns	0,40	a	0,32	A	ns
Na ⁺	3,30	a	5,18	A	*	3,76	a	5,76	A	ns	4,02	a	4,98	A	ns
Alcalinidad	3,20	b	2,34	A	*	2,86	a	2,66	A	ns	2,72	a	2,84	A	ns
HCO ₃ ⁻	1,30	a	1,38	B	ns	0,90	a	0,76	A	ns	0,88	a	0,80	A	ns
Cl ⁻	2,72	a	4,36	A	*	3,60	a	4,56	A	ns	3,06	a	4,16	A	ns
NO ₃ ⁻	0,44	b	0,84	A	ns	0,10	a	0,74	A	*	0,04	a	0,20	A	*
SO ₄ ²⁻	1,12	a	1,96	A	*	1,48	a	2,30	A	ns	1,84	a	3,22	B	**
FRANCO ARENOSO															
Ca ²⁺	1,96	a	2,72	A	ns	1,70	a	2,76	B	*	1,42	a	2,53	B	**
Mg ²⁺	1,42	a	1,38	A	ns	1,08	a	1,40	A	ns	1,00	a	1,40	B	*
Na ⁺	6,12	a	9,86	A	***	5,48	a	10,06	B	***	5,70	a	9,88	A	**
Alcalinidad	2,92	ab	2,98	A	ns	2,64	a	2,88	A	ns	3,44	a	3,16	B	ns
HCO ₃ ⁻	0,86	a	0,84	A	ns	0,90	a	0,96	A	ns	0,88	a	0,94	A	ns
Cl ⁻	5,64	a	10,48	A	**	5,08	a	10,32	B	***	5,20	a	10,64	B	**
NO ₃ ⁻	5,44	a	7,36	B	ns	5,14	a	6,16	B	ns	2,76	a	3,14	A	ns



AGRONOMIA
FACULTAD de
UNLPam



International Union of Soil Sciences®

SO₄²⁻ 2,22^b 4,16^A ** 2,06^a 3,58^B ** 1,72^a 3,90^B ***
 Ca²⁺, calcio (meq L⁻¹). Mg²⁺, magnesio (meq L⁻¹). Na⁺, sodio (meq L⁻¹). HCO₃⁻, bicarbonato (meq L⁻¹). Cl⁻, cloruro (meq L⁻¹). NO₃⁻, nitrato (meq L⁻¹). SO₄²⁻, sulfato (meq L⁻¹) Calidad de agua con conductividad eléctrica CE1.0 y CE2.0 de 1,0 dS m⁻¹ y 2,0 dS m⁻¹ respectivamente. Tratamientos de fertilización expresados en gramos de UREA: Abono orgánico C0 (0,16:0,00), C2 (0,11:1,50) y C4 (0,07:3,00). Efecto del agua; para cada nivel de abono orgánico diferencias estadísticas al 1% (**), 5% (*) o no significativas (ns). Diferencias por efecto del abono orgánico se presentan por letras minúsculas diferentes en 1.0 y letras mayúsculas en 2.0.

CONCLUSIONES

Los suelos se comportan distinto ante la aplicación de agua salina y abono orgánico. En el suelo arenoso hay cambios significativos positivos en la productividad relacionada con el pH y negativo con la CE. En el suelo franco arenoso la productividad es afectada negativamente por la CE, el Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, RAS y PSI. En ambos suelos, los NO₃⁻ remanentes al final del ciclo, tuvieron una relación negativa con la productividad asociada al mayor consumo cuanto más MST generó el tratamiento. Se desprende de los resultados la importancia de considerar la textura como eje central por sobre el uso del agua y abono. Futuros estudios en esta línea permitirá entender el balance de sales y su asociación con el manejo de calidad de agua, relaciones de abonos y productividad de los cultivos.

BIBLIOGRAFIA

Andriulo A & G Cardone. 1998. Impacto de las labranzas y rotaciones sobre la MO de los suelos de la región pampeana húmeda. INTA y Hemisferio Sur SA. Argentina: 65-96 pp.
 Carassay LR, O Siliquini, A Bartel, A Rebollo, JP Ponce, M Collazo & E Baudino. 2013. Efecto de la salinidad sobre el cultivo de lechuga (*Lactuca 57 sativa* L.) cultivada en invernadero en la provincia de La Pampa. XXXVI Congreso Argentino de Horticultura y II Congreso Internacional de Plásticos Agrícolas. Tucumán. ISSN de la edición online 1851-9342.R 53.
 Carter DL. 1981. Salinity and plant productivity, en: Handbook Series in Nutrition and Food. Chemical Rubber Co. pp. 146-151
 Cirelli AF, JL Arumí, D Rivera & PW Boochs. 2009. Efectos Ambientales del Riego en Regiones Áridas y Semiáridas en América Latina. Chilean Journal of Agricultural Research 69 (Suppl. 1):27-40 (2009). ISSN 0718-5839
 Di Rienzo J, F Casanoves, M Balzarini, L González, M Tablada & C Robledo. 2020. Infostat - Software estadístico. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
 Huespe D, JA Galantini & C Álvarez. 2023a. Calidad del agua y abono orgánico en lechuga cultivada en dos suelos de La Pampa: Producción de materia seca. VII Congreso de la red Argentina de salinidad. II Simposio Latinoamericano de salinidad. Santa Rosa, La Pampa. En evaluación.
 Lang M, V Lipinski & L Balcaza. 2013. Efecto de la aplicación de enmienda y manejo del riego sobre el rendimiento y la calidad de lechuga bajo invernadero. Horticultura Argentina 32 (79): 32-42.
 Roberto Z, J Tulio & J Malán. 2008. Cartografía de agua subterránea para uso ganadero en La Pampa. Publicación Técnica N° 73. EEA Anguil, INTA. 25 pp.



INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS DIGITALES PARA LA DELIMITACIÓN Y EL MANEJO DE AMBIENTES HIDROHALOMÓRFICOS DE LA PAMPA ARENOSA

Isasti, J.I.¹, C. Álvarez^{2*}, H. Videla-Mensegue³, M. Gutierrez⁴

¹ Agronomía Pioneer; ² INTA AER General Pico, ³ INTA AER Laboulaye, ⁴ Sistema Chacras AAPRESID; * Calle 13 N° 857 General Pico, La Pampa, alvarez.cristian@inta.gob.ar

RESUMEN: La Pampa Arenosa es una región subhúmeda de escasa pendiente regional y pobre drenaje con frecuentes períodos húmedos cuyos excesos hídricos provocan ascenso freático, inundaciones y salinización en ciertas posiciones del relieve. El objetivo del trabajo fue generar herramientas de ambientación con la finalidad de cuantificar áreas afectadas y poder generar prácticas de manejo para mejorar la sostenibilidad agrícola de un grupo de productores de la región miembros de la Chacra América. El área de estudio comprende 75.000 hectáreas en el noroeste de Buenos Aires, sudeste de Córdoba y noreste de La Pampa. Para la delimitación de ambientes se integraron tres capas de información que incluyen datos topográficos derivados de un modelo digital de elevación, un mapa de riesgo hídrico y un mapa de potencial productivo inferido de NDVI máximo a partir de imágenes Sentinel. Se delimitaron tres zonas de manejo en función de las limitaciones ambientales: manejo superador para mejorar la salud del suelo en ambientes no identificados como bajos, manejo intensificado para regular el nivel freático en ambientes bajos sin afectación de sales y manejo restaurador para recuperar ambientes bajos con problemas de NDVI y riesgo hídrico. El 40% de la superficie se clasificó como manejo superador, el 35% como manejo intensificado (con riesgo hídrico mayormente nulo a muy bajo), y el 25% restante se dividió en áreas afectadas por sales (con diferente potencial productivo y riesgo hídrico, que varió entre: sin riesgo hídrico hasta alto o casi permanente). Al considerar las características del agua subterránea en las diferentes zonas de manejo, se logró identificar variaciones en la profundidad del nivel freático y en las propiedades físicas y químicas del agua. La zona de manejo restaurador mostró una napa más cercana a la superficie, mayor conductividad eléctrica y RAS, mientras que la zona de manejo intensificado presentó valores intermedios con gran variabilidad. La zona de manejo superador tenía una napa más profunda y condiciones no riesgosas en términos de conductividad eléctrica y RAS. Además, se observó que los ambientes más bajos destinados al manejo restaurador tenían un mayor contenido total de sales y una proporción más alta de sales cloruradas sódicas, mientras que los ambientes sin riesgo de salinización o anegamiento tenían menos sales totales y una mayor proporción de bicarbonatos. Asociado a estas variables que se cuantificaron, se propuso un esquema de diagnóstico y toma de decisiones para el manejo de suelos salinos y/o anegables en un contexto de gestión integrada del paisaje.

PALABRAS CLAVE: manejo por ambientes, suelos salinos, riesgo hídrico.

INTRODUCCION

Los productores de la Pampa Arenosa enfrentan el desafío de producir en una región subhúmeda de escasa pendiente regional y con una pobre red de drenaje (Taboada et al., 2009). El aumento del régimen de lluvias y cambios en el uso del suelo elevaron los niveles freáticos, aumentando el riesgo de inundación y salinización. Para abordar este desafío, un grupo de productores fundó la Chacra América en 2020 con la finalidad de mejorar la

sostenibilidad de los sistemas productivos mediante prácticas agronómicas adaptadas a estos ambientes en un marco de gestión integrada en el paisaje. El objetivo de este trabajo fue generar herramientas de ambientación con la finalidad de cuantificar áreas afectadas y poder generar prácticas de manejo para mejorar la sostenibilidad agrícola de los productores de Chacra América, para lo cual se propuso i) delimitar zonas de manejo por ambientes y ii) caracterizar los ambientes identificados como parte esencial de la estrategia para adaptar prácticas de manejo a las condiciones específicas de cada área.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Pampa Interior o Arenosa es una región que abarca una extensión de unos 75.000 km². El área de estudio comprende unas 75.000 hectáreas en los campos participantes de la Chacra, en el noroeste de Buenos Aires, sudeste de Córdoba y noreste de La Pampa.

Para la delimitación de los ambientes se integraron 3 capas de información (figura 1): el modelo digital de elevación FABDEM (Hawker et al., 2022) sobre el cuál se realizó el análisis topográfico, un mapa de riesgo hídrico derivado del Global Surface Water (Pekel et al., 2016) y una imagen de NDVI máximo histórico post-inundación de 2016-2017 a partir de imágenes Sentinel post-inundación procesadas en Google Earth Engine (Gorelick et al., 2017). Los mapas topográficos, de riesgo hídrico y NDVI máximo histórico se procesaron e integraron con el software QGIS 3.16 (QGIS Development Team, 2022).

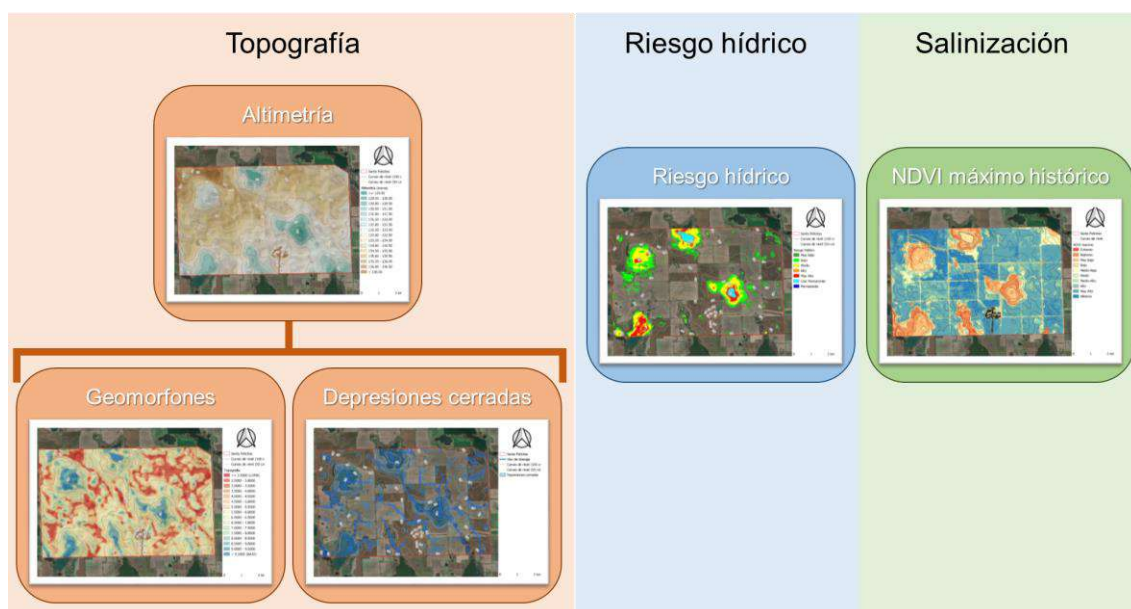


Figura 1. Capas de información utilizadas para la delimitación de ambientes.

La delimitación de zonas de manejo tuvo un carácter funcional, en base a las limitantes ambientales. En este sentido se buscó diferenciar 3 zonas con manejo diferente:

- **Manejo superador:** ambientes altos de la topografía y de elevada productividad en las que no hay riesgo de anegamiento o salinización.
- **Manejo intensificado:** ambientes identificados como bajos, con cierto nivel de riesgo hídrico, pero en el cual la productividad inferida del NDVI máximo no ha sido afectada por las sales.
- **Manejo restaurador:** ambientes bajos en los que la productividad inferida del NDVI máximo es menor y el riesgo hídrico es mayor.

Entre mayo y julio de 2022 se muestrearon las aguas subterráneas de las distintas zonas de manejo para determinar profundidad, conductividad eléctrica (CE), pH, composición de iones, relación de adsorción de sodio (RAS) y carbonato de sodio residual (CSR).



AGRONOMIA
FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



International Union of Soil Sciences®

RESULTADOS Y DISCUSION

La integración de información topográfica, frecuencia de anegamiento y productividad potencial estimada a partir de NDVI máximo post-inundación permitieron delimitar zonas de manejo. A modo ilustrativo, se presentan los resultados para uno de los campos integrantes de la Chacra en el sudeste cordobés (figura 2).

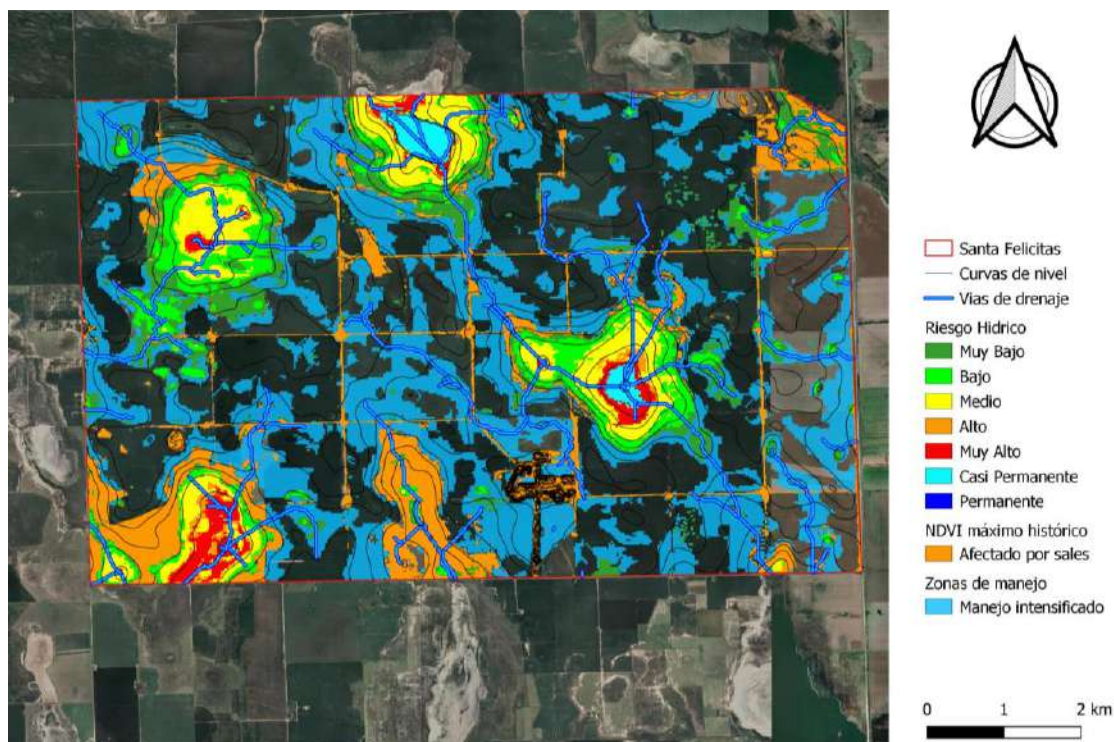


Figura 2. Mapa integrado de topografía, riesgo hídrico y salino en el sudeste de Córdoba.

En el caso del campo representado, las zonas de manejo superador corresponden a un 40% de la superficie (tabla 1), el énfasis debe estar en optimizar la productividad del agua y mejorar la salud del suelo.

Las zonas a intensificar representan un 35% de la superficie, de la cual una décima parte tiene riesgo hídrico bajo. El riesgo de tener una napa muy cercana a superficie requiere de maximizar el consumo de agua para regular el nivel freático y frenar el agua de los ambientes topográficos más altos que llega a las cotas más bajas de los sitios evaluados.

El 25% restante presenta un potencial productivo menor (NDVI máximo histórico post-inundación por debajo de 0.80), pudiendo diferenciar un 11% del área sin riesgo hídrico (pero con napa salina cercana a superficie), un 11% a áreas con riesgo bajo a medio y un 3% con un riesgo de inundación de alto a casi permanente. Es importante generar y mantener cobertura que logre consumir más agua, deprimir la napa, mejorar la infiltración y lavar las sales en el perfil de suelo.

Tabla 1. Área correspondiente a las distintas zonas de manejo.

Zona de manejo	Riesgo hídrico nulo	Riesgo hídrico bajo a medio	Riesgo hídrico alto a permanente	TOTAL
Superador	40%	0%	0%	40%
Intensificado	31.5%	3.5%	0%	35%
Restaurador	11%	11%	3%	25%



AGRONOMIA
FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



International Union of Soil Sciences®

Al considerar las características del agua subterránea de los ambientes evaluados, se lograron diferenciar zonas de manejo tanto en nivel freático como en las características físicas y químicas (Tabla 2). En tanto que, en la zona a restaurar la profundidad de la napa se registró más cerca de la superficie (109 cm) y tanto la conductividad eléctrica (12 dS m⁻¹) como la RAS fue mayor (43). Sin embargo, la zona a intensificar presentó valores intermedios de profundidad de napa (187 cm), de CE (2.8 dS m⁻¹) y de RAS (18.3) con una gran variabilidad. La zona destinada a manejo superador con napa a 242 cm al momento del muestreo, no presentó valores riesgosos respecto a CE (1.3 dS m⁻¹) y RAS (6.8).

Tabla 2. Características de la napa por zonas de manejo (n = 70).

Zona de manejo	Profundidad de la napa (cm)	CE (dS.m ⁻¹)	pH	RAS	CSR (meq. L ⁻¹)
Superador	241.9 ^C	1.3 ^A	7.3 ^A	6.8 ^A	-4.5 ^A
Intensificado	187.0 ^B	2.8 ^A	7.6 ^A	18.3 ^B	6.6 ^A
Restaurador	109.1 ^A	12.0 ^B	7.5 ^A	43.2 ^C	-0.8 ^A

Letras diferentes indican diferencias de medias significativas (p-valor<0.05).

Respecto a la composición de cationes y aniones del agua subterránea (tabla 3), el flujo de agua con hacia las depresiones del terreno genera altas concentraciones de sales solubles, por lo que se observa que en los ambientes más bajos destinados al manejo restaurador el contenido total de sales se incrementa. A su vez, en términos relativos es mayor la proporción de sales solubles, clasificando como aguas cloruradas sódicas. En tanto que en los ambientes con nulo riesgo de salinización o anegamiento presentaron menores concentración de sales totales y una mayor proporción de bicarbonatos.

Tabla 3. Composición media de las napas (en meq. L⁻¹) por zona de manejo (n = 70).

Zona de manejo	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻
Superador	11.5 ^A	1.0 ^A	2.9 ^A	9.8 ^A	1.2 ^{AB}	2.7 ^A	1.8 ^A	8.2 ^A
Intensificado	36.4 ^A	1.3 ^A	2.8 ^A	4.9 ^A	1.6 ^B	9.6 ^A	7.0 ^A	14.3 ^B
Restaurador	117.3 ^B	1.6 ^B	6.9 ^B	11.1 ^A	0.6 ^A	57.7 ^B	25.5 ^B	17.1 ^B

Letras diferentes indican diferencias de medias significativas (p-valor<0.05).

Las zonas de manejo a intensificar presentaron valores intermedios para todas las características en estudio, pero con una gran dispersión, existiendo napas que al ascender podrían ser muy riesgosas y desencadenar procesos de salinización severos e incluso casi irreversibles, como son aquellas que tienen un CSR mayor a 1.5 meq.L⁻¹ (Richards, 1954, Jobbagy et al., 2017).

Por último, a partir de la integración de capas de información se propuso un esquema de diagnóstico y toma de decisiones para el manejo de suelos salinos y/o anegables en un marco de gestión integrada del paisaje (figura 3).



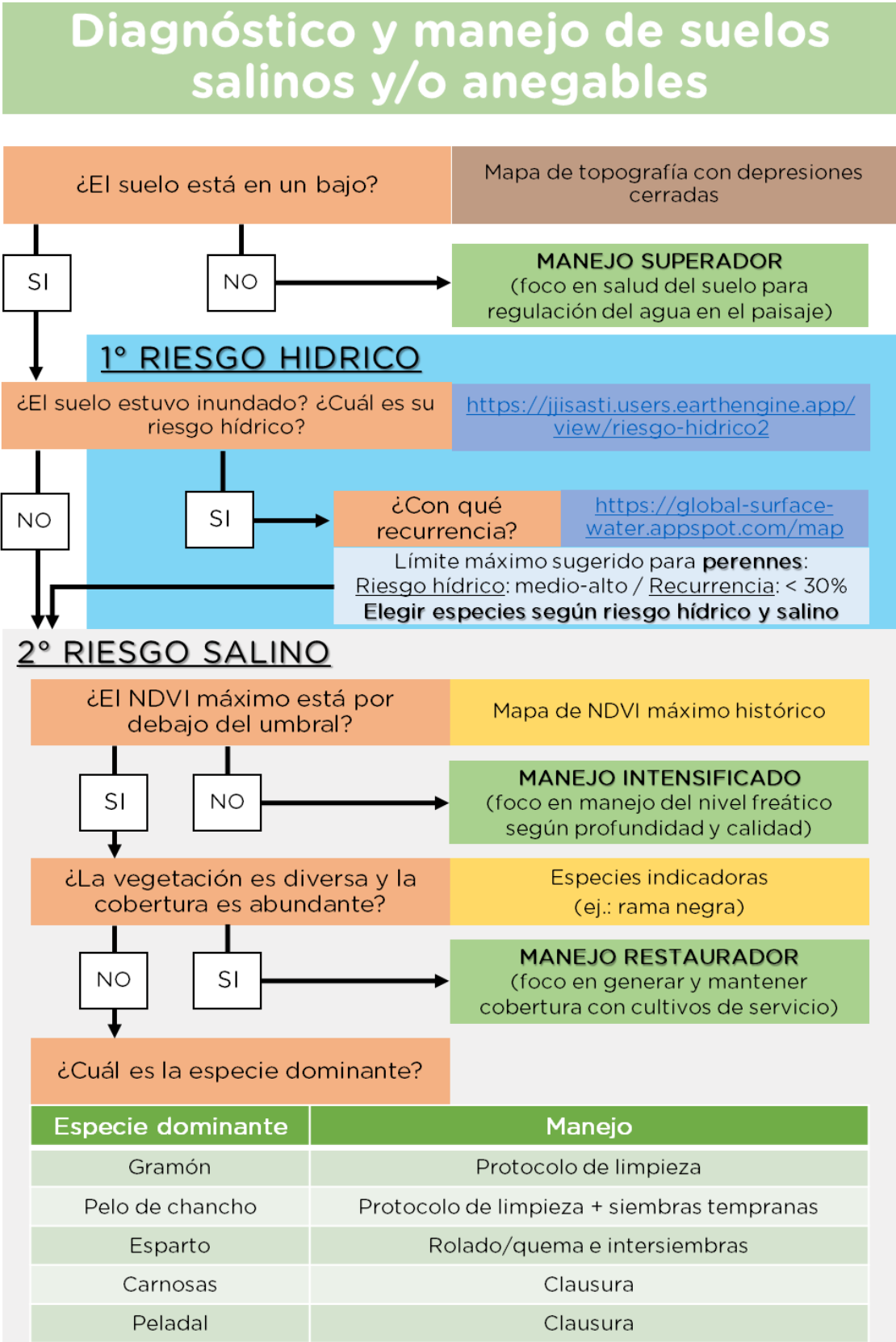


Figura 3. Esquema de diagnóstico y manejo de suelos hidrohalmórficos.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo permiten concluir que la integración de distintas capas de información posibilita la delimitación de zonas de manejo en ambientes hidrohalmórficos de la Pampa Arenosa, siendo una valiosa herramienta para la organización y la toma de decisiones tanto a nivel predial como regional. Además, la determinación de la profundidad y salinidad de la capa freática permite caracterizar la composición geoquímica y el riesgo de salinización y sodificación de los ambientes, e implementar prácticas de manejo asociada a variables como es el encharcamiento y salinización que generan las napas en estos sitios.

BIBLIOGRAFIA

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

Base de datos: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel>

Hawker, L., Uhe, P., Paulo, L., Sosa, J., Savage, J., Sampson, C., & Neal, J. (2022). A 30m global map of elevation with forests and buildings removed. Environmental Research Letters, 17(2), [024016]. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac4d4f>.

Base de datos: <https://data.bris.ac.uk/data/dataset/25wfy0f9ukoge2gs7a5mqpq2i7>

Jobbágy, E. G., Tóth, T., Noretto, M. D., and Earman, S. (2017) On the Fundamental Causes of High Environmental Alkalinity ($\text{pH} \geq 9$): An Assessment of Its Drivers and Global Distribution. Land Degrad. Develop., 28: 1973– 1981. doi: 10.1002/ldr.2718.

Pekel, JF., Cottam, A., Gorelick, N. et al. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. Nature 540, 418–422 (2016). <https://doi.org/10.1038/nature20584>

Base de datos: <https://global-surface-water.appspot.com/>

QGIS Development Team, 2022. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. <http://qgis.org>

Richards, L.A. (1954) Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils, Agriculture, 160, Handbook 60. US Department of Agriculture, Washington DC.

Taboada MA, Damiano F, Lavado RS. 2009. Inundaciones en la región pampeana. Consecuencias sobre los suelos. p. 103-127. En: MA Taboada, RS Lavado. Alteraciones de la fertilidad de los suelos. El Halomorfismo, la Acidez, el Hidromorfismo y las Inundaciones. Editorial Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. ISBN 978-950-29-1162-5, 160 p.



VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

"Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción"



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

INCIDENCIA DE PROBLEMAS DE SALINIDAD/SODICIDAD EN PREDIOS DEPORTIVOS DEL SUDOESTE BONAERENSE

López, F.L.^{1*}, S. Robein¹, I. Salas²

¹ Departamento de Agronomía – Universidad Nacional del Sur (UNS); ² Asesor privado "Salas Soluciones Agropecuarias"; * San Andrés 800, (8000) Bahía Blanca, Prov. de Buenos Aires, fernandomlopez@live.com

RESUMEN

El trabajo surge a partir de una consulta sobre la afectación de varios predios deportivos en la región de Bahía Blanca que años anteriores presentaban un buen desarrollo del césped. El objetivo del presente trabajo fue evaluar posibles problemas de salinidad / sodicidad / alcalinidad en predios deportivos del sudoeste bonaerense bajo riego y marcar un antecedente para que en el futuro estas consideraciones se tengan en cuenta en el manejo de campos deportivos de la región. En cada cancha de fútbol se procedió a tomar muestras de suelo y agua. El muestreo de suelo se realizó hasta los 2 metros de profundidad en las capas: 0-25 cm, 25-50 cm, 50-100 cm, 100-150 cm y 150-200 cm, mediante un barreno helicoidal Eijkelkamp. En cada muestra se determinó CE en el extracto de saturación y pH en una relación suelo:agua 1:2,5. Además, se procedió a la caracterización del agua de riego. En los tres casos evaluados se encontraron problemas de salinidad y/o alcalinidad/sodicidad. Los resultados demuestran la importancia del diagnóstico de la calidad del agua utilizada en el riego en campos deportivos del sudoeste bonaerense y la importancia de asegurar el drenaje. Si bien es una cuestión básica en el manejo de suelos, muchas veces no es considerado debido a las bajas precipitaciones de la región. Asimismo, sería necesario un análisis completo del agua de riego que además de los análisis de rutina (pH, CE, RAS) incorpore la determinación de carbonatos y bicarbonatos (CO_3^{2-} y HCO_3^-) y el cálculo de carbonato de sodio residual, que muchas veces no es tenido en cuenta.

PALABRAS CLAVE: carbonato de sodio residual, riego, relación de adsorción de sodio.

INTRODUCCIÓN

Las aguas que predominan en el área centro sur de la provincia de Buenos Aires, con alta frecuencia son clasificadas como C3 S3 (aguas altamente salinas y altas en sodio). Aguas de estas características, obligan generalmente a realizar estudios para detectar anticipadamente peligros potenciales para el suelo y adoptar prácticas de riego que permitan un manejo sostenible (Aguirre *et al.*, 2012). Sin embargo, debido a que el efecto de este tipo de aguas no se observa en el corto plazo, muchas veces el correcto diagnóstico no es tenido en cuenta. El trabajo surge a partir de una consulta por problemas en el desarrollo del césped en predios deportivos en la región de Bahía Blanca. El objetivo del presente trabajo fue evaluar posibles problemas de salinidad / sodicidad / alcalinidad en predios deportivos del sudoeste bonaerense bajo riego y marcar un antecedente para que en el futuro estas consideraciones se tengan en cuenta en el manejo de campos deportivos de la región.



FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio involucra 3 canchas de fútbol situadas en el sudoeste bonaerense, en las localidades de Bahía Blanca (partido de Bahía Blanca) y Médanos (partido de Villarino). En la Tabla 1 se presenta la ubicación de cada cancha y su ubicación en el paisaje.

Tabla 1. Sitios de muestreo

Cancha	Símbolo	Localidad	Posición
Amarilla	A	Bahía Blanca	Llanura de inundación del arroyo Napostá
Borlenghi	B	Bahía Blanca	Llanura de inundación del arroyo Napostá, sobre relleno
Club de Caza y Pesca Médanos	M	Médanos	Ladera

Para el diagnóstico de propiedades edáficas se realizó un muestreo en diferentes sitios de las canchas de fútbol, que eran representativos de sectores “buenos” de césped y sectores “deteriorados”. Se tomaron muestras hasta los 2 metros de profundidad en las capas: 0-25 cm, 25-50 cm, 50-100 cm, 100-150 cm y 150-200 cm mediante un barreno helicoidal Eijkelkamp. En cada muestra se determinó CE en el extracto de saturación y pH en una relación suelo:agua 1:2,5. En los casos donde se encontró la napa dentro de los dos metros de profundidad se procedió a tomar una muestra para analizar la calidad de la napa mediante la determinación de la CE y pH. El muestreo de la napa se realizó mediante un bailer de plástico. Para el análisis de la calidad del agua de riego se determinó pH, CE, relación de adsorción de sodio (RAS), carbonatos y bicarbonatos. En la cancha M, en la profundidad 0-25 cm, se determinó la granulometría por el método de la pipeta (Gee & Bauder, 1986) y la conductividad hidráulica por el método de Fireman (1944).



Figura 1. Vista de la cancha B en la localidad de Bahía Blanca.

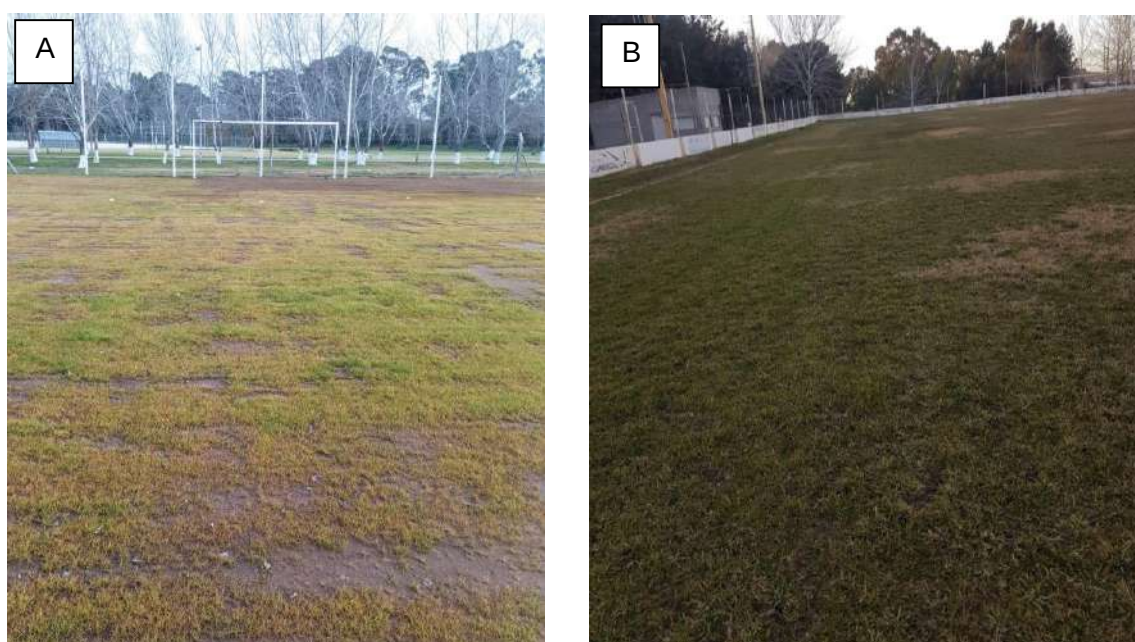


Figura 2. A. Vista de la cancha A donde se observan manchones afectados. B. Vista de la cancha M.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de CE y pH de cada cancha se presentan en las Tablas 2, 3 y 4. El día del muestreo la cancha A presentaba altos valores de CE en todo el perfil desde la superficie y altos valores de pH. Debido a la ubicación de la cancha en la llanura de inundación del arroyo Napostá, el drenaje natural del sitio no sería el adecuado, ya que en el momento del muestreo la napa se ubicaba a unos 80 cm de profundidad (Tabla 2). Según los valores de CE en todo el perfil el suelo sería clasificado como salino y a partir de los valores de pH se podría inferir que posiblemente también tenga problemas de sodicidad. En este caso los problemas de alcalinidad/sodicidad no se deberían a la calidad del agua de riego sino probablemente a los materiales parentales, ya que en muchos casos se encuentran suelos con problemas de alcalinidad/sodicidad en la costa del arroyo Napostá (partido de Bahía Blanca).

Tabla 2. Valores de CE y pH para cada capa de suelo en la cancha A, en dos sitios.

	Sitio 1 A		Sitio 2 A	
Prof. (cm)	CE (dS m ⁻¹)	pH	CE (dS m ⁻¹)	pH
0-25	6,4	9	8,2	8,8
25-50	4,12	9,7	4,7	8,9
50-100	3,95	9,6	4,4	8,2
100-150	3,78	9	3,4	8,9
150-200	2,76	8,9	2,9	8,9
Obs.	Césped deteriorado		Césped deteriorado	
Napa (85 cm)	5,75	7,5	4,8	7,3

En la cancha B los valores de CE en las primeras capas, hasta un metro de profundidad, no presentaron valores problemáticos de salinidad. A partir de la capa 100-150 cm los valores de CE estuvieron por encima de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$. En este caso la cancha cuenta con buen drenaje a pesar de estar en una posición similar a la cancha A, debido a que está elevada sobre un relleno. Sin embargo, a partir de los valores de pH, cercanos a 9 en todas las profundidades, se podría suponer problemas de sodicidad. En este caso, los problemas de sodicidad podrían deberse al suelo utilizado en el relleno, ya que el agua no presentaría problemas de riesgo de sodificación (Tabla 5).

Tabla 3. Valores de conductividad eléctrica (CE) y pH para cada capa de suelo evaluada en la cancha B, en los dos sitios.

Sitio 1 B			Sitio 2 B	
Prof. (cm)	CE (dS m^{-1})	pH	CE (dS m^{-1})	pH
0-25	1,4	8,9	1,2	9,2
25-50	1,1	9	1,2	9,3
50-100	1,8	9	2,3	9,2
100-150	3,3	8,8	3,2	9,2
150-200	2,7	8,9	2,9	9
Napa (150 cm)	5,7	7,7	5	7,2
Obs.	Césped deteriorado, con cobertura.		Césped deteriorado, con cobertura.	

A partir de los valores de pH observados en la cancha B el suelo clasificaría como fuertemente alcalino a muy fuertemente alcalino. Sin embargo, el estado del césped con predominancia de gramilla (*Cynodon dactylon* L.) era aceptable y la cancha estaba en uso en el momento del muestreo. Si bien algunas especies podrían tolerar estos valores de pH sería necesario su tratamiento para evitar continuar con el deterioro del suelo.

En la cancha M se encontraron sectores de césped en buen estado y sectores deteriorados y los análisis del suelo mostraron resultados contrastantes entre estos sectores (Tabla 4). Los sectores con el césped más deteriorado presentaban problemas de salinidad y alcalinidad/sodicidad mientras que los sectores con el césped normal no presentaban problemas de salinidad pero si de alcalinidad/sodicidad.

Tabla 4. Valores de conductividad eléctrica (CE, dS m^{-1}) y pH para cada capa de suelo evaluada en la cancha M, en los cuatro sitios.

	Sitio 1 M		Sitio 2 M		Sitio 3 M		Sitio 4 M	
Prof. (cm)	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH
0-25	5	9,94	1,3	9,7	3,3	9,6	1,1	9
25-50	3,3	10,12	0,64	9,6	2,6	9,6	0,85	9,4
50-100	2,4	9,65	0,87	9,5	1,4	9,7	1,45	9,9
100-150	2,7	8,72	1,75	9,3	3,6	9,3	3,1	10
150-200	2,9	8,56	1,5	8,8	4,9	8,9	0,5	8,3
Obs.	Deteriorado		Buen estado		Deteriorado		Buen estado	



La textura en la capa superficial de la cancha M fue Arenosa, con 4% de arcilla, 8% de limo y 88% de arena. Sin embargo, esta cancha presentaba importantes problemas de conductividad hidráulica, siendo en la capa superficial (0-25cm) de los sectores deteriorados menor a $1,1 \times 10^{-5} \text{ cm seg}^{-1}$, clasificando como “impermeable”. Esto probablemente se deba a los problemas de sodicidad que provocan la dispersión de las partículas del suelo y el taponamiento de poros a pesar de ser un suelo de textura arenosa. Peineman *et al.* (1998) trabajando con suelos de la Región Pampeana, encontraron que la pérdida de la conductividad hidráulica del suelo es mayor cuando los contenidos de arena son mayores, probablemente por alcanzarse más rápido un mayor grado de saturación con sodio. En este caso los problemas de alcalinidad/sodicidad se deberían al agua de riego. Si bien el RAS no supera el límite de 13 para considerarla un agua con alto riesgos de sodificación, el valor de CSR es muy alto, lo que traería problemas de sodificación al suelo. Según el Laboratorio de Salinidad de Estados Unidos (1954) las aguas con más de $2,5 \text{ me L}^{-1}$ de CSR no son buenas para riego por el riesgo de sodificación.

Tabla 5. Análisis de calidad del agua de riego en los sitios analizados.

	pH	CE	Na*	Ca*	Mg*	RAS	CO ₃ ²⁻ *	HCO ₃ ⁻ *	CSR*
Sitios A y B	8,25	3,2	5,77	2,5	4,33	3,1	0,7	5,17	0
Sitio M	8,62	1,3	11,12	2,01	0,42	10,1	1,62	4,99	4,18

CE: conductividad eléctrica; RAS: relación de adsorción de sodio; CSR: carbonato de sodio residual. * expresados en me L^{-1} .

CONCLUSIONES

El presente trabajo expone la importancia de un buen análisis de la fertilidad del suelo y la calidad del agua para la implementación de campos deportivos en la región del sudoeste bonaerense. El inadecuado diagnóstico de la fertilidad del suelo, así como el incorrecto manejo del agua de riego puede resultar en graves problemas en el corto plazo, de difícil solución. Si bien el análisis de la calidad de agua es una cuestión básica en el manejo de suelos bajo riego, el presente trabajo deja expuesto que muchas veces no es tenido en cuenta. Del mismo modo se debe resaltar la importancia de realizar análisis completos de la calidad de agua que involucre además de pH, CE y RAS los análisis de HCO₃⁻ y CO₃²⁻ y el correcto diagnóstico en base a estos parámetros. Además, es necesario considerar que aguas de mala calidad por alto contenido de Na o CSR puede afectar la infiltración y conductividad hidráulica, aun en suelos arenosos, predominantes en la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, ME, VR Elisei, MA Commegna & RM Santamaría. 2012. Evolución de la salinidad de un suelo irrigado del sudoeste bonaerense. *Ciencia del suelo* 29(2): 265-276.
- Fireman, M. 1944. Permeability measurements on disturbed soil samples. *Soil science* 58, 337-399.
- Gee, GW & JW Bauder. 1986. Particle size analysis. En: Klute, A (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1. Agron. Monograph No. 9.* 2nd ed. ASA, Madison WI, 337–382.
- Peineman, N, M Díaz-Zorita, MB Villamil, H Lusarreta & D Grunewald. 1998. Consecuencias del riego complementario sobre propiedades edáficas en la llanura pampeana. *Ciencia del Suelo* 16: 39-42.
- Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos. 1954. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. *USDA Agric. Handbook N° 60*, 172 pág.





VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD

II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción”



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

RESPUESTA DE UNA CEPA ADAPTADA EN EL CRECIMIENTO DE ALFALFA EN SUELOS SALINOS

Miranda, C.¹, Cabrera, D.¹, Porta Siota, F.^{1,2}, Gallace, M.E.^{1,*}

¹ Facultad de Agronomía, UNLPam; ² INTA EEA “Ing Agr Guillermo Covas” Anguil; * Ruta Nacional 35, km 334, (6300) Santa Rosa, La Pampa. gallace@agro.unlpam.edu.ar

RESUMEN:

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es uno de los cultivos forrajeros más valioso del mundo, que por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con cepas de *Ensifer meliloti*, la convierten en un pilar fundamental de sustentabilidad de los establecimientos agropecuarios. La relación simbiótica que se establece es un proceso sensible a la salinidad, por lo cual la búsqueda de estrategias para el manejo de esta pastura en este tipo de ambientes es necesario. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la salinidad sobre la simbiosis *Medicago sativa* - *Ensifer*. Se desarrollaron ensayos en macetas comparando el crecimiento de plántulas de alfalfa inoculadas con la cepa *Ensifer meliloti* B401 adaptada y no adaptada a condiciones de estrés salino. La adaptación de la cepa *E. meliloti* B401 muestra mayor número de nódulos totales en estadios avanzados del ciclo de crecimiento de la alfalfa. El tratamiento de salinidad afectó el PSP independientemente de la cepa utilizada. En condiciones de estrés salino se observa una disminución del 55 % en el desarrollo radicular comparado con el testigo. Es conveniente profundizar estudios, en períodos de crecimiento de la alfalfa mayores a los evaluados en este trabajo.

PALABRAS CLAVE: estrés salino, forraje, simbiosis.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es uno de los cultivos forrajeros más valioso del mundo debido a su alta calidad nutricional, altos rendimientos y su gran adaptabilidad a diversas condiciones de suelo, clima y manejo. Por otra parte, su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con cepas de *Ensifer meliloti*, la convierten en un pilar fundamental de sustentabilidad de los establecimientos agropecuarios.

Argentina ha experimentado cambios rápidos y expansivos en el uso del suelo (Aizen *et al.*, 2009; Jayawickreme *et al.*, 2011). Se produjo no solo una intensificación de los sistemas ganaderos, sino también su desplazamiento zonas áridas y/o semiáridas, donde suelos con producción histórica de alfalfa se han reemplazado a la producción de otros cultivos (Cornacchione & Suarez, 2017). Por lo tanto, parte de la producción de alfalfa se está trasladando a áreas de menor producción, que están afectadas por sales (Prieto *et al.*, 2015). La alfalfa se clasifica como una especie de mediana tolerancia a la salinidad dentro de un rango de conductividad eléctrica (CE) de 4 a 12 dS.m⁻¹. Una CE de 3,4 dS.m⁻¹ implica un 10 % de reducción en la producción forrajera, un 25 % de reducción se asocia a una CE de 5,4 dS.m⁻¹ y un 50 % de reducción a una CE de 8,8 dS.m⁻¹. La salinidad de los suelos afecta el estado fisiológico de las plantas, afectando el crecimiento de las plantas y la FBN (Gallace, 2020). Diversas estrategias se han estudiado para que la simbiosis sea afectada en menor medida por estrés, entre ellas la adaptación de la bacteria a condiciones de salinidad. Se



FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



plantean como objetivos del trabajo evaluar el desempeño de la cepa *Ensifer meliloti* B401 adaptada y sin adaptar a salinidad en la nodulación, y su respuesta al crecimiento en plantas de alfalfa inoculadas en etapas de implantación y establecimiento bajo condiciones de estrés salino.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el invernáculo automatizado de la Facultad de Agronomía, UNLPam (Figura 2, A). Se utilizaron semillas comerciales del cultivar Aurora para la evaluación. Se elaboraron dos inoculantes con cepa *Ensifer meliloti* B401, uno sin adaptación y otro con adaptación a salinidad, obtenido por el protocolo descrito por Gallace (2020). Las semillas pregerminadas fueron inoculadas con 0,5 mL de suspensión celular con una concentración 1×10^9 bacterias.mL⁻¹ sobre muestra de un suelo clasificado como Haplustol petrocálcico de textura franco arenosa, con 1,9 % de MO, 6,2 ppm de P, 0,1 % de nitrógeno total, 6,7 de pH y 1,5 dS.m⁻¹ de CE. Las plantas se regaron a demanda, la mitad de las macetas con agua destilada y la otra mitad con solución salina, manteniendo la salinidad del suelo a la conductividad eléctrica de 15 dS.m⁻¹. El ensayo tuvo una duración de quince semanas. Se realizaron muestreos cada 3 semanas, donde se evaluaron 5 macetas por tratamiento, con 2 plantas por maceta, y se midieron los siguientes parámetros: peso seco planta (PSP), peso seco aéreo (PSA), peso seco raíz (PSR) y número de nódulos totales. Los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA. Las comparaciones entre medias de tratamientos se realizaron a través de la prueba LSD de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observa el incremento en el número de nódulos independientemente de la cepa utilizada y del tratamiento salinidad en el suelo, indicando que las bacterias tuvieron buen desempeño y capacidad para establecer simbiosis a pesar de las condiciones de estrés salino (Figura 1). El mayor número de nódulos se registró en estado fenológico de floración. Se encontró interacción entre el momento del recuento y el tipo de cepa inoculada (Figura 2). No se encontraron diferencias significativas en el número de nódulos formados con la cepa *E. meliloti* B401 adaptada y sin adaptar en los primeros recuentos de nódulos; se encontró un número mayor de nódulos en plantas tratadas con la cepa B401 adaptada en el último recuento (día 123). Se han reportado diferentes resultados en cuanto a la adaptación de rizobios a estrés. Draghi *et al.* (2010) mostraron que la cepa *E. meliloti* 2011 adaptada confiere una clara ventaja para nodular plantas huésped en condiciones ácidas. Gallace (2020) no encontró diferencias en el número de nódulos, pero si en la cantidad de nitrógeno fijado cuando se adaptó la cepa *E. meliloti* B399 a salinidad.

El tratamiento de salinidad afectó el PSP del cultivar Aurora con una reducción del 42% respecto al tratamiento control, independientemente de la cepa utilizada (Figura 3). Esta diferencia no fue significativa durante los primeros 3 muestreos en la producción de materia seca. Se encontraron diferencias en los últimos dos muestreos en comparación con los anteriores y entre sí (Figura 4), observándose una disminución entre el 30 y 35 % en el PSP, cuando las mismas fueron regadas con solución salina. Bertram *et al.* (2021) reportaron que incrementos en la conductividad eléctrica de hasta 2 dS.m⁻¹ no redujeron significativamente la densidad poblacional de alfalfa, pero disminuyeron el tamaño de los individuos. Para algunos cultivos se ha reportado que la etapa de germinación y emergencia son las etapas más sensibles bajo estrés salino. En alfalfa, los resultados son diversos, mientras que algunos autores han concluido que la capacidad de las plantas para producir biomasa no está necesariamente relacionada con la germinación o emergencia, otros han demostrado una correlación positiva entre la germinación y el potencial de rebrote bajo estrés salino (Cornacchione, 2019).



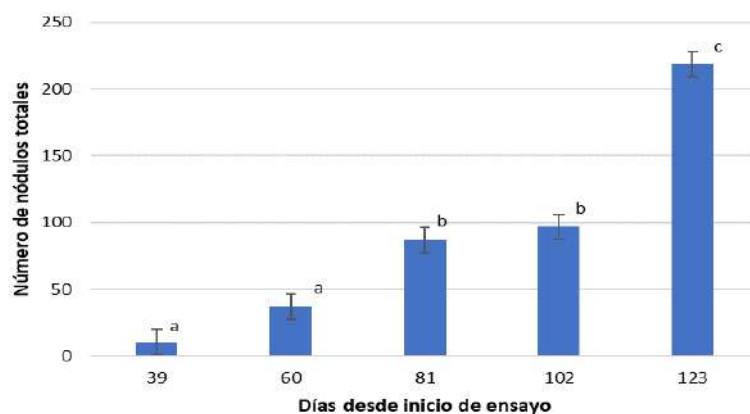


Figura 1. Promedio del número de nódulos en cada recuento. Medias con letras iguales no difieren significativamente según prueba de LSD ($P < 0,05$).

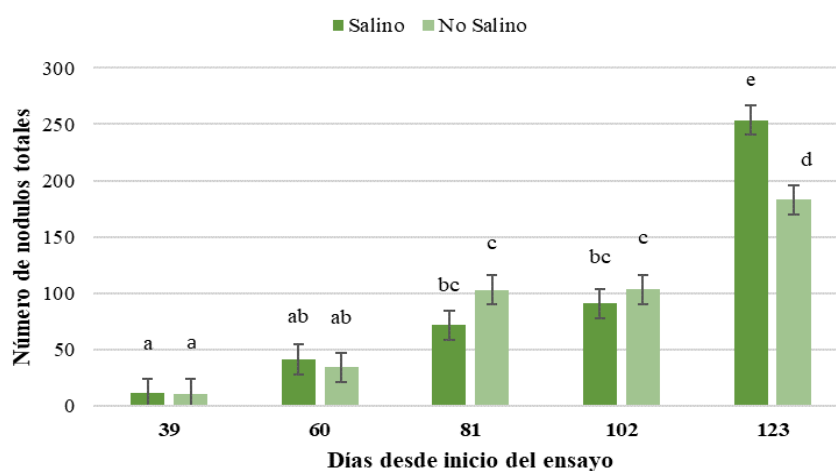


Figura 2. Número de nódulos en los diferentes muestreos con la cepa B401 adaptada y sin adaptar. Medias con letras iguales no difieren significativamente según prueba de LSD ($P < 0,05$).

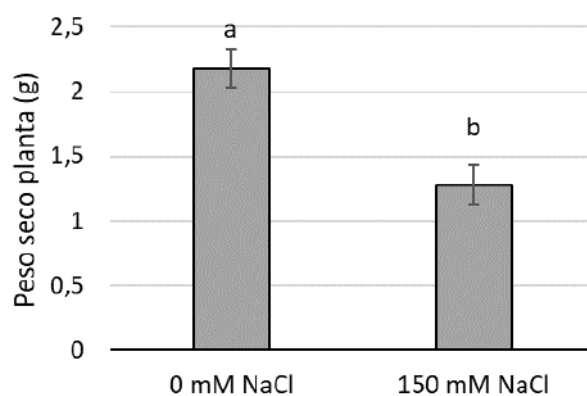


Figura 3. Peso seco planta con riego con solución de 0 mM y 150 mM NaCl. Medias con letras iguales no difieren significativamente según prueba de LSD ($P < 0,05$).

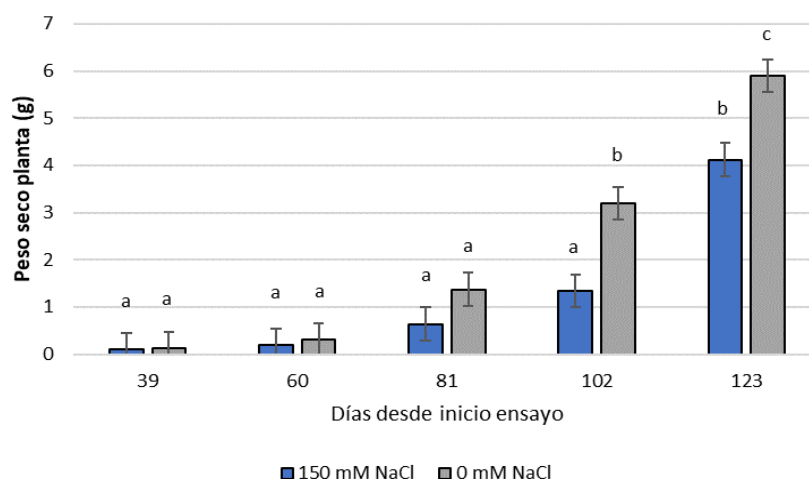


Figura 4. Variación del peso seco de la planta (PSP) a lo largo de los muestreos solución de 0 mM y 120 mM NaCl. Letras iguales no difieren significativamente según la prueba de LSD ($p < 0,05$).

En cuanto al PSA, se observa que la salinidad afectó la producción de materia seca aérea, donde se encontraron diferencias significativas entre la situación 0 y 150 mM de NaCl en los tratamientos ($p \leq 0,0001$), observándose una disminución del 47% en el PSA (Figura 5). El peso seco fue incrementando a lo largo del ciclo ontogénico de la alfalfa (Figura 6). Se produjo 29 % más de biomasa en el muestreo 5 (123 días) bajo el tratamiento control respecto de la condición de salinidad (Figura 7). No se registró efecto de la adaptación de la cepa a salinidad en el PSA a pesar de obtener mayor cantidad de nódulos que cuando se utilizó *E. meliloti* 401 sin adaptar. Si bien la cepa fue más infectiva, puede no haber sido más efectiva debido a que la misma se adaptó a un nivel de salinidad 150 mM de NaCl (equivalente a aproximadamente $15 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$), y durante el ensayo, el nivel de CE alcanzado en el suelo fue de hasta de $23 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$. Gallace (2020) encontró el cultivar WL 903 tuvo un aumento significativo de producción de biomasa, área foliar, contenido de nitrógeno, contenido de clorofila y número de nódulos cuando se la cultivó en condiciones de salinidad (120 mM NaCl) inoculada con la cepa con respuesta adaptativa a sal. Bertrand *et al.* (2015) han reportado una mejora en la respuesta a salinidad de la simbiosis en la alfalfa y rizobios, utilizando cultivares y cepas de rizobios, ambos tolerantes a salinidad.

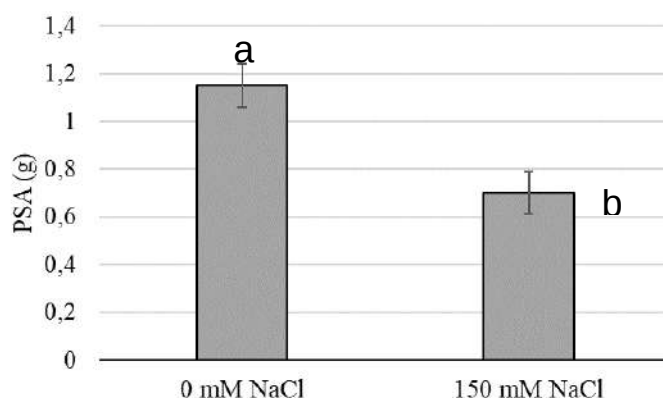


Figura 5. Media de peso seco aéreo (PSA) en los diferentes tratamientos. Letras distintas indican diferencias significativamente según prueba de LSD ($p < 0,05$).

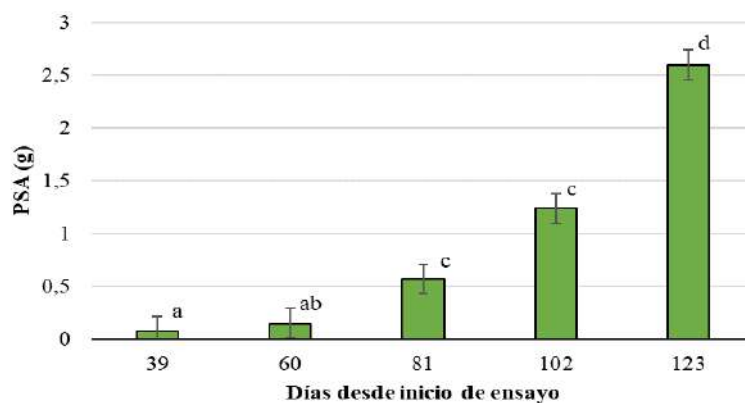


Figura 6. Evolución del peso seco aéreo (PSA) a lo largo del ensayo. Letras distintas indican diferencias significativamente según prueba de LSD ($p < 0,05$).

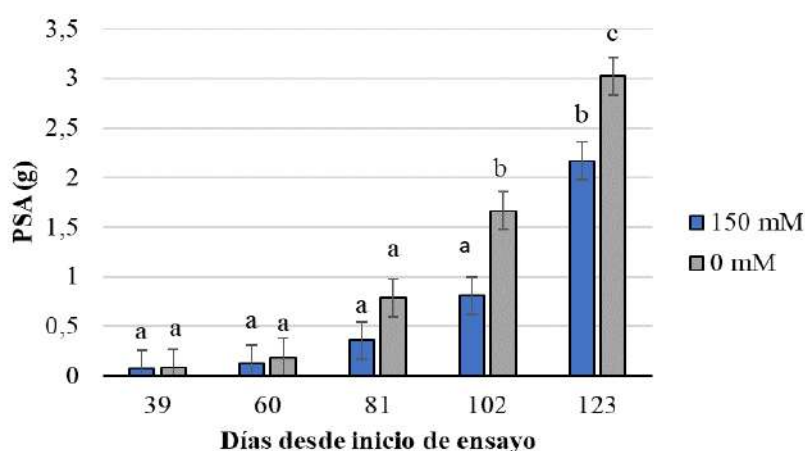


Figura 7. Evolución del peso seco aéreo (PSA) a los diferentes muestreos. Letras distintas indican diferencias significativamente entre nivel de salinidad y muestreos, según prueba de Tuckey ($p < 0,05$).

Por otra parte, en la condición de estrés salino existió un menor desarrollo radicular (55%) en comparación con las plantas desarrolladas en el tratamiento testigo (Figura 8). Al igual que con el PSA, el PSR fue aumentando a lo largo del estado fenológico de la alfalfa (Figura 9). El desarrollo de la raíz es un carácter importante para el estrés salino, ya que está en contacto directo con el suelo, donde la inhibición del crecimiento puede deberse a un efecto de los iones y absorción más lenta de agua (Jamil y Rha, 2004).

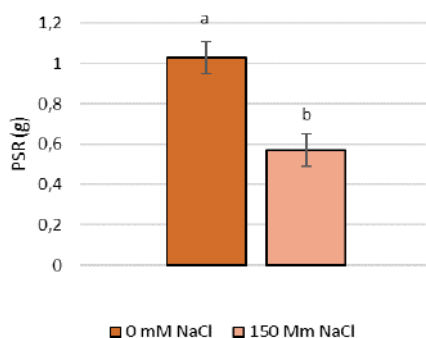


Figura 8. Media del peso seco de raíces (PSR) en los diferentes tratamientos. Letras distintas indican diferencias significativamente según prueba de LSD ($P < 0,05$).

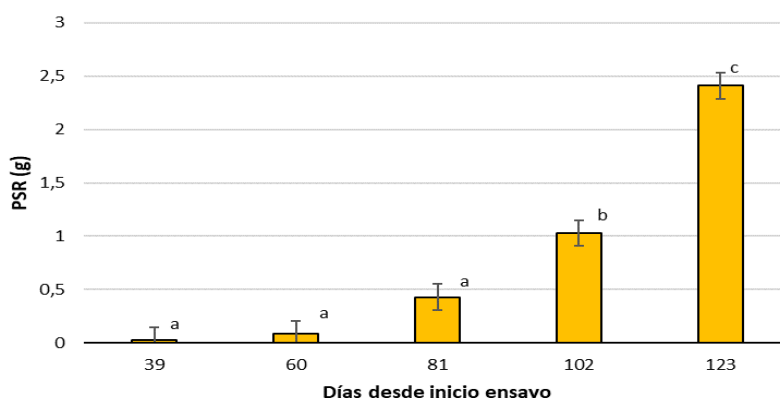


Figura 9. Evolución del peso seco de raíces (PSR) a lo largo del ensayo. Letras distintas indican diferencias significativamente según prueba de LSD ($P < 0,05$).

La adaptación de la cepa B401 a la salinidad no tuvo respuestas significativas en el aumento del PSA y en el PSR cuando la alfalfa fue sometida a condiciones de salinidad. Sin embargo, el número de nódulos fue mayor en la cepa adaptada respecto a la no adaptada a un medio salino. Se observa que en un medio salino el cultivar destinó una proporción mayor de fotoasimilados a la raíz, esto indicaría que ante un estrés en estado de implantación la planta prioriza el crecimiento radicular (Figura 10).

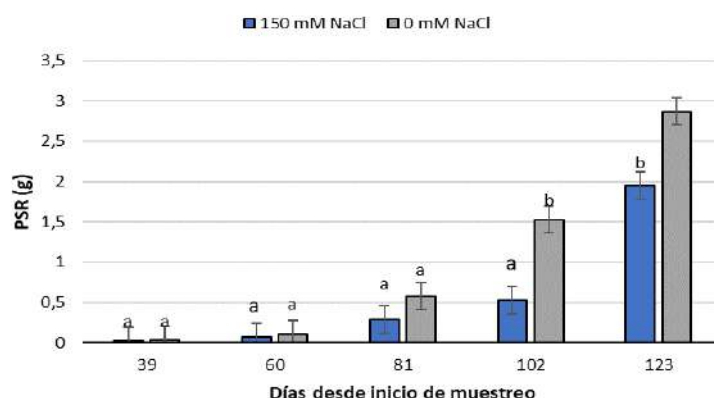


Figura 10. Evolución del peso seco de raíces (PSR) en los muestreos con y sin agregado de NaCl en la solución de riego. Letras distintas indican diferencias significativamente entre muestreos y tratamiento según prueba de Tuckey ($P < 0,05$).

CONCLUSIONES

La adaptación de la cepa *E. meliloti* B401 muestra diferencias positivas en estadios avanzados del ciclo de crecimiento de la alfalfa relacionados al número total de nódulos por planta. En estadios iniciales, no se observan diferencias entre la cepa adaptada y no adaptada a salinidad. La salinidad afectó el crecimiento de las plántulas, con diferencias entre los tratamientos. La adaptación de la cepa *E. meliloti* B401 no mostró diferencias en el comportamiento a niveles de salinidad extrema (23 dS.m^{-1}). La adaptación de la cepa a 150 mM podría no llegar a tener efecto a valores superiores de salinidad. La partición de fotoasimilados hacia el sistema radicular en detrimento de la parte aérea en estados iniciales del ciclo de crecimiento en alfalfa en condiciones de salinidad estaría indicando una

priorización del sistema de raíces, sirviendo posiblemente como estrategia de supervivencia de las plantas.

BIBLIOGRAFÍA

Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., y Dondo, M. (2009). Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina. *Ecologia Austral*, 19(1), 45–54.

Bertram, N. A., Alfonso, C., Grande, S., Chiacchiera, S., Ohanian, A., Bonvillani, J., Conde, M.B., & Angeletti, F.R. (2021). Efecto de la concentración salina y el régimen hídrico sobre la germinación, emergencia y establecimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 47(2), 267-272.

Bertrand, A., Dhont, C., Bipfubusa, M., Chalifour, F. P., Drouin, P., & Beauchamp, C. J. (2015). Improving salt stress responses of the symbiosis in alfalfa using salt-tolerant cultivar and rhizobial strain. *Applied Soil Ecology*, 87, 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.11.008>

Cornacchione M & Suarez D.L. (2017). Evaluation of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Populations' Response to Salinity Stress.

Cornacchione, M. V. (2019). Avances sobre la tolerancia a la salinidad en alfalfa y sus implicancias para el ambiente semiárido bajo riego. I jornada de producción de bovinos de carne.

Draghi, W. O., Papa, D., Pistorio, M., & Lozano, M. (2010). Cultural conditions required for the induction of an adaptive acid- tolerance response (ATR) in *Sinorhizobium meliloti* and the question as to whether or not the ATR helps rhizobia improve their symbiosis with alfalfa at low pH, 302, 123–130. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2009.01846.x>

Gallace M.E (2020). Interacción Alfalfa-*Ensifer meliloti*: respuesta al estrés salino. Tesis de Maestría. FA-UNLPam.

Jayawickreme, D. H., Santoni, C. S., Kim, J. H., Jobbágy, E. G., y Jackson, R. B. (2011). Changes in hydrology and salinity accompanying a century of agricultural conversion in Argentina. *Ecological Applications*, 21(7), 2367–2379. <https://doi.org/10.1890/10-2086.1>

Jamil, M. y Rha, E.S. (2004). The effect of salinity (NaCl) on the germination and seedling of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* L.). 232

Prieto, D., R.M. Sanchez y R. S. M. (2015). Las áreas de riego y la degradación de suelos. In R.R. Casas and G.F. Albarracin (Ed.), *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina* (pp. 319–346). Buenos Aires, Argentina: FEDIC.





VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD

II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción”



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN EXTRACTO EN SATURACIÓN Y EN SUSPENSIÓN SUELO AGUA 1:2,5 EN SUELOS DEL DEPARTAMENTO LEALES, TUCUMÁN.

Sosa, F. A¹⁻²; O.R Correa¹; E.P Díaz³; G.A Sanzano¹⁻²; R.D Corbella² y H Rojas¹.

¹Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. W. Cross 3150, Las Talitas (4101), Tucumán. fasosa@eeaoc.org.ar

²Cátedra de Edafología. Facultad de Agronomía, Zootecnia y Veterinaria. UNT.

³Eggu08

RESUMEN: La llanura deprimida salina de Tucumán presenta una capa freática de naturaleza salino-sódica próxima a la superficie que junto al microrelieve, suelo, proximidad a las vías de drenaje, condiciones climáticas del año y manejo, dan lugar a una elevada variabilidad espacial y temporal en los niveles productivos dentro de un mismo lote. Humedad, salinidad y pH del suelo son variables dinámicas que junto a propiedades estables como textura pueden explicar la variabilidad en los rendimientos. El correcto diagnóstico, predicción espacial y estudio de la evolución temporal de variables dinámicas requiere un muestreo intensivo y/o repetitivo que genera un elevado número de muestras, en estas condiciones el método estándar de determinación de salinidad en extracto de saturación (CE_{es}) puede resultar laborioso y costoso, sin embargo, la cuantificación de pH es más sencilla y expeditiva. En el presente trabajo se propone como objetivo evaluar las relaciones entre CE_{es} y Conductividad Eléctrica medida en la suspensión donde se mide el pH del suelo ($CE_{1:2,5}$). Se utilizaron muestras de suelos superficiales y sub-superficiales de una finca destinada a la producción de caña de azúcar y granos en el departamento Leales, Tucumán. En 68 muestras superficiales se determinaron CE_{es} , $CE_{1:2,5}$ y fracciones granulométricas, mientras que en 194 muestras sub-superficiales se determinaron CE_{es} , $CE_{1:2,5}$ y se estimó la clase textural de manera organoléptica. Al analizar el conjunto global se obtuvo una elevada regresión ($R^2=0.96$), esta relación se optimizó al evaluar los datos teniendo en cuenta las fracciones de limo y arcilla. En todos los casos la variabilidad aumentó a medida que aumentaron los valores de CE_{es} . Los modelos generados permitieron predecir adecuadamente la salinidad de las muestras.

PALABRAS CLAVE: salinidad, nivel freático, llanura deprimida.

INTRODUCCION

La llanura deprimida de la provincia de Tucumán ocupa una superficie aproximada de 400.000 ha con nivel freático próximo a la superficie del suelo. En el sector este de la región el nivel freático tiene una naturaleza salino-sódica y su ascenso provoca manchones salinos, salinos-sódicos o sódicos que afectan marcadamente la producción. La variabilidad espacial de propiedades edáficas es muy alta debido a la conjunción de factores como material original (principalmente aluvial), micro-relieve, balance hídrico del año, proximidad a las vías de drenaje, naturaleza y profundidad del agua freática y manejo entre otros. Además, algunas propiedades dinámicas del suelo como humedad, concentración de sales y pH fluctúan en el tiempo dentro de la misma campaña (Figueroa



AGRONOMIA
FACULTAD de

AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



International Union of Soil Sciences®



VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción”



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

et al., 1996; Puchulu, 2011; Noretto, *et al.*, 2013; Sosa *et al.*, 2023). Los estudios que tiendan predecir la variabilidad espacial de propiedades edáficas en esta zona requieren de numerosas muestras para que los modelos presenten baja incertidumbre, por otro lado, el seguimiento de propiedades dinámicas en respuesta a prácticas como el drenaje, riego, aplicación de enmiendas, etc. requiere de mediciones frecuentes en el ciclo agrícola, todo esto conlleva a un muestreo intensivo y repetitivo que genera un elevado número de muestras. La salinidad del suelo se determina a partir de la medición de la conductividad eléctrica del extracto de saturación (CE_{es}) con un conductímetro con corrección de temperatura, este método es superador ya que contempla la porosidad total del suelo, simula un contenido hídrico plausible de ocurrir y se constituye en un indicador para evaluar el crecimiento del cultivo. Si bien este método es expeditivo, al momento de analizar numerosas muestras puede resultar engorroso por el tiempo y los recursos involucrados, así como por la experiencia del laboratorista para alcanzar el punto exacto de la pasta, sobre todo en suelos arcillosos (Richards, L. A. 1980; Rhoades J. D. *et al.*, 1999; Kargas, G. *et al.*, 2018). Para facilitar el diagnóstico de salinidad se han propuesto varias alternativas desde sensores de electro conductividad aparente a campo hasta las mediciones de CE en laboratorio directamente en la pasta saturada o en extractos de suspensiones de suelo:agua en distintas proporciones por ejemplo 1:1; 1:2; 1:5. Las relaciones entre CE_{es} y las distintas alternativas pueden presentar un alto ajuste pero se debe tener en cuenta que la naturaleza de las sales presentes puede alterar la relación al aumentar la proporción de agua. Las predicciones de CE_{es} a partir de los extractos de suspensiones acuosas disminuyen cuando la salinidad es muy baja o muy alta. En general los coeficientes no son constantes y varían localmente según material original, textura y presencia de sales de moderada salinidad como el yeso. El tiempo de equilibrio y la metodología probablemente sumen variabilidad a los coeficientes determinados. No se recomienda la extrapolación de los parámetros de la regresión a condiciones distintas donde se generó el modelo. Al generar estos modelos algunos autores particionan efectos generados por textura, contenido de materia orgánica, etc. (Richards, L.A. 1954; Rhoades *et al* 1999; Merani *et al.*, 2022).

Las determinaciones de pH en una relación suelo-agua de 1:2,5 son mucho más rápidas y de menor costo que CE_{es} . La determinación de CE en la suspensión de pH ($CE_{1:2,5}$) agilizaría el proceso y permitiría eficientizar la tarea pudiendo aumentar el número de muestras analizadas para mejorar la confiabilidad y precisión de las predicciones realizadas a nivel de lote o lotes vecinos con similares condiciones. El objetivo del presente trabajo fue analizar las relaciones entre CE_{es} y $CE_{1:2,5}$.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó en varios lotes de una finca destinada a la producción de caña de azúcar y granos (soja/trigo/maíz) ubicada en el departamento Leales, llanura deprimida salina provincia de Tucumán, Argentina (27°10'28.94"S; 65° 7'15.78"O). Se tomaron 68 puntos de muestreo tratando de cubrir distintas situaciones, desde sectores salinizados sin cobertura vegetal hasta sectores con cultivos bien implantados. En cada punto de muestreo se tomaron muestras de suelo superficiales (0-25 cm) y muestras sub-



FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



International Union of Soil Sciences®



VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD

II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción”



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

superficiales (25-50; 50-75 y 75-100 cm). Las muestras superficiales y sub-superficiales estuvieron compuestas de 15 y 3 sub-muestras respectivamente.

La determinación de CE_{es} se realizó siguiendo la metodología estándar, las mediciones se realizaron con conductímetro portátil Adwa AD32 previamente calibrado (Rhoades *et al.*, 1989, Norma IRAM- SAGyP 21322, 2006). Se prepararon las suspensiones para determinar pH en una relación suelo agua 1:2.5 (Norma IRAM 29574, 2009) y se determinó pH y $CE_{1:2.5}$ en la misma suspensión. En las 68 muestras superficiales se determinaron las fracciones granulométricas % arena, % limo y % arcilla por el método de Bouyucous, mientras que las 194 muestras sub-superficiales se estimó la clase textural organolepticamente (Weil and Brady 2017). Se realizaron regresiones entre CE_{es} y $CE_{1:2.5}$ para las todas las muestras superficiales (68), posteriormente se analizaron las regresiones teniendo en cuenta tres grupos según las fracciones limo + arcilla: 42-55%, 55-69% y 70-88% (gruesa, media y fina, respectivamente). Luego se analizó la regresión del conjunto total de muestras (262) y nuevamente se realizaron regresiones según los grupos antes mencionados tomando un 80% de los datos de cada grupo, el 20 % restante se utilizó para validar los modelos a partir de un muestreo aleatorio sin reposición. La relación funcional entre CE_{es} y $CE_{1:2.5}$, ANOVA, muestreos, generación y validación de modelos se realizaron con el software Infostat (Di Renzo *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSION

Las fracciones granulométricas en las 68 muestras superficiales variaron entre 12-58%; 31- 64% y 10-26% para arena, limo y arcilla respectivamente. CE_{es} y $CE_{1:2.5}$ en las mismas muestras fluctuaron entre 0,2-17,3 y 0,05-4,75 dSm^{-1} respectivamente (tabla 1).

Tabla 1. Medidas de resumen de las variables $CE_{es}(dSm^{-1})$, $CE_{1:2.5}(dSm^{-1})$, arena (%), limo (%) y arcilla (%) en 68 muestras superficiales de suelos. Leales. Tucumán.

Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
$CE_{es}(dSm^{-1})$	68	3	4,44	147,6	0,2	17,3
$CE_{1:2.5}(dSm^{-1})$	68	0,66	1,01	154,2	0,05	4,75
Arena %	68	35	10,6	30,1	12	58
Limo %	68	50	8,0	15,9	31	64
Arcilla %	68	15	3,7	25,3	10	26

Al incorporar todos los datos superficiales (0-25 cm) en una misma regresión se observó una elevada correlación entre CE_{es} y $CE_{1:2.5}$ con un R^2 de 0,95 (tabla 2 y figura 1A). A partir de valores de CE_{es} superiores a 8 dSm^{-1} la variabilidad aumentó considerablemente en coincidencia con otros autores que trabajaron con pasta y extractos de suspensiones (Richards 1980; Rhoades *et al.*, 1989; Zalba *et al.*, 2013; Merani *et al.*, 2022).

Tabla 2. Coeficientes de regresión y estadísticos para la regresión lineal entre CE_{es} y $CE_{1:2.5}$ en 68 muestras superficiales de suelos. Leales. Tucumán. 2023.

Coeficientes	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Ordenada al origen	0,21	0,15	-0,09	0,51	1,37	0,174
Pendiente $CE_{1:2.5} (dSm^{-1})$	4,26	0,12	4,01	4,51	34,15	<0,0001



AGRONOMIA
FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



International Union of Soil Sciences®

Las regresiones mejoraron cuando se partitionaron los datos en los grupos fina, gruesa y media (Slavich and Petterson, 1993). Las categorías fina y media presentaron valores más altos de salinidad que la categoría gruesa (figuras 1B, 1C y 1D). Las texturas medias a finas son comunes en los sectores bajos con nivel freático más próximo a la superficie y mayor riego de ascenso capilar, salinización y sodificación (Abd El-kawy and Hedra 2018).

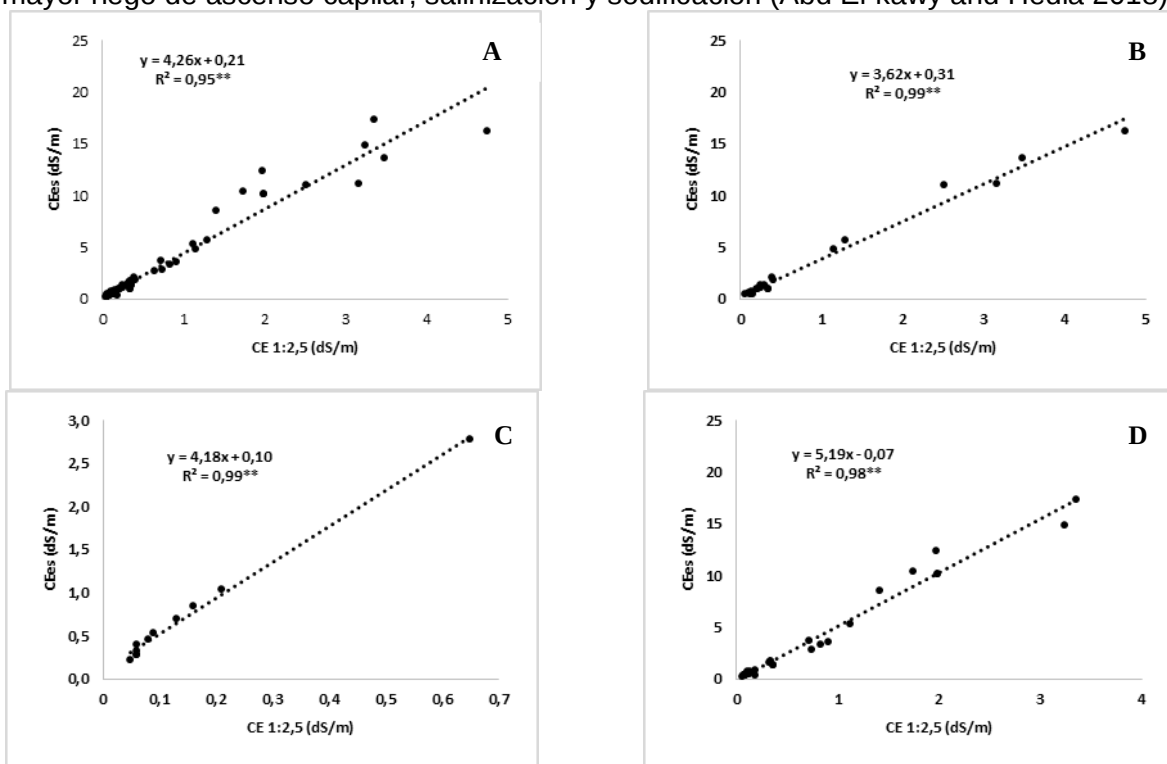


Figura 1: Regresión de conductividad eléctrica en extracto de saturación (CE_{es}) ($dS\ m^{-1}$) en función de la conductividad eléctrica medida en suspensión suelo agua 1:2,5 ($CE_{1:2,5}$) ($dS\ m^{-1}$) A: en muestras superficiales n=68, B: en muestras superficiales de textura “fina” limo + arcilla= 70-80 % n=22. C: muestras superficiales de textura “gruesa” limo + arcilla= 42-55% n=11. D: muestras superficiales de textura “Media” limo + arcilla= 55-69% n=35.

La regresión entre CE_{es} y $CE_{1:2,5}$ para el conjunto total de 262 muestras (superficiales y sub-superficiales) tuvo un comportamiento similar a la regresión para datos superficiales (figura 2A). En este caso también se encontró un ligero incremento del ajuste al separar los datos en las 3 categorías de textura antes mencionadas (figuras 2B, 2C y 2D).

Tanto para las muestras superficiales como para el conjunto de muestras el ajuste fue mejor para la textura gruesa porque en estos sectores CE_{es} fue en general baja (salvo un punto con un valor próximo a $12\ dSm^{-1}$), mientras que las texturas medias y finas presentaron los valores más elevados de salinidad en donde la variabilidad es mayor. La predicción a partir de los modelos para cada grupo textural fue muy buena para los tres agrupamientos de textura (tabla 3).

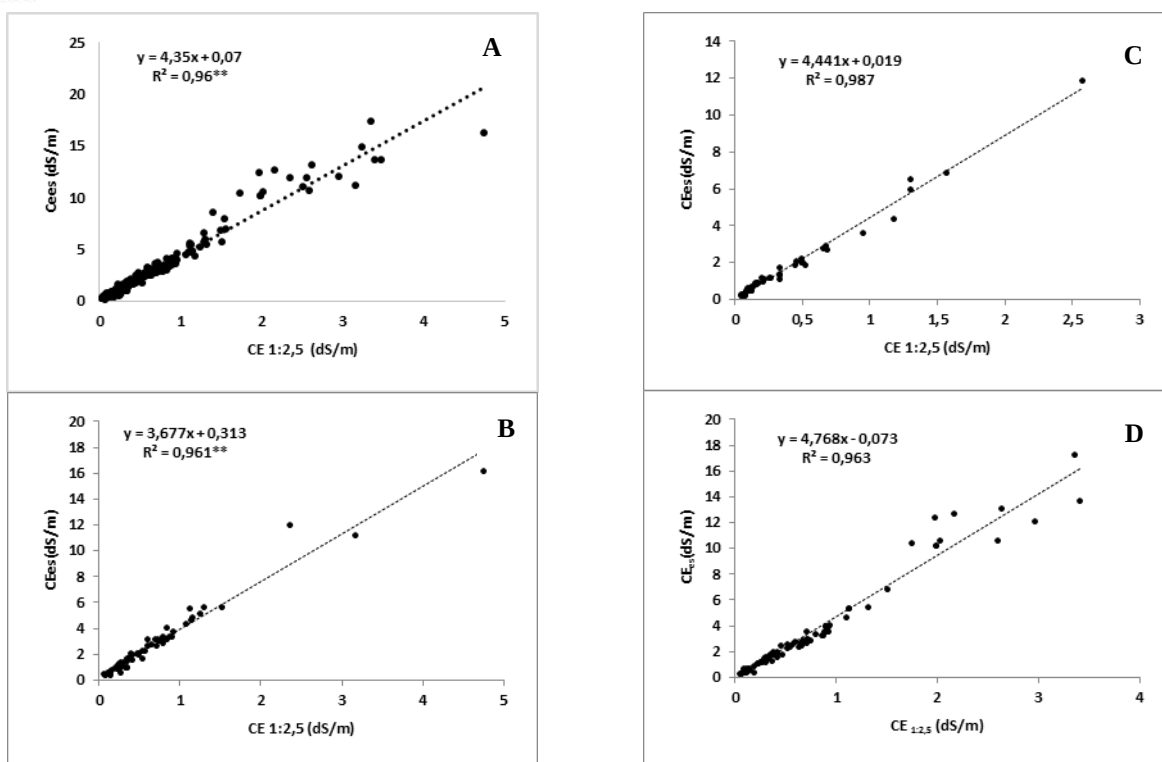


Figura 2: Regresión de la conductividad eléctrica en extracto de saturación (CE_{es}) ($dS\ m^{-1}$) en función de la conductividad eléctrica medida en suspensión suelo agua 1:2,5 ($CE_{1:2,5}$) ($dS\ m^{-1}$) A: total de muestras $n=262$. B: 80% de muestras de textura fina $n=63$. C: 80% de muestras de textura gruesa $n=52$. D: 80% de muestras de textura media $n=95$.

Tabla 3. Relación entre CE_{es} y CE_{es} predichos con los modelos para cada grupo de textura media, gruesa y fina. Leales. Tucumán.

Relación entre CE_{es} y CE_{es} predicha con el modelo	Textura	n	Ajuste R^2
$CE_{es} = (0,999 * CE_{es} \text{ predicho}) + 0,005$	Media	23	0,972
$CE_{es} = (0,937 * CE_{es} \text{ predicho}) + 0,079$	Gruesa	14	0,973
$CE_{es} = (1,102 * CE_{es} \text{ predicho}) - 0,230$	Fina	15	0,992

CONCLUSIONES

El ajuste fue bueno entre Conductividad Eléctrica en extracto de saturación (CE_{es}) y en suspensión suelo agua 1:2,5 ($CE_{1:2,5}$).

Este ajuste mejoró al separar los datos en 3 grupos según contenido de limo + arcilla, o textura estimada.

La variabilidad fue mayor a medida que aumentó la salinidad por arriba de $8\ dSm^{-1}$.

Los modelos generados permitieron predecir los valores de CE_{es} a partir de $CE_{1:2,5}$ con alta precisión.

BIBLIOGRAFIA

- Abd El-kawy OR and RMR Hedia. 2018. Shallow Water Table-induced Soil Degradation of a Lacustrine Cultivated Soil. Egypt. J. Soil. Sci. Vol. 58, No. 4, pp. 463 - 473 (2018).
- Di Rienzo JA, F Casanoves, MG Balzarini, L Gonzalez, M Tablada y CW Robledo. 2016. InfoStat versión (2016). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Figuerola, LR, LF Medina y AM Pietroboni. 1996. Variaciones del nivel freático en la llanura deprimida de Tucumán. Serie Monográfica 3. INTA-CRTS. Tucumán.
- Kargas G, I Chatzigiakoumis, A Kollias, D Spiliotis, I Massas & P Kerkides. 2018. Soil Salinity Assessment Using Saturated Paste and Mass Soil:Water 1:1 and 1:5 Ratios Extracts. Water, 10(11), 1589. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/w10111589>.
- Merani, VH, GJ Millan, DA Ferro, L Larrieu, D Bennardi, N Polich, L Juan & FM Bongiorno. 2022. Comparación de metodologías de determinación de la conductividad eléctrica y concentración iónica en suelos de la provincia de Buenos Aires. Ciencias Agronómicas, (34), e003. <https://doi.org/10.35305/agro34.277>
- Norma IRAM- SAGyP 21322. 2006. Determinación de conductividad eléctrica en soluciones acuosas.
- Norma IRAM- SAGyP 29574. 2009. Determinación del pH en suelo para uso agropecuario.
- Nosetto MD, A M Acosta, DH Jayawickreme, SI Ballesteros, RB Jackson and EG Jobbágy. 2013. Land-use and topography shape soil and groundwater salinity in central Argentina. Agric. Water Manage.129: 120-129.
- Puchulu ME. 2011. Variación de la profundidad y composición de la capa freática salina en la llanura deprimida de la provincia de Tucumán. 2ª Reunión de la Red Argentina de Salinidad, Tucumán, organizada por la RAS y la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNT, 24 a 26 de agosto de 2011.
- Rhoades JD; NA Manteghi, PJ Shouse & WJ Alves. 1989. Estimating soil salinity from saturated soil-paste electrical conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 428-433.
- Rhoades JD, F Chanduvi, SM Lesch.1999. Soil Salinity Assessment: Methods and Interpretation of Electrical Conductivity Measurements. Número 57 de FAO irrigation and drainage paper. FAO.
- Richards, L. A. 1980. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Limusa. México, D. F.
- Slavich PG and GH Petterson.1993. Estimating the electrical conductivity of saturated paste extracts from 1: 5 soil, water suspensions and texture. Soil Research, 31(1), 73-81.
- Sosa FA; RO Correa, GA Sanzano, JL Costa y J Terán. 2023. Comportamiento del nivel freático en distintos ambientes edáficos a nivel de lote en llanura deprimida salina, Tucumán. Revista industrial y Agrícola de Tucumán. Tomo 100 (1): 29-36; 2023.
- Weil RR and NC Brady. 2017. The Nature and Properties of Soils. 15th edition: Pearson, Columbus, OH.
- Zalba P; M Garay, N Amiotti y A Ares. 2013. Improved field method for estimating soil salinity. Union and Australia in Land Area Occupied by Salt-Affected 31 (2): 265–69.



VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción”



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa.

EL SUELO SE EXPRESA

¹ZABALA, G V, ²BARAVALLE I, ³D Fiorivanti, ⁴M C González, ⁵A Gómez, ⁶M A Urbé

¹Ingeniera Agrónoma y Profesora de Química I, ²Profesora de EGB y de Historia, ^{3, 4, 5, y}
⁶Alumnas de 4° año. Colegio Secundario “Héroes del Ara San Juan”. Segundo Gonzalez s/n.
Dorila. Maracó La Pampa. Tel. 02302-480176. colegio.heroedelarasanjuan@lapampa.edu.ar

RESUMEN: Este trabajo hará foco en los suelos productivos del Noreste pampeano, que habitan los alumnos del Colegio Secundario de la localidad de Dorila, el mismo ha cambiado su color, estructura, textura y napas freáticas, como consecuencia de los ciclos de inundaciones y sequías en los últimos años. Un grupo de productores están implementando diferentes técnicas de manejo para recuperarlos. Hemos sido invitados a participar junto a la regional del INTA, para estudiar la historia, las transformaciones y las posibles mejoras para cada ambiente, además se ha realizado un relevamiento de las familias que están siendo afectadas social y económicamente, por dicha problemática. Notamos que en las últimas décadas se ha utilizado un recurso limitado como el suelo para producir alimentos sin medir consecuencias del impacto ambiental que genera la utilización de sistemas agrícolas-ganaderos de alta productividad, expandiendo las fronteras de monocultivos, como la soja, a zonas que antes eran consideradas marginales. Además, hay un uso del suelo de la región sin tener en cuenta las variaciones que influyen en el rendimiento de los cultivos cuando se realizan prácticas agrícolas tradicionales. Consideramos que la aplicación de un conjunto de herramientas y su implementación implica beneficios económicos para el productor y para el ambiente, dado que permite un uso racional de la tierra y el agua. Esta iniciativa se encuentra en proceso de ejecución con el objetivo de tener una continuidad en los próximos ciclos lectivos, trabajando de forma interdisciplinar y transversal con varios espacios curriculares.

PALABRAS CLAVE: salinidad, sistemas productivos, ambientes.

INTRODUCCIÓN:

El colegio secundario “Héroes del ARA San Juan” tiene desde sus inicios como Ciclo Básico Ruralizado un plan institucional y pedagógico ampliamente vinculado con el contexto y la comunidad de la cual forma parte. En ese sentido y desde su creación como logro y avance de ampliación de derechos siempre se ha considerado la importancia de tener en cuenta la complejidad ambiental local y regional que apunte a la construcción colectiva del saber socioambiental con la participación e involucramiento de todos los actores de la comunidad educativa.

Desde esa perspectiva en todas las acciones realizadas desde la institución incluso desde el proceso de decisión de Orientación en Ciencias Naturales al momento de iniciar el Ciclo Orientado se ha trabajado en estrecha vinculación con la comunidad de familias, padres e incluso la comunidad en general y el resto de las instituciones de la población,



Desde la institución y desde un punto de vista que contempla la complejidad y transversalidad de diversas prácticas de enseñanza contextualizada entre las que se destaca la problemática ambiental se generan estrategias de participación tanto de estudiantes, profesores como familias que colaboran en el proceso de construcción colectiva de propuestas que derivan en aprendizajes significativos. Se procura en ese proceso involucrar desde los emergentes a todas las partes involucradas y trabajar en conjunto, en este caso de la ambientalización y la construcción del conflicto ambiental, identificación de los actores intervinientes y su grado de responsabilidad para elaborar líneas de acción concretas que sean viables y generen impacto favorables y de mejora.

Se trata desde esta propuesta avanzar en las acciones de formación (no solo escolar sino socio-comunitaria) y socialización de lo construido desde esta óptica de Educación Ambiental Integral contextualizada.

Este trabajo se gestó a partir de un trayecto de formación en Educación Ambiental Integral brindada por la UNIPE a los docentes de la institución, lo que llevó a acercarnos a la regional del INTA Gral Pico para interiorizarnos en problemáticas que promuevan la reflexión, concientización y generación de saberes en torno a los recursos naturales, enriquecidos con la bibliografía y el diálogo con los actores formales y no formales de la comunidad.

Con la idea de dar difusión a la importancia del cuidado del recurso suelo, se plantea realizar una recopilación de los diferentes manejos que realiza el ser humano, observando las propiedades físicas y químicas del mismo, teniendo en cuenta que es la base de la alimentación mundial y que su conservación es importante para generaciones venideras. El objetivo del trabajo es analizar las consecuencias generadas a partir de las inundaciones acaecidas durante el año 2017, cuando se registraron precipitaciones por encima de los 200 mm de la media para la zona, lo cual produjo cortes de caminos, rutas, canales clandestinos y alteos en zonas deprimidas. Además desde la institución educativa pudimos observar que estudiantes que habitan en campos alejados no lograron asistir con regularidad a clases por dicha situación.

En la microcuenca donde se encuentra ubicado nuestro colegio un grupo de productores junto con especialistas del INTA están trabajando en la recuperación de los suelos, aportando tecnología, conocimiento, estrategias de manejo, y monitoreo de lotes, conformando espacios de diálogos y escucha a lo cual nuestra institución educativa fue invitada a participar, alentando un trabajo sostenible y garantizando la producción futura. Notamos que en las últimas décadas la utilización de un recurso limitado como el suelo para producir alimentos sin medir consecuencias del impacto ambiental que genera la utilización de sistemas agrícolas-ganaderos de alta productividad, expandiendo las fronteras de monocultivos, como la soja, a zonas que antes eran consideradas marginales, ha sido tema de preocupación para productores y asesores de la zona. Y además, nos inquieta el uso del suelo de la región sin tener en cuenta las variaciones que influyen en el rendimiento de los cultivos cuando se realizan prácticas agrícolas tradicionales. Consideramos que la aplicación de un conjunto de herramientas implica beneficios económicos para el productor y para el ambiente, dado que permite un uso racional de la tierra y el agua.

Este proyecto se encuentra en proceso de ejecución con el objetivo de tener una continuidad en los próximos ciclos lectivos, trabajando de forma interdisciplinar y transversal con varios espacios curriculares.

Objetivos Generales:

- Desarrollar y fomentar el pensamiento crítico.
- Valorar y cuidar un recurso limitado como es el suelo.
- Conocer el trabajo que realiza una red de productores de la zona.
- Probar metodologías para mitigar el ascenso freático y procesos de salinización.
- Informar sobre tecnologías y capacidades que mejoran al suelo en un contexto de cambio climático global.
- Vincular al suelo y la alimentación con el ámbito escolar.



- Comprender la importancia de producir con manejos alternativos, luego de la problemática de las inundaciones.

- Conocer los modos de producción del conocimiento científico e interpretar a la naturaleza de la ciencia como una actividad humana que forma parte de la cultura.

- Reconocer los aportes de la Ciencia ante conflictos socioambientales

Objetivos específicos:

- Estudiar el suelo, conocer su perfil, estructura y textura.

- Diferenciar su composición inorgánica de la orgánica.

- Identificar nutrientes y materia orgánica.

- Orientar conocimientos sobre cómo y qué producir, según las características del Suelo.

- Intercambiar conocimiento sobre problemáticas y soluciones entre instituciones formales y no formales.

- Reconocer el papel de los avances tecnológicos en la transformación del suelo.

- Comprender la dinámica de los ecosistemas artificiales: agroecosistemas, la relación con el flujo de la energía y el ciclo de la materia. Impacto ambiental y pérdida de la biodiversidad y la contaminación asociada.

- Adoptar posturas críticas y fundamentadas utilizando lenguaje científico.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El Colegio Secundario “Héroes del ARA San Juan” de Dorila se ubica al Noreste de la Provincia de La Pampa, en la estepa pampeana. En esta región se registran los mejores niveles de precipitaciones en años normales, existiendo suelos aptos para la agricultura y con temperaturas que han permitido el asentamiento de pequeñas poblaciones que dependen de la producción agrícola. El 97% de los alimentos que consume la población mundial proviene del suelo. La capa cultivable sólo tiene veinte centímetros, pero es esencial para el desarrollo de la vida. Allí se encuentran la mayoría de los elementos químicos que las plantas necesitan para crecer y brindar productos alimenticios. Cuidar este recurso limitado, cuya formación demanda miles de años, es el primer requerimiento para la agricultura sostenible del Siglo XXI. El suelo es una obra perfecta de la ingeniería de la naturaleza, formada por varios elementos básicos del ambiente donde se desarrollan los cultivos. Como no todos los suelos son iguales, ni han pasado por los mismos procesos climáticos, conocer sus características es fundamental para elegir un sistema de manejo que no los siga degradando. En la actualidad, el productor dispone de sistemas de manejo que le permiten obtener altos rendimientos, conservando el potencial del suelo, procurando un manejo sostenible de los recursos naturales que contribuyan a disminuir los gastos de mantenimiento e infraestructura, lo cual conlleva un menor costo para la provisión de agua potable, energía eléctrica y otros servicios. También aporta a disminuir el calentamiento global vinculado con el efecto invernadero.



A partir de la década del 90, el NE de la Provincia de La Pampa se ha visto afectado por inundaciones recurrentes y procesos de salinización de suelos por ascenso freático. La tendencia climática indica un incremento significativo de las precipitaciones durante el periodo 1980-2000, coincidente con una disminución del consumo del agua del suelo.

Con fotos, proporcionadas por alumnos de la zona donde habitan.





del suelo, presencia de material vegetal, tamaño de
ada.

ticas que sitúan el conflicto ambiental:

[/id/18762/Reunin-del-Consejo-Asesor-de-Suelos-en-](https://repositorio.inta.gov.ar/handle/documento/18762/Reunin-del-Consejo-Asesor-de-Suelos-en-)

[/id/18961/Salinizacin-especialista-habl-de-trabajos-colectivos-y-en-red-con-productores](https://repositorio.inta.gov.ar/handle/documento/18961/Salinizacin-especialista-habl-de-trabajos-colectivos-y-en-red-con-productores)

Se realizan encuestas a familiares y/o conocidos que sean productores agropecuarios en la zona, a partir de las siguientes preguntas:

- a- ¿Están implementando nuevas técnicas orientadas a la recuperación del recurso suelo?
- b- ¿Miden cuestiones físicas y de salinización de suelos? ¿Cómo lo hacen?
- c- ¿Cómo se relacionan con organismos formales para abordar este tema?
- d- ¿Qué propuestas les acercan a estas problemáticas y que recomendaciones están poniendo en práctica?
- e- ¿Qué significa el suelo para usted? ¿Es importante la conservación del suelo? ¿Por qué?
- f- La degradación física del suelo ¿Es un tema que les preocupa? ¿Saben de otros productores que están con conflictos similares?
- g- ¿Consideran que es necesario modificar el tipo y la forma de producción?



Se visualiza el siguiente video: “Conoce Los Diferentes Tipos de Suelo y Sus Principales Características”, en: <https://www.youtube.com/watch?v=xKatFkhDKLI>.

Para tener un conocimiento de cómo está compuesto el suelo, cuáles son los principales tipos de suelo, cómo afecta el clima en el tipo de suelo, a qué nos referimos cuando hablamos del perfil del suelo, cómo podemos tomar muestras del suelo, de qué manera identificamos la textura del suelo, por qué es importante conocer el tipo de suelo y clima de una zona.

Se selecciona un campo de la zona en donde se realiza una calicata, lo cual nos permite apreciar el perfil del suelo. Actividad que es coordinada con el INTA.

Se toman muestras de cada una de las capas para analizar posteriormente. Así como también se realiza registros de imágenes fotográficas de todo el proceso para acompañar el muestreo.



Trabajo práctico en gabinete y laboratorio:

- a) Textura del suelo al tacto.



- b) Presencia de poros.
- c) Contenido de humedad.
- d) Presencia de materia orgánica.
- e) Estabilidad de los agregados.
- f) Capacidad de infiltración.

Se proyectan los siguientes videos:

El próximo paso: El suelo en: https://www.youtube.com/watch?list=PL-tcQJeWbO_LvtCv3jbco2tzm-EHCSXUi&v=-4zxo0Q8YF

El próximo paso: La nueva agricultura en: https://www.youtube.com/watch?list=PL-tcQJeWbO_LvtCv3jbco2tzm-EHCSXUi&v=Llr-OMTd-4c

Se realiza un informe final para difundir a la comunidad la problemática ambiental que está siendo monitoreada por los productores con el acompañamiento de los asesores, a través de la radio de Dorila y las redes sociales con que cuenta el colegio.

RESULTADOS Y DISCUSION:

Visualizamos la situación de los suelos salinos, que se vienen manifestando en el NE de la Provincia de La Pampa. Hay presencia de una gran superficie de suelos afectados por el ascenso de las napas de agua. En una superficie de alrededor de 2 millones de hectáreas, aproximadamente 400 mil cuentan con problemas de riesgo de anegamiento y sales. Los productores de la zona ya avanzaron de la instancia de diagnóstico a la etapa de implementación de acciones, Se ofrecen herramientas con el fin de mitigar el efecto de las sales en dichos suelos y recuperar este recurso tan valioso que es generador y desarrollador de la actividad agrícola y que afecta a todos los que forman parte de los sistemas productivos. Las alternativas productivas a dicha situación que se plantean son el uso de cultivos de invierno, la intensificación de la rotación, y la asociación de los sistemas con pasturas.



CONCLUSIONES:

Se concluye que es importante mitigar los efectos negativos que vienen generando el encharcamiento y el ascenso de las napas freáticas asociado a manejos alternativos de los diferentes cultivos.

Demostramos que se debe trabajar de manera colectiva entre los diferentes actores involucrados y en red de productores porque es un problema que excede al lote, ya que es un conflicto ambiental zonal.

AGRADECIMIENTOS:

A los alumnos de 4° año que participan acompañando el trabajo y al Ingeniero Agrónomo Cristian Álvarez del INTA General Pico por su desinteresada preocupación y por facilitarnos información.

BIBLIOGRAFÍA



2004. El gran libro de la siembra directa. Facultad de Agronomía. UBA.

Noellemeyer, Elke. 2021. Guía para la evaluación visual de la calidad del suelo. Editorial EdUNLPam

Quiroga, Alberto; Fernández, Romina; Álvarez, Cristian. 2018. Análisis y evaluación de propiedades físico-hídricas del suelo. Editorial INTA

Quiroga, Alberto; Fernández, Romina; Álvarez, Cristian. 2021. Ensayos de larga duración. Relación estratégica INTA- CREA hacia una producción sostenible. Editorial INTA Digital



EFFECTO DEL PASTOREO REGENERATIVO SOBRE PROPIEDADES EDÁFICAS EN UN TAMBO PERIURBANO DE BERISSO, BUENOS AIRES

**María Florencia Zanardi¹, Marcial Pablo Paradella¹, Martín Navarro Remis¹,
Laura Bautista¹, Santiago Julián Álvarez², Daniel Adalberto Ferro^{3y4}, Víctor
Hugo Merani^{3y4}, Matilde Mur^{3y4}, Luciano Larrieu^{3y4}, Esteban Ivan Pereira⁴, Clara
Donadelli⁴, Inti Ganganelli⁵, Luis Alejandro Di Piero⁶ y Guillermo José Millán^{1y3}**

¹ Facultad de Cs Agrarias y Forestales, UNLP. Curso Manejo y Conservación de Suelos.

² Tambo 6 de Agosto, FCAyF, UNLP

³ CISSAF, FCAyF, UNLP. Centro para la Sustentabilidad de los Suelos Agrícolas y Forestales.

⁴ Facultad de Cs Agrarias y Forestales, UNLP. Curso Mecanización Agrícola.

⁵ INFIVE, Facultades de Ciencias Agrarias y Forestales y Ciencias Naturales y Museo,
Universidad Nacional de La Plata-CCT CONICET La Plata, Argentina

⁶ Facultad de Cs Agrarias y Forestales, UNLP. Curso Producción Animal II.

RESUMEN: El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del pastoreo regenerativo sobre propiedades químicas y fisicoquímicas del suelo. Para tal fin se seleccionó el predio del Tambo 6 de Agosto, perteneciente a la FCAyF de la UNLP, ubicado en las calles 63 y 126, de la localidad de Berisso, provincia de Buenos Aires. Dicho tambo se encuentra en una zona de paisaje llano perteneciente a las planicies costeras del Río de la Plata, con pendientes inferiores al 0,2 % y suelo clasificado taxonómicamente como Natracuall vértico, capacidad de uso VIIws. En dicho predio se realizó una transición de sistemas tradicionales hacia un sistema agroecológico de producción lechera. Este proceso se inició en el año 2012 y continúa en la actualidad. Para evaluar el impacto que produjo el cambio en el uso y manejo del suelo, se identificaron tres tratamientos y se procedió al muestreo en tres sectores: T (testigo) que representa el suelo en el estadio inicial, con historia de pastoreo continuo. PR (Pastoreo Regenerativo) es el lote donde se realizó un pastoreo regenerativo sin suplementación en el campo. PRS (Pastoreo Regenerativo con Suplementación) es el lote donde se realizó una suplementación alimentaria rotativa sobre la superficie del lote. Se realizaron las determinaciones de pH en relación suelo: agua 1:2,5. Conductividad eléctrica en el extracto de pasta de saturación. Determinación de cationes y aniones en el extracto de saturación. Cálculo de RAS. El análisis de los resultados indica que los suelos en donde se realizó pastoreo regenerativo evidenciaron un descenso de la CE, pH y RAS, condiciones que indican una mejora del ambiente edáfico para el desarrollo vegetal y de la microflora del suelo. En relación con los cationes observamos que el efecto del cambio de manejo produce una disminución de la concentración de Na en la solución del suelo y un incremento de Ca y Mg solubles bajo pastoreo regenerativo. No se diferencia la concentración de K en solución para los diferentes tratamientos. Al analizar los cambios en la concentración de los aniones observamos la disminución del contenido de bicarbonatos en solución y el incremento de cloruros y sulfatos en solución para los tratamientos con pastoreo regenerativo. Los resultados indican una mejora marcada de los parámetros edáficos analizados, que, si bien no fueron el objetivo de estudio del presente trabajo, se reflejan en la producción forrajera, cobertura y diversidad florística lograda en el predio luego del cambio de manejo. Resulta promisorio continuar realizando estudios sobre la implementación de las prácticas de pastoreo regenerativo.

PALABRAS CLAVE: biodiversidad, tambo, ganadería familiar

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera a nivel mundial evidencia en la actualidad cuestionamientos debido al impacto y externalidades que genera, fundamentalmente relacionados con la emisión de gases de efecto invernadero, bienestar animal y seguridad alimentaria. En la actualidad se comenzaron a considerar alternativas de gestión adaptativa y sustentable de los pastizales, que consideren entre otros aspectos, la salud del suelo (Teague et al., 2016; Derner et al., 2018). Como respuesta a esta situación surge o se retoma como práctica alternativa el pastoreo regenerativo o manejo agroecológico del pastoreo, que implica planificar los movimientos de los animales para generar una alternancia de pastoreos cortos y descansos largos buscando optimizar el funcionamiento del ecosistema. La ganadería regenerativa plantea un enfoque diferente: imitar el diseño natural y promover la optimización de los procesos ecosistémicos como estrategia productiva. Esto permite alcanzar altos niveles de producción animal con bajo nivel de insumos industriales y tecnológicos, promoviendo el reciclado de nutrientes y la economía circular (Borrelli, 2020). Hay numerosos estudios que demuestran que este tipo de manejo genera beneficios en la productividad de los pastizales, reducción de la biomasa muerta seca en pie y un incremento de la diversidad vegetal (Kurtz et al., 2020). Sin embargo, son escasos los estudios del efecto de este tipo de pastoreo y su impacto sobre la salud del suelo (Kurtz, 2016). Teniendo en cuenta que el manejo se debe adaptar a las condiciones de cada ecosistema, es conveniente estudiar los impactos considerando el tipo de suelo, ya que las prácticas de manejo del pastizal pueden actuar en forma disímil según las diferencias en los tipos de suelo (Xu et al., 2018).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del pastoreo regenerativo sobre propiedades químicas y fisicoquímicas del suelo realizando el estudio de caso en un tambo de escala de producción a escala familiar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo:

El ensayo se realizó en el predio del Tambo “6 de Agosto”, perteneciente a la FCAYF de la UNLP, ubicado en las calles 63 y 126, de la localidad de Berisso, provincia de Buenos Aires. Dicho tambo se encuentra en una zona de paisaje llano perteneciente a las planicies costeras del Río de la Plata, con pendientes inferiores al 0,2 % con suelos clasificados taxonómicamente como Natracualf vértico, capacidad de uso VIIws. (Hurtado et al., 2006). Este predio cuenta con 5 hectáreas. En cuanto a su estructura productiva el predio se asemeja a la de pequeños productores familiares lecheros de la Cuenca de Abasto sur, la cual comprende La Plata y partidos vecinos (San Vicente, Magdalena y Brandsen), de los cuales muchos de ellos se encuentran en zonas periurbanas similares a las planteadas en este caso (Di Piero, 2018). Actualmente cuenta con 12 vacas en producción y un total de 17 animales sumando las demás categorías.

Tratamientos:

Para evaluar el impacto que produjo el cambio en el uso y manejo del suelo, se identificaron tres tratamientos y se procedió al muestreo en los tres sectores:

T (testigo) que representa el suelo en el estadio inicial, con historia de pastoreo tradicional. El modelo productivo era de base pastoril con suplementación. En cuanto al componente forrajero se utilizaban pasturas implantadas y verdeos, los cuales se producían bajo sistemas de labranza convencional.

PR (Pastoreo Regenerativo) es el lote donde se realizó un pastoreo regenerativo sin suplementación en el campo.

PRS (Pastoreo Regenerativo con Suplementación) es el lote donde se realizó una suplementación alimentaria móvil en el lote o parcelas de alimentación móvil. Consistió en



AGRONOMIA
FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Plata



International Union of Soil Sciences®

armar parcelas de alimentación temporales (2-3 meses) en diferentes sectores del campo, e ir rotándolos, decidiendo dicha rotación en función de los indicadores de baja fertilidad o signos de degradación. En estas parcelas se suministra la ración de malta (residuo de cerveceras) y se proporciona rollos.

Las parcelas con pastoreo regenerativo se siembran con sorgo, vicia y trébol rojo, promoción de raigrás y sin uso de agroquímicos, obteniendo excelentes resultados.

El proceso de transición y establecimiento del sistema de manejo lleva 11 años desde su inicio.

Muestreo:

Se realizó un muestreo de suelo confeccionando 3 muestras compuestas de cada tratamiento, con una cantidad de 20 submuestras por cada muestra compuesta. La profundidad de muestreo fue de 0 a 20 cm.

Determinaciones:

Se realizaron las siguientes determinaciones siguiendo los protocolos de análisis detallados en el SAMLA-PROMAR(2004)

La determinación de pH en relación suelo: agua 1:2,5

Conductividad eléctrica en el extracto de pasta de saturación

Determinación de cationes y aniones en el extracto de saturación. Ca^{+2} y Mg^{+2} por complejometría con EDTA. Na^{+1} y K^{+1} por fotometría de llama. HCO_3^{-1} por acidimetría. Cl^{-1} por argentometría y SO_4^{-2} por turbidimetría.

Cálculo de RAS por fórmula

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

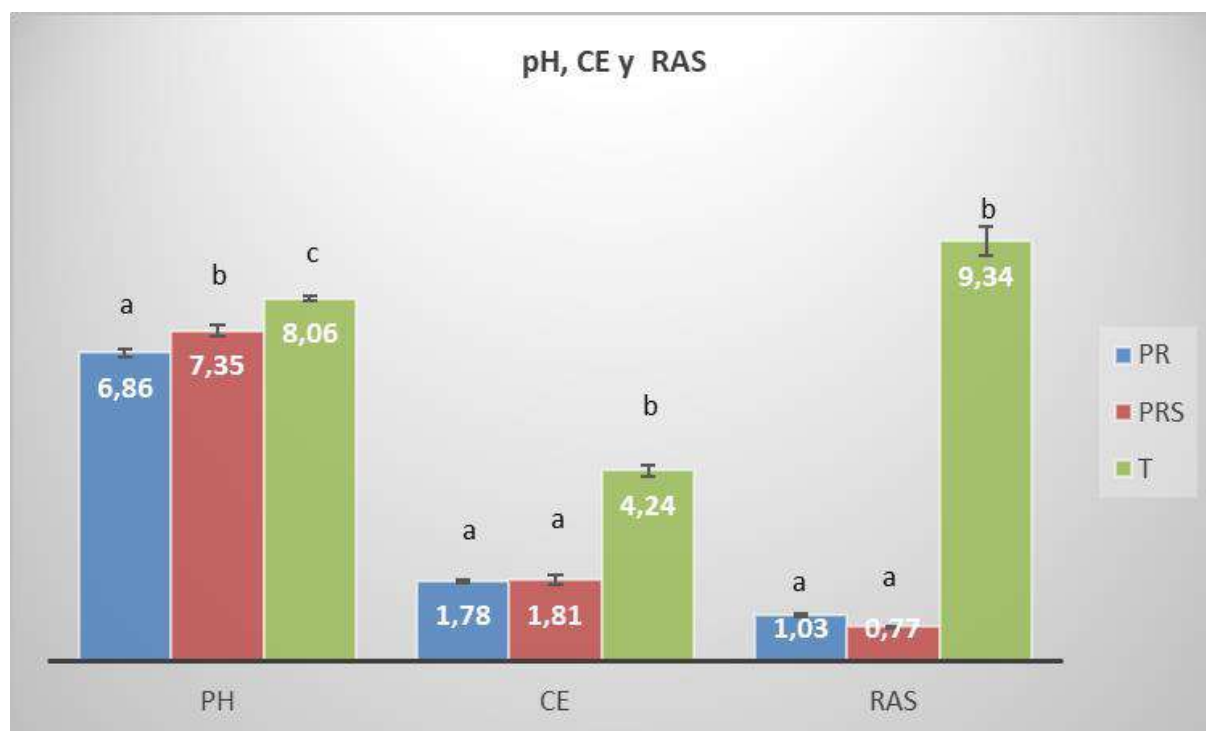


Figura 1. Detalle de los resultados de las determinaciones de pH, CE y cálculo de RAS para los 3 tratamientos. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) test de Tuckey.

En la figura 1 se observa que el cambio en el manejo produjo una disminución significativa en



AGRONOMIA
FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



International Union of Soil Sciences®

los tres parámetros fisicoquímicos analizados. En todas las situaciones el pastoreo regenerativo en sus 2 variantes, con y sin parcelas de alimentación móvil, produjo una disminución de la alcalinidad, del contenido de sales y de la relación de adsorción de sodio. La neutralización del pH mejora las condiciones del ambiente edáfico y la solubilidad de los nutrientes entre otras variables. El efecto del manejo sobre el pH parece indicar que no tendría un efecto significativo en suelos de reacción ácida (Abdalla et al., 2018), pero si producen modificaciones significativas en suelos de reacción alcalina como los del presente trabajo. Asimismo, entendiendo que el pH es producto de los procesos predominantes y equilibrio entre las fuentes de acidéz o alcalinidad, el incremento de la actividad biológica aerobia y el mayor aporte de materia orgánica podría ser la causa de la disminución del pH en el estrato superficial del suelo (Zapata Hernández, 2004). La disminución de la conductividad eléctrica podría deberse a una disminución del ascenso capilar y un incremento de la infiltración como producto de una modificación de la macroporosidad, estructuración y cobertura vegetal generadas por la mayor productividad del pastizal y el aporte de materia orgánica (Cisneros et al., 2006, Cantero et al., 2011). Kurtz et al., (2020) también registraron una disminución de la CE en el estrato superficial del suelo, en Psammacuent típicos del departamento de Concepción, Corrientes, Argentina, aunque partían de valores muy por debajo de los determinados en los suelos de este ensayo. La reducción de la RAS se daría por una disminución del contenido de sales, un incremento de la concentración de Ca y la disminución de la concentración de Na (Figuras 1 y 2).

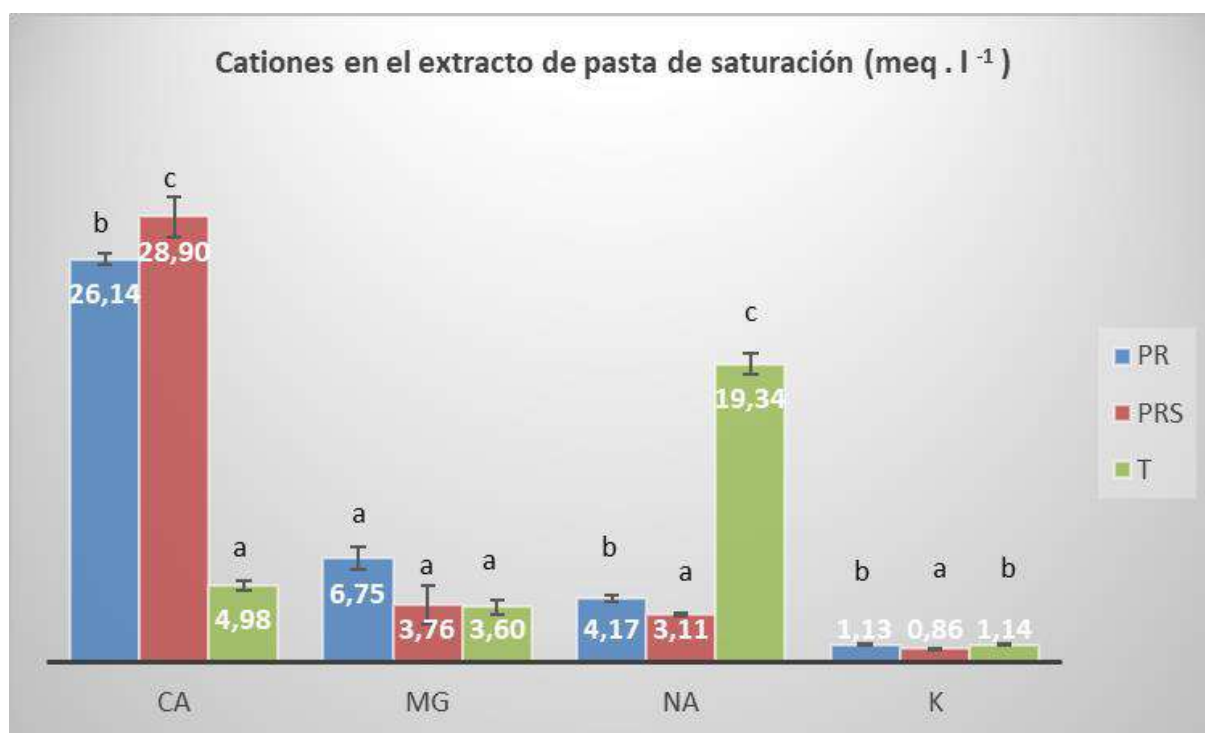


Figura 2. Detalle de los resultados de las determinaciones de Ca, Mg, Na y K para los 3 tratamientos. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) test de Tuckey.

La determinación de cationes, que se detalla en la figura 2, muestra un incremento en la concentración de Ca y una disminución del Na para los tratamientos con pastoreo regenerativo. Para el magnesio sólo se diferenció el tratamiento sin parcelas de alimentación móvil. Para el K se produjo una disminución con respecto al testigo en el tratamiento con



pastoreo regenerativo con suplementación. Estos resultados indican que la salinidad se reduce, pero la disminución de los iones en solución lo hace de manera diferencial. El suelo posee concreciones de carbonatos de Ca y Mg, las cuales en un ambiente húmedo y con CO₂ producto de la respiración se solubilizarían como bicarbonatos, incrementando la concentración de Ca y generando un intercambio con el Na que podría lixiviarse en profundidad (Lavado, 2012).

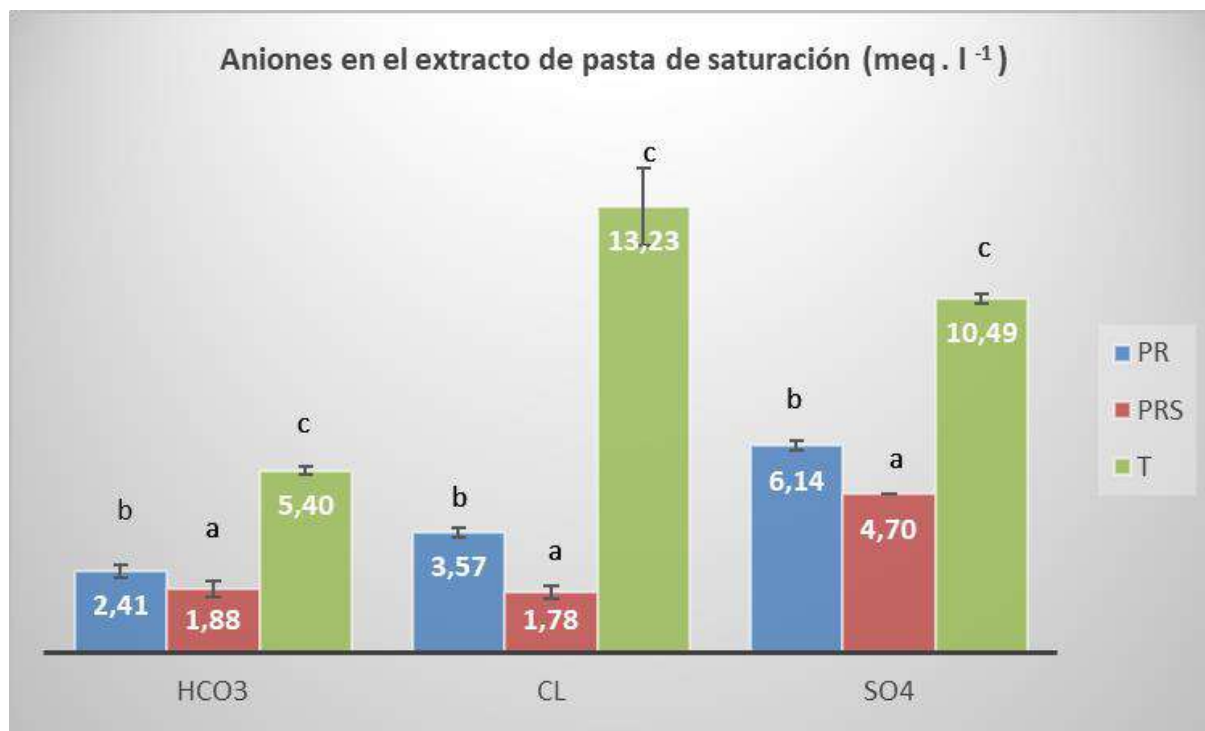


Figura 3. Detalle de los resultados de las determinaciones de HCO₃, Cl y SO₄ para los 3 tratamientos. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) test de Tuckey.

En la figura 3 se observa que la concentración de aniones disminuye en los tratamientos con pastoreo regenerativo de manera homogénea para los iones analizados. Asimismo, se diferencian las distintas variables de pastoreo regenerativo entre sí, observando concentraciones menores de aniones en solución cuando se utilizaron parcelas de alimentación móvil. La disminución de la concentración en las parcelas con pastoreo regenerativo en el estrato superficial de suelo se debería a la interrupción del ascenso capilar debida a la absorción y evapotranspiración de la vegetación, que evita la evaporación y acumulación de sales en superficie y a su vez generaría una zona seca superficial que permitiría el lavado en profundidad por el agua de lluvia (Nosetto, 2007).

CONCLUSIONES

El cambio en el sistema de manejo del pastoreo generó cambios positivos en los indicadores seleccionados en este ensayo.

Se observó la neutralización del pH, la disminución de la CE y la RAS de manera significativa, disminuyendo la salinidad, sodicidad y alcalinidad del estrato superficial del suelo.

Ambas variantes utilizadas en el ensayo de manejo regenerativo se diferenciaron de manera significativa del tratamiento testigo y evidenciaron una recuperación de la salud del suelo.

Los resultados obtenidos promueven la profundización de los estudios sobre el impacto del



AGRONOMIA
FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa
U.N.L.Pam.



International Union of Soil Sciences®

pastoreo regenerativo y el análisis de otros parámetros y procesos fisicoquímicos y biológicos.

BIBLIOGRAFIA

- Abdalla M, A Hastings, DR Chadwick, DL Jones, MB Rees & P Smith. 2018. Critical review of the impacts of grazing intensity on soil organic carbon storage and other soil quality indicators in extensively managed grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 253: 62-81.
- Borrelli P. 2020. Ganadería regenerativa en la Región Pampeana: una oportunidad sin precedentes. *Revista MDA. La Plata, Argentina* 2 N°1: 21-25.
- Cantero JJ, J Cisneros, O Giayetto, C Nuñez, J de Prada, J y M Piola. 2011. Estrategias de manejo de la vegetación natural en ambientes salinos. El caso de estancia "las dos hermanas" (Arias, Córdoba). Resúmenes, Segunda Reunión de la Red Argentina de Salinidad RASTUC. Sociedad Rural de Tucumán. 24 al 26 de Agosto.
- Cisneros J., A. Degioanni, J. Cantero, y A. Cantero. 2006. Caracterización y manejo de suelos salinos en el Área Pampeana Central. *Agrociencia* X(2): 109 – 124.
- Di Piero LA. 2018. Intervención sobre el proceso de transición Agroecológica de un sistema Lechero. El caso del Tambo 6 de Agosto. Tesis trabajo final de Carrera FCyF, UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66974>
- Hurtado M, J Gimenez, M Cabral y M da Silva. 2006. Análisis ambiental del partido de La Plata. Aportes al Ordenamiento Territorial. Instituto de Geomorfología y Suelos. Centro de Investigaciones de Suelos y Aguas de Uso Agropecuario (CISAUA). Convenio Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires-Facultad de Ciencias Naturales y Museo Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina 129p.
- Kurtz D, Rey Montoya S, Ybarra, D, Grancic C y Sanabria, C. 2020. impacto del pastoreo en propiedades fisico-químicas de un psammacuent en pastizales del Nordeste Argentino. *Revista Argentina de Producción Animal. CABA, Argentina.* 40 N° 2: 1-13.
- Lavado R. 2012. Fertilidad de Suelos: caracterización y manejo en la Pampa Deprimida; Cap. 3: Salinidad y alcalinidad: propiedades, efectos sobre cultivos y manejo. P. 35-58. Editorial Facultad de Agronomía, UBA. 2da edición. CABA, Argentina.
- Nosetto M. 2007. Conversión de pastizales en forestaciones: impactos sobre la dinámica del agua y sales. Tesis doctoral. Escuela para Graduados Alberto Soriano. Facultad de Agronomía de la UBA.
- Sato C, C Strong, P Holliday, D Florance, J Pierson & D Lindenmayer. 2019. Environmental and grazing management drivers of soil. condition. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 276:1-7.
- Xu S, S Jagadamma & J Rowntree. 2018. Response of grazing land soil health to management strategies: A summary review. *Sustainability* 10: 4769.
- Zapata Hernández RD. (2004). La química de la acidez del suelo. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Medellin, Colombia. 197p.



VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción”

19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa



EFFECTO DE LA FERTILIZACION E INOCULACION SOBRE LA PRODUCCION DEL CULTIVO DE SOJA EN SUELOS SODICOS

Aimetta, M. B¹; V. J. Gudelj¹; M. B. Conde¹.

¹ Estación Experimental Agropecuaria INTA Marcos Juárez, Ruta Prov. N° 12 Km 36 CC 21 Marcos Juárez-Córdoba.

Autor de contacto: aimetta.bethania@inta.gob.ar

RESUMEN:

En condiciones de salinidad-sodicidad el cultivo de soja (*Glycine max* L.) reduce el crecimiento, la producción de granos, la cantidad y el peso de nódulos, afectando la fijación biológica de nitrógeno (N). El objetivo fue evaluar la respuesta productiva del cultivo de soja ante diferentes prácticas de manejo como es el subsolado de suelo, la inoculación y la fertilización con azufre y nitrógeno. El experimento se realizó sobre un complejo de suelos sódico del sudeste de Córdoba, con un diseño en parcelas divididas donde el factor principal fue el subsolado y el subfactor los tratamientos de fertilización con y sin inoculación, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: Testigo: Testigo sin fertilizar con semilla sin inocular; 160 N: 160 kg de N en R1 con semilla sin inocular; 15 S+IP: 15 kg de S con semilla inoculada Premium; 160 N+IP: 160 kg de N en R1 con semilla inoculada Premium; 15 S+160 N+IP: 15 kg de S + 160 kg de N en R1 con semilla inoculada Premium; Testigo+IP: Testigo sin fertilizar con semilla inoculada Premium; 15 S+IProd.: 15 kg de S y semilla con inoculante del productor. En R1 se determinó visualmente la presencia o ausencia de nódulos en raíz y en R8 cosecharon 2 m lineales de plantas (0,7 m²) para determinar rendimiento. Se detectó un escaso número o incluso ausencia de nódulos en R1 en las zonas de menor crecimiento aéreo de soja. En la cosecha manual, las parcelas subsoladas con inoculante premium y fertilizadas con S o S+N rindieron 132 y 142% respecto a los mismos tratamientos no subsolados. Sin embargo, la cosecha mecánica no mostró diferencias significativas entre tratamientos. En función de los resultados obtenidos, resulta necesario evaluar la respuesta a las prácticas de manejo clasificando las unidades experimentales según el nivel de productividad.

PALABRAS CLAVE: nitrógeno, azufre, nodulación.

INTRODUCCIÓN:

Los suelos salinos y sódicos ocupan en la provincia de Córdoba el 14% y 17% de la superficie total respectivamente (Jarsún *et al.*, 2003). A partir de la década del 80, con la expansión agrícola, suelos con algún tipo de limitantes, como es el caso de los suelos con exceso de sales y sodio, fueron destinados principalmente al cultivo de soja (*Glycine max* (L.)) (Demaría *et al.*, 2008; Paruelo *et al.*, 2005). Con dicha expansión se incrementó la superficie implantada con soja en Argentina, pasando de 25 mil ha en la campaña 1969-1970 a más de 15,8 Millones de ha en 2021-2022 (MAGyP, 2022). En el periodo 2016-2017, del área implantada total con trigo, soja y maíz el 17% en el departamento Marcos Juárez y el 29 % en el departamento Unión se realizó sobre suelos con limitantes de tipo salinas, sódicas y salino-sódicas, mientras que la proporción de estos suelos destinados solo a soja representó el 21% en Marcos Juárez y 18 % en Unión (Aimetta *et al.*, 2020). Esto pone de manifiesto la importancia del aporte de estos suelos al área implantada con cultivos agrícolas.

Los suelos con elevado contenido de sales se pueden clasificar en salinos, sódicos y salino-sódicos según los valores de conductividad eléctrica (Ce) del extracto de saturación, el porcentaje de Na⁺ intercambiable (PSI) y pH. Los suelos “sódicos” tienen PSI > 15, pH ≥ 8,5 y Ce < 4 dSm⁻¹ (Allison *et al.*, 1970). En este tipo de suelos el pH es una variable que se



FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



relaciona con el contenido de sodio en el suelo y puede fluctuar entre 8.5 y 10 cuando el PSI es > 15 , lo cual lo hace un indicador económico y de rápida determinación para la identificación de este tipo de suelos (Allison *et al.*, 1970).

La acumulación de Na^+ en el suelo afecta la estructura, el Na^+ se une a los coloides produciendo un hinchamiento de las arcillas debilitando las uniones y dispersando las partículas. Esta dispersión bloquea el sistema poroso, reduce la infiltración y la capacidad de almacenamiento, genera anegamientos y afecta el movimiento de agua y aire (Adcock *et al.*, 2007a; Gill, 2010; Lavado, 2010). La falta de oxígeno en el sistema produce asfixia de las raíces, afecta la nutrición vegetal, disminuye la actividad microbiana e incrementa los procesos reductores (Navarro Blaya & Navarro García, 2003). Además, el Na^+ afecta directamente a los cultivos por ser absorbido y acumulado en los tejidos vegetales interfiriendo en el metabolismo celular y en el transporte de elementos generando efectos tóxicos (Munns & Tester, 2008; Navarro Blaya & Navarro García, 2003).

El cultivo de soja (*Glycine max* L.) es una especie leguminosa moderadamente sensible a la salinidad (Katerji *et al.*, 2003), aunque presenta variabilidad genética dentro de la especie (Velagaleti & Schweitzer, 1993). Ante condiciones de salinidad/sodicidad reduce el crecimiento (Amirjani, 2010) y disminuye la producción de granos (Aimetta *et al.*, 2017; Milán & Bonadeo, 2017) hasta disminuciones del 50% (Gill, 2010). La salinidad también afecta la fijación biológica de N y disminuye el peso seco de los nódulos tanto en condiciones controladas (Delgado *et al.*, 1994; Hafeez *et al.*, 1988) como a campo (Peñalosa *et al.*, 1981). Este efecto puede deberse a la reducción del número de pelos radiculares y, en consecuencia, a la menor colonización por *Rhizobium* (Zahran & Sprent, 1986). Bajo estas condiciones resultaría necesario aplicar N al cultivo a los fines de suplementar la escasez del aporte atmosférico de este nutriente. Sin embargo, los antecedentes que evalúen la fertilización de este cultivo en suelos salinos y sódicos son escasos.

Las técnicas utilizadas para aumentar la productividad en ambientes salino-sódicos están orientadas a reducir el ascenso capilar de la capa freática, aumentar la infiltración, recuperar la cobertura y mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo (Cisneros *et al.*, 2007; Qadir *et al.*, 2001). Algunas de las prácticas utilizadas son la ruptura de la capa superficial (Hervé & Mita, 1999) con implementos mecánicos para mejorar la infiltración de agua, subsolado y uso de drenes topo para roturación profunda del suelo y generación de canales (Adcock *et al.*, 2007b; McNeill *et al.*, 2008) y el uso de enmiendas químicas como el yeso (Chorom & Rengasamy, 1997; McNeill *et al.*, 2008) para mejorar la estructura y disminuir tanto PSI como pH.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta productiva del cultivo de soja ante diferentes prácticas de manejo como es el subsolado de suelo, la inoculación y la fertilización con azufre y nitrógeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones generales y diseño experimental

El experimento se realizó en un establecimiento agrícola de la localidad de San Marcos Sud, departamento Marcos Juárez en la provincia de Córdoba (32.616346° S, 62.441489° W con 115 msnm). La localidad posee temperatura media anual de $17,05^\circ\text{C}$ y régimen de precipitaciones de 793 mm anuales. El suelo es un complejo (Co 10) donde el 50% de los suelos que lo forman son alcalino-sódicos (INTA, 1979a). El diseño fue en parcelas divididas (strip plot) donde el factor principal fue el subsolado y el subfactor los tratamientos de fertilización con y sin inoculación, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: 1: Testigo: Testigo sin fertilizar con semilla sin inocular; 2: 160 N: 160 kg de N en R1 con semilla sin inocular; 3: 15 S+IP: 15 kg de S con semilla inoculada Premium; 4: 160 N+IP: 160 kg de N en R1 con semilla inoculada Premium; 5: 15 S+160 N+IP: 15 kg de S + 160 kg de N en R1 con semilla inoculada Premium; 6: Testigo+IP: Testigo sin fertilizar con semilla inoculada Premium; 7: 15 S+IPProd.: 15 kg de S y semilla con inoculante del productor.



Debido a la heterogeneidad espacial del lote respecto a las características del suelo se realizaron parcelas grandes que abarcan la variabilidad del ambiente. Las características químicas iniciales del experimento en la profundidad 0,20 m se describen en la Tabla 1. En el mes de julio se realizó la pasada de subsolador a una profundidad de 0,4 m y una distancia entre púas de 0,52 m. Posteriormente se realizó la aplicación de sulfato de calcio al voleo en los tratamientos correspondientes. La siembra se realizó en octubre de 2021 con maquinaria del productor en parcelas de 26 m de ancho por 50 m de largo, con la variedad 46R18 con una distancia entre surcos de 0,35 m y una densidad de 25 semillas.m⁻¹ lineal. La inoculación se realizó con un pack de inoculante premium de Barenbrug en los tratamientos Premium y con un inoculante de uso común del productor (Mix soja 80 de Facyt). Se mantuvo libre de malezas durante todo el periodo de crecimiento del cultivo. En estado de R1 (diciembre) se realizó la aplicación al voleo de urea en las parcelas correspondientes. La cosecha manual de plantas se realizó el 17 de marzo tomando una muestra de 0,7 m² dentro de cada tratamiento y repetición en los lugares en donde la soja tuvo el mejor crecimiento y posteriormente se realizó la cosecha con maquinaria de productor, tomando la totalidad de la parcela de cada tratamiento y repetición sin diferenciar la parcela principal, ya que debido a la sequía ocurrida en la campaña una gran parte de la superficie se vio afectada tanto en los tratamientos subsolados como no subsolados.

Tabla 1: Valores medios de los parámetros químicos iniciales del experimento y de un manchón de suelo con escaso crecimiento vegetal denominado “situación extrema”, en la profundidad de 0,20 m. Los valores $\pm$ corresponden al desvío estándar.

Parámetros	Experimento	Situación extrema
pH (1:2,5)	6,7 $\pm$ 0,52	8.4
Ce (1:2,5 dS.m ⁻¹)	0,21 $\pm$ 0,07	0.40
Materia orgánica (%)	1,83 $\pm$ 0,3	1.14
Nitrato (ppm)	32 $\pm$ 3	59
Nitrógeno total (%)	0,09 $\pm$ 0,01	0.057
Fósforo asimilable (ppm)	19 $\pm$ 2,65	38
Azufre (ppm)	36 $\pm$ 18,19	60

Determinaciones

Con barreno de 2.5 cm de diámetro se tomó una muestra compuesta de veinte submuestras extraídas hasta 0,2 m de profundidad. Con la muestra seca y tamizadas por 2 mm se determinó pH en una relación suelo:agua 1:2.5 (Thomas, 1996), Ce en una relación suelo:agua 1:2.5 (Rhoades, 1996), materia orgánica (Walkey & Black modificado de Nelson & Sommers, 1996), N-NO₃⁻ a través del método del ácido fenol-disulfónico (Bremmer, 1965), Fósforo (Bray & Kurtz, 1945; Kuo, 1996; Olsen *et al.*, 1954), S a través del método turbidimétrico (Rabinder *et al.*, 2011). En planta, en estado de R1 se determinó visualmente la presencia o ausencia de nódulos en raíz y en R8 se seleccionaron y cosecharon 2 m lineales de plantas (0,7 m²) para determinación del rendimiento.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron a través de un ANAVA utilizando el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2017). Se analizó con modelos mixtos (MLM), considerando el subsolado y el tratamiento de fertilización y la interacción entre ambos como factores fijos, mientras que repetición/bloque se consideró como aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En R1 se detectó un escaso desarrollo de raíces y número o ausencia de nódulos sobre los manchones de suelo donde el crecimiento aéreo de soja fue menor, en relación con la zona de mayor producción. Estos resultados coinciden con lo reportado por Zahran & Sprent, (1986)

para Vicia faba en estrés hídrico y salinidad, y con las disminuciones en el tamaño y peso de nódulos en soja que obtuvieron Peñalosa *et al.* (1981) sobre suelos sódicos.

En el estado de R8 se observó una gran variabilidad espacial en altura de plantas, con un desarrollo desuniforme del cultivo, por lo cual se seleccionaron las zonas donde el crecimiento de soja fue mayor para determinar rendimiento. Los resultados mostraron una interacción significativa entre el subsolado y la fertilización, donde las parcelas subsoladas, tratadas con inoculante premium y fertilizadas con S o la mezcla S+N rindieron 132 y 142% respecto a los mismos tratamientos no subsolados (Figura 1). Obsérvese que tanto la aplicación de S como la inoculación con IP tuvieron que ver en este mayor rendimiento en las parcelas subsoladas, a pesar de que los valores iniciales de S en suelo fueron elevados. Sin embargo, en el análisis de suelo final (Tabla 2), se puede detectar que en el sector de Alto crecimiento los valores de S fueron inferiores a los valores detectados en el sector de Bajo crecimiento. Esto se debe a la suma de dos factores, por un lado, en el sector de Bajo el consumo de S es escaso o nulo y por otros que presentan manchones de suelos sódicos con elevados niveles de pH y sulfatos en solución. Otros antecedentes también detectaron una respuesta significativa en el rendimiento de soja con la aplicación de entre 7 y 15 kg ha⁻¹ de S en suelos la Región Pampeana (Ferraris *et al.*, 2004).

Tabla 2: Valores medios de los parámetros químicos del experimento diferenciando por sector de mayor (Alto) y menor (Bajo) crecimiento de soja en la profundidad de 0,20 m. Los valores $\pm$ corresponden al desvío estándar.

Sector	PH	CE	MO	NO3	P	S
Alto	5,7 $\pm$ 0,1 b	0,09 $\pm$ 0,02 b	2,1 $\pm$ 0,19 a	21 $\pm$ 4,5 b	17 $\pm$ 4,7 a	12,6 $\pm$ 0,7 b
Bajo	7,3 $\pm$ 0,4 a	0,46 $\pm$ 0,08 a	1,54 $\pm$ 0,09 b	224 $\pm$ 76,4 a	41 $\pm$ 17 a	66,2 $\pm$ 5,3 a

Cuando realizó la cosecha mecánica de los tratamientos, sin discriminar el subsolado, no fue posible detectar diferencias significativas entre tratamientos (Figura 2), debido a la variabilidad espacial en el crecimiento del cultivo observadas desde etapas tempranas del desarrollo.

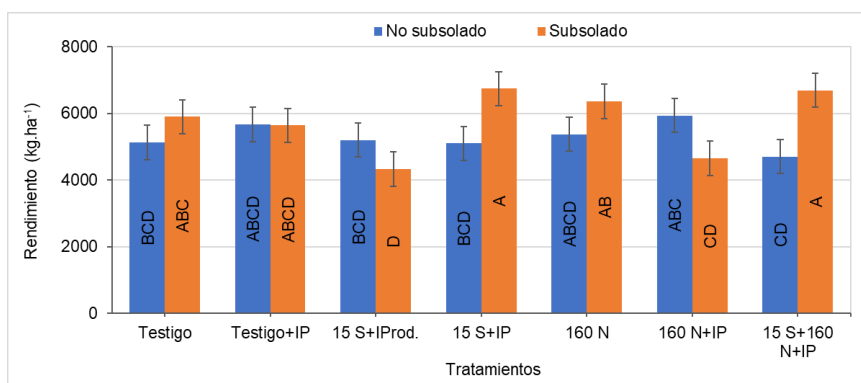


Figura 1: Rendimiento de soja en cosecha manual. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos según LSD de Fisher con MLM.

Los resultados (Figura 1) muestran el efecto benéfico del subsolado como manejo del suelo cuando además se inoculó con IP y se fertilizó el cultivo con S, indicando un mayor crecimiento radicular de los cultivos por la estructuración de las grietas y fracturas realizadas con la labranza y una mejor nutrición de este. Además, el subsolado favorece el drenaje de las sales en profundidad fuera del alcance de las raíces y permite mejorar el crecimiento de los cultivos y su rendimiento, (Hervé & Mita, 1999). Esto no fue posible dado la escasez de las precipitaciones durante la campaña (348mm de octubre a marzo), pero podría ocurrir en el

futuro dado que se han reportado efectos residuales favorables hasta seis años posteriores al subsolado y aplicación de yeso (Iruetia *et al.*, 2008).

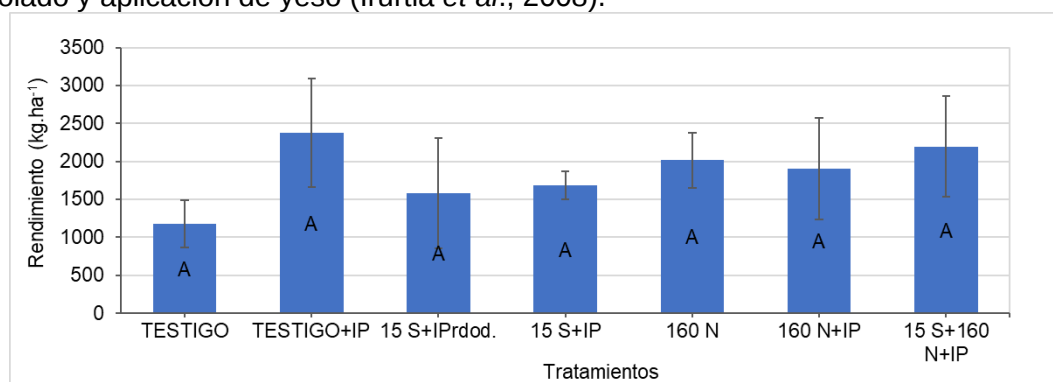


Figura 2: Rendimiento de soja en cosecha mecánica. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos según LSD de Fisher con MLM.

CONCLUSIONES

Las condiciones de sodicidad del suelo, con valores de pH que se incrementan desde la superficie hacia capas más profundas según cartas de suelo, afectaron la nodulación y el crecimiento de soja a nivel general y produjeron disminuciones en la productividad del cultivo. La utilización de subsolador mejoró la productividad de soja cuando en los tratamientos con inoculante Premium fueron fertilizados con S y N+S, no ocurriendo lo mismo con los mismos tratamientos implantados en el suelo sin subsolar. En función de los resultados obtenidos, resulta necesario evaluar la respuesta a las prácticas de manejo diferenciando las unidades experimentales según el nivel de productividad para disminuir el error y mejorar la comparación de los tratamientos.

BIBLIOGRAFÍA

- Adcock, D., McNeill, A. M., McDonald, G. K., Armstrong, R. D., Beverly, C. R., Lindsay, M., Lagudah, E. S., Schachtman, D. P., & Hare, R. (2007a). Subsoil constraints to crop production on neutral and alkaline soils in south-eastern Australia: a review of current knowledge and management strategies. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(11), 1245. <https://doi.org/10.1071/EA06250>
- Adcock, D., McNeill, A. M., McDonald, G. K., Armstrong, R. D., Beverly, C. R., Lindsay, M., Lagudah, E. S., Schachtman, D. P., & Hare, R. (2007b). Subsoil constraints to crop production on neutral and alkaline soils in south-eastern Australia: a review of current knowledge and management strategies. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(11), 1245. <https://doi.org/10.1071/EA06250>
- Aimetta, M. B., Muñoz, S. A., Bustos, D., Davidenco, V., Cazorla, C. R., Galarza, C. M., & Salvagiotti, F. (2020). Cuantificación del uso agrícola de suelos con limitantes salinas y sódicas mediante el índice NDVI. *Ciencia del Suelo*, 38(1), 174-186.
- Aimetta, M. B., Villarruel, D., Murgio, M., Carrio, A., Muñoz, S., Cazorla, C., Pietrantonio, J., Conde, M. B., Galarza, C., & Baigorria, T. (2017). Efecto de la variabilidad de suelos manchoneados sobre el crecimiento y producción del cultivo de soja. *Soja actualización 2017 Informe de actualización técnica n° 9*, 73-80.
- Allison, L., Brown, J., Hayward, H., Richards, L., Bernstein, L., Fireman, M., Pearson, G., Wilcox, L., Bower, C., Hatcher, J., & Reeve, R. (1970). *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos* (L. A. Richards, Ed.; 5.ª ed.). Centro Regional de Ayuda Técnica, AID.
- Amirjani, M. (2010). Effect of salinity stress on growth, mineral composition, proline content, antioxidant enzymes of soybean. *American Journal of Plant Physiology*, 5(6), 350-360.

- Bray, R. H., & Kurtz, L. T. (1945). Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59, 39-45.
- Bremner, J. M. (1965). Inorganic forms of nitrogen. En C. A. Black (Ed.), *Methods of soil analysis part 2* (pp. 1179-1237). ASA - SSSA.
- Chorom, M., & Rengasamy, P. (1997). Carbonate chemistry, pH, and physical properties of an alkaline sodic soil as affected by various amendments. *Australian Journal of Soil Research*, 35(1), 149-161.
- Cisneros, J. M., Degioanni, A., Cantero, J. J., & Cantero, A. (2007). Caracterización y manejo de suelos salinos en el Área Pampeana Central. En E. Talesnik, K. Grumberg, & G. Santa María (Eds.), *La salinización de suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria* (pp. 17-46).
- Delgado, M. J., Ligeró, F., & Lluch, C. (1994). Effects of salt stress on growth and nitrogen fixation by pea, faba-bean, common bean and soybean plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 26(3), 371-376.
- Demaría, M. R., Aguado Suárez, I., & Steinaker, D. F. (2008). Reemplazo y fragmentación de pastizales pampeanos semiáridos en San Luis, Argentina. *Ecología Austral*, 18, 55-70.
- Gill, H. (2010). Effects of soil sodicity on the germination, growth and productivity of Soybean (*Glycine max*). *19th World Congress of Soil Science*.
- Hafeez, F. Y., Aslam, Z., & Malik, K. A. (1988). Effect of salinity and inoculation on growth, nitrogen fixation and nutrient uptake of *Vigna radiata* (L.) Wilczek. *Plant and Soil*, 106, 3-8.
- Hervé, D., & Mita, V. (1999). Sistemas de labranza para suelos salinos. En *Memorias primer congreso boliviano de la ciencia del suelo*.
- Irurtia, C. B., Mon, R., Gonzalez, N., & Elisei, J. (2008). Efectos físicos residuales en un Argiudol típico después de seis años de subsolado en condiciones de tránsito agrícola no controlado. *Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*.
- Katerji, N., Van Hoorn, J. W., Hamdy, A., & Mastrorilli, M. (2003). Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. *Agricultural Water Management*, 62(1), 37-66.
- Kuo, S. (1996). Phosphorus. En D. L. Sparks & J. M. Bartels (Eds.), *Methods of soil analysis part 3 Chemical methods* (pp. 869-920). ASA - SSSA.
- Lavado, R. S. (2010). Salinidad y alcalinidad: propiedades, efectos sobre los cultivos y manejo. En R. Álvarez, G. Rubio, C. R. Álvarez, & R. S. Lavado (Eds.), *Fertilidad de suelos caracterización y manejo en la región pampeana* (pp. 21-44). Editorial facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- MAGyP. (2022). *Estimaciones Agrícolas*. Dirección Nacional de Agricultura - Dirección de Estimaciones Agrícolas. <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- Mcneill, A., Adcock, D., Wilhelm, N., Unkovich, M., & Armstrong, R. (2008). Crop production responses to soil amelioration treatments on an infertile sand over clay in South Australia. En M. Unkovich (Ed.), *Proceedings of the 14th Australian Agronomy Conference* (Número September, pp. 2-5).
- Milán, C., & Bonadeo, E. (2017). Efecto de la aplicación de yeso sobre la capacidad productiva de un suelo sódico de alta variabilidad espacial. *Ciencia del suelo*, 35(2), 315-323.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59(1), 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Navarro Blaya, S., & Navarro García, G. (2003). *Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Mundi-Prensa.
- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. En D. L. Sparks & J. M. Bartels (Eds.), *Methods of soil analysis part 3 Chemical methods* (pp. 961-1010). ASA - SSSA.

- Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., & Dean, L. A. (1954). *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate* (USDA).
- Paruelo, J., Guerschman, J., & Verón, S. (2005). Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia hoy*, 15(87), 14-23.
- Peñalosa G., A. de J., Puente C., J. A., & Agudelo D., O. (1981). Comportamiento de variedades y/o líneas de soya (*Glycine max* L. Merrill) en suelos ácidos, neutros y sódicos del Valle Geográfico del Río Cauca. *Acta agronómica, Universidad Nacional de Colombia*, 31(1/4), 35-49.
- Qadir, M., Schubert, S., Ghafoor, A., & Murtaza, G. (2001). Amelioration strategies for sodic soils : a review. *Land degradation & development*, 386, 357-386.
- Rabinder, S., Bhumbra, D. K., & Keefer, R. F. (2011). Recommended Soil Sulfate-S Tests. En *Cooperative Bulletin 493* (pp. 55-62).
- Rhoades, D. J. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. En D. L. Sparks & J. M. Bartels (Eds.), *Methods of soil analysis part 3 Chemical methods* (pp. 417-435). ASA - SSSA.
- Thomas, G. W. (1996). Soil pH and soil acidity. En D. L. Sparks & J. M. Bartels (Eds.), *Methods of soil analysis part 3 Chemical methods* (pp. 475-490). ASA - SSSA.
- Velagaleti, R., & Schweitzer, S. M. (1993). General effects of salt stress on growth and symbiotic nitrogen fixation in soybean. *Plant and Crop Stress*, 461-471.
- Zahran, H. H., & Sprent, J. I. (1986). Effects of sodium chloride and polyethylene glycol on root-hair infection and nodulation of *Vicia faba* L. plants by *Rhizobium leguminosarum*. *Planta*, 167, 303-309.

CONTENIDO DE CARBONO ORGANICO DEL SUELO DE UN HUMEDAL SALINO DEL CENTRO DE ARGENTINA

Putelli, M.¹, O.A. Barbosa¹, D.A. Riscosa¹, D.N. Belgrano Rawson¹, V. Scally¹

¹ UNSL. Facultad de Ingeniería y Cs Agropecuarias (UNSL). Departamento de Ciencias Agropecuarias. Villa Mercedes, ruta provincial 55 extremo norte (San Luis). baldibarbosa@yahoo.com.ar.

RESUMEN: Los humedales de San Luis, son ambientes que poseen suelos halomórficos/alcalinos con vegetación halófila altamente especializada, siendo poco estudiados, ya que se los considera tierras marginales con bajo valor productivo. En los últimos años se les ha reconocido una gran importancia por los servicios ecosistémicos y funciones que cumplen. Una de ellas es la capacidad para secuestrar carbono debido a las reducidas tasas de mineralización de la materia orgánica y elevada cobertura de la vegetación, reduciendo de esta manera los incrementos de CO₂ de la atmósfera. Nuestro objetivo fue medir el contenido de C orgánico proveniente del suelo de un humedal salino del centro este de San Luis y estimar su captura. El área de estudio comprende aproximadamente 81,4 hectáreas, ubicadas a 5 km en sentido noreste de la localidad Villa Mercedes (provincia de San Luis), a los 33° 37' de latitud sur y 65° 25' longitud oeste, y a una elevación aproximada de 505 msnm. Se localizaron parcelas en cada tipo fisonómico determinado en trabajos anteriores y en cada una de ellas se muestrearon los suelos en cuatro capas de 10 cm (excepto el matorral halófilo en cinco) y se retiraron cilindros en cada una de ellas para determinar densidad aparente. Los resultados muestran que la densidad aparente de la pradera halófila abierta presenta el mayor valor desde superficie. El ANOVA para el contenido total de C (hasta 40 cm de profundidad) muestran que los suelos no se diferencian significativamente por tipos fisonómicos ($p < 0,05$), debido a una serie de factores. La pradera halófila densa captura C por 51,4 Mg ha⁻¹, el matorral halófilo 43,9 Mg ha⁻¹, la playa salina 39,6 Mg ha⁻¹, los parches de arbustal halófilo rastrero 24,9 Mg ha⁻¹ y la pradera halófila abierta 39,6 Mg ha⁻¹. En cuanto al ANOVA por profundidad, solamente el C determinado en la primera capa (0-10 cm) muestra diferencias significativas ($p < 0,05$) para los diferentes tipos fisonómicos, donde la pradera halófila densa posee los más altos valores de C con 2,38 %, continua el matorral halófilo con 1,64 %, y seguidamente con 0,87 % la playa salina, 0,71 % los parches de arbustal halófilo rastrero y 0,42 % la pradera halófila abierta. Las curvas de ajuste para contenido de C en profundidad se relacionó mejor a ecuaciones del tipo polinómicas con $R^2 > 0,97$ para todos los tipos fisonómicos excepto la playa salina que presento horizontes A enterrados. La captura de C (hasta 40 cm) realizada por el suelo es de 3559,7 Mg para la superficie total del humedal. Se concluye que: a) el contenido total de carbono (0,40 m de profundidad) de los suelos, no muestra diferencias significativas para los tipos fisonómicos, debido a la alta variabilidad de cada posición topográfica dentro de los mismos, solamente el C determinado en forma superficial presento diferencias significativas a favor de la pradera halófila densa. b) todos los tipos fisonómicos ajustaron a ecuaciones polinómicas (excepto la playa salina). c) la estimación de la captura de C realizada por el humedal puede ser considerada alta por el tipo de ambiente extremo en que se encuentra.

PALABRAS CLAVE: captura de Carbono, humedal salino, San Luis.

INTRODUCCION

Los suelos que permanecen inundados originan complejos gradientes ambientales que condicionan la distribución de la vegetación (Barbosa *et al.*, 2012). Estos gradientes tienen un componente espacial, al existir zonas con mayor acumulación de sales o inundaciones más prolongadas, pero también temporales, al secarse el suelo y concentrarse las sales en los periodos secos, o diluirse estas en los meses lluviosos (Álvarez Rogel *et al.*, 2000), determinando el desarrollo de suelos hidromórficos con vegetación hidrófita (Barbosa *et al.*, 2022). Estos suelos llamados hídricos son definidos como aquellos que poseen inadecuada condición de drenaje, están saturados con agua, encharcados o inundados durante la estación de crecimiento, desarrollando condiciones anaeróbicas que favorecen el crecimiento y regeneración de vegetación hidrófila (Soil Science Division Staff, 2017).

El suelo tiene un papel importante en el ciclo del C en la tierra porque en él se encuentra la principal reserva de este elemento en el planeta. Se ha estimado que el C orgánico en suelos del mundo es de 1500 Pg, cerca de 2,1 veces más que en la atmósfera y cerca de 2,7 veces más que la reserva biótica que comprende a las plantas de la tierra (Neill *et al.*, 1998).

Un aspecto funcional que los humedales pueden desempeñar ha cobrado importancia en los últimos años, y es la capacidad de este tipo de hábitat para secuestrar carbono (Lin *et al.*, 2019; Lund & Drake, 2020) debido a las reducidas tasas de mineralización de la materia orgánica y a la elevada cobertura de la vegetación, y contribuir así a reducir los incrementos de CO₂ en la atmósfera (Dvoráková-Brezinová & Vymazal, 2018).

Debido a los escasos antecedentes a nivel país sobre la captura de C de estos ambientes, nuestro objetivo fue medir el contenido de C orgánico proveniente del suelo de un humedal salino del centro este de San Luis y estimar su captura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza por el camino de circunvalación muy cercano a la autopista 55, 7 km al norte de la ciudad de Villa Mercedes en la depresión que se denomina “Bajo Las Saladas”. Posee una elevación máxima de 505 msnm y ocupa una superficie de 87,2 ha.

En este sector, Pacheco *et al.* (2010) determinaron los tipos fisonómicos y en cada uno de ellos sus especies dominantes. Por otro lado, Barbosa *et al.* (2014) estudiaron los suelos del área que se muestran en la Tabla 1 y Figura 1 a continuación:

Tabla 1. Paisajes, tipos fisonómicos, especies dominantes y clasificación taxonómica de suelos.

Subpaisaje	Símbolo	Tipo fisonómico	Especie dominante	Suelo
Sector llano	A	Monte halófilo (Mth)	<i>Prosopis caldenia</i> y <i>Geoffroea decorticans</i>	Haplustol típico
Sector alto	B	Matorral halófilo (Mh)	<i>Atriplex spp</i> (zampa)	Ustortente típico
Sector bajo con salinidad en superficie	C	Parches de arbustal halófilo rastrero (Pahr)	<i>Sarcocornia neei</i> (jume)	Epiacuyente típico
	D	Pradera halófila abierta (Pha)	<i>Distichlis spicata</i> (pasto salado)	Epiacuyente típico
	E	Pradera halófila densa (Phd)		Epiacuyente típico
Cauce y lagunas temporarias	F	Playa salina (Ps)	Suelo desnudo	Epiacuyente típico

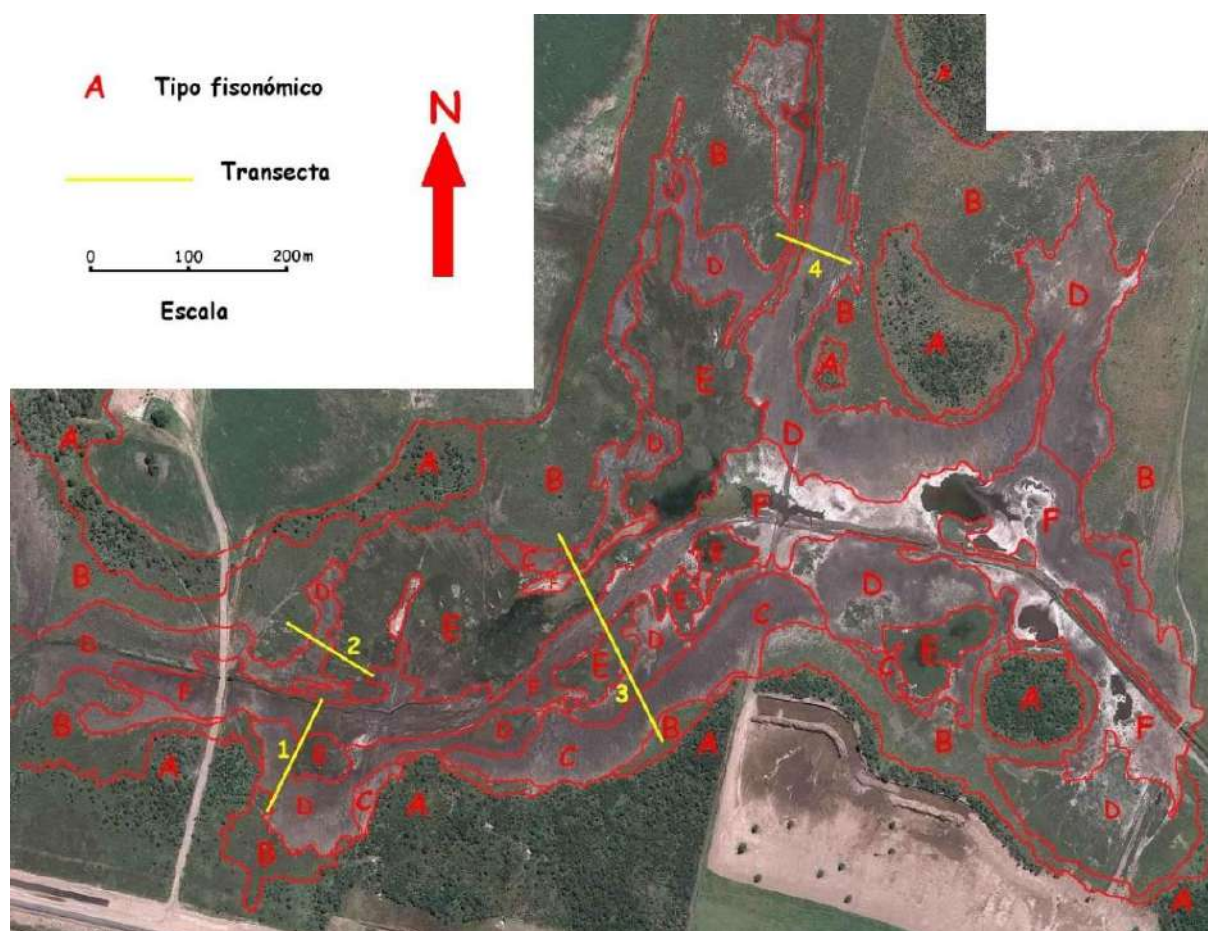


Figura 1. Mapa fisiográfico con localización de las transectas de vegetación.

En cada tipo fisonómico, se localizaron parcelas de seguimiento (4 x 4 m, tres por cada tipo fisonómico) de acuerdo al estudio realizado por Barbosa (2020). En cada una de ellas se muestreo el suelo en capas de 10 cm hasta una profundidad de 40 cm (excepto el matorral halófito en donde fue posible muestrear hasta los 50 cm). Las muestras obtenidas fueron secadas al aire y tamizadas por tamiz de 2 mm. Se determinó el C (biota y humus) por el método de Walkley-Black (Nelson & Sommers, en Sparks, 1996).

De la misma manera, se retiraron cilindros de suelo en las cuatro capas de 0,10 m de profundidad (excepto para el Mh que fueron cinco), para determinar la densidad aparente por el método del cilindro (Forsythe, 1980).

Con los datos de densidad aparente se determinó el contenido de C de cada una de las capas a las profundidades analizadas.

Los datos se analizaron mediante Análisis de Varianza (ANOVA) y diferencia límite significativa (método de Tukey) previa homogeneidad de varianza. Todos estos procedimientos estadísticos fueron realizados a través del software STAGRAPHS Centurion XVI ®. Asimismo, se analizaron ajustes con el mismo software.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la densidad aparente pueden ser observados en la Figura 2, donde la pradera halófila abierta (Pha) presenta la mayor densidad aparente desde superficie.

Por otro lado, la pradera halófila densa (Phd) y el matorral halófilo (Mh) presentan la menor densidad aparente en superficie producto de la alta densidad de rizomas del pasto salado (*Distichlis spicata*) en el primer caso, y raíces de las diferentes especies que se encuentran en el segundo tipo fisonómico.

La playa salina si bien presenta densidad aparente media en superficie, en profundidad disminuye, posiblemente al alto contenido salino que presenta dicho tipo fisonómico y a la aparición de horizontes A enterrados.

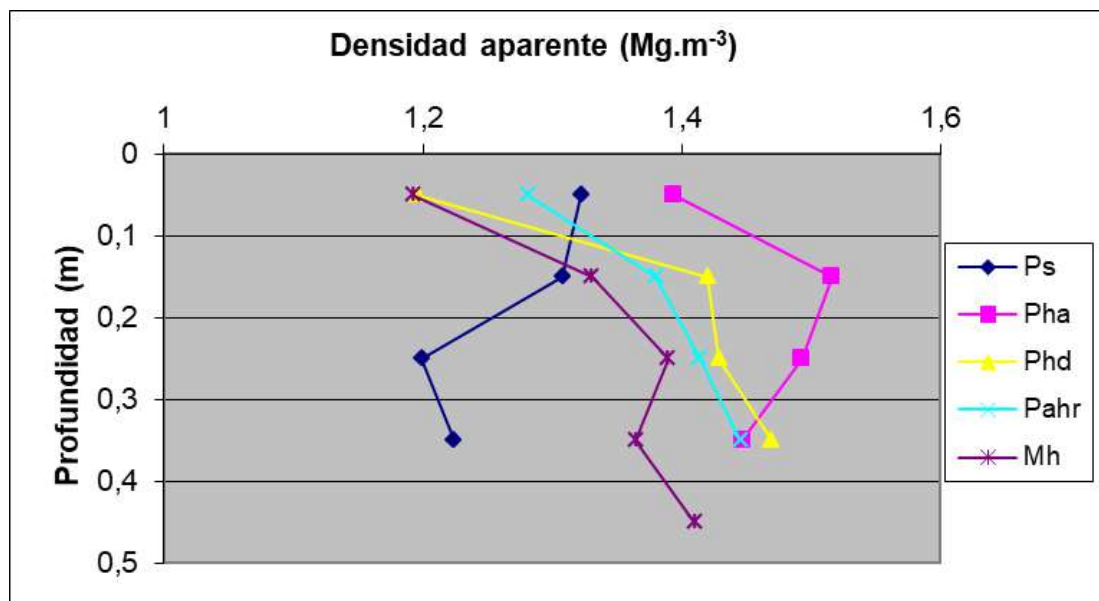


Figura 2. Promedios de densidad aparente (Mg.m^{-3}) para los diferentes tipos fisonómicos y profundidades del humedal estudiado.

En cuanto al contenido total de carbono (hasta 40 cm de profundidad) de los suelos, el ANOVA no muestra diferencias significativas para los tipos fisonómicos ($p < 0,05$), debido a la alta variabilidad de cada posición topográfica dentro de los mismos. Por lo tanto, la pradera halófila densa (Phd) posee un contenido de C promedio de $51,4 \text{ Mg ha}^{-1}$, sigue el matorral halófilo (Mh, $43,9 \text{ Mg ha}^{-1}$), la playa salina (Ps, $39,6 \text{ Mg ha}^{-1}$), los parches de arbustal halófilo rastrero (Pahr, $24,9 \text{ Mg ha}^{-1}$) y la pradera halófila abierta (Pha, $39,6 \text{ Mg ha}^{-1}$). Se estima una captura de $3559,7 \text{ Mg de C}$ (hasta los 40 cm) para la superficie del humedal estudiado.

Esto puede deberse a una serie de factores como: los suelos son salinos-alcalinos; a la posición topográfica donde se desarrollan que influye en su génesis (Barbosa *et al.*, 2022) y a los diferentes tipos de vegetación que pueden llegar a atrapar residuos vegetales por escurrimiento superficial del agua.

Por otro lado, la playa salina es la que presenta el más alto valor de desviación estándar, representando casi un 49,6 % con respecto al promedio. Esto se debe a que, como se mencionó anteriormente, algunas playas salinas presentan horizontes A enterrados en profundidad (Figura 3).

Continúa los parches de arbustal halófilo rastrero cuya variación de cobertura vegetal (32,5 a 42,5 %) del "jume" (*Sarcocornia neri*) que presenta este tipo fisonómico se ve reflejado en la desviación estándar del C en sus suelos, teniendo un 26 % con respecto al promedio.

Le sigue la pradera halófila abierta de "pasto salado" (*Distichlis spicata*) con una desviación estándar que posee un 20,6 % con respecto al promedio. Tipo fisonómico que también posee suelo desnudo (33,5 a 37,5 %) con menor variabilidad que los parches de arbustal halófilo rastrero.

Luego la pradera halófila densa con alta cobertura de "pasto salado" (*Distichlis spicata*) que posee una desviación estándar del 14,9 % del promedio y por último el matorral halófilo que posee diferentes especies vegetales con un 10,8 % del promedio.



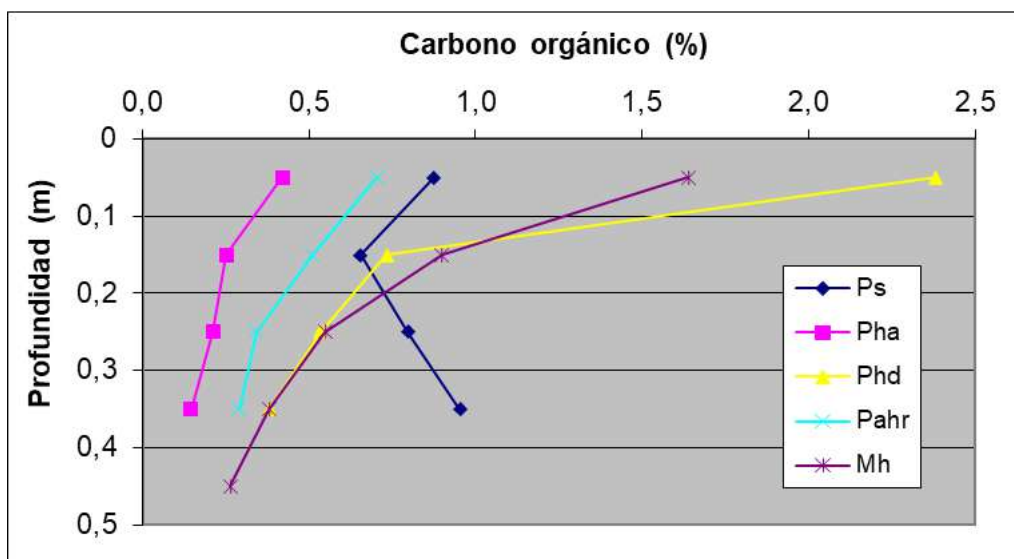


Figura 3. Promedios de carbono orgánico (%) para los diferentes tipos fisonómicos y profundidades del humedal estudiado.

En cuanto a los ANOVA para cada profundidad, solamente el C determinado en la primera capa (0-10 cm) muestra diferencias significativas ($p < 0,05$) para los diferentes tipos fisonómicos. La pradera halófila densa (Phd) posee los más altos valores de C con 2,38 % de promedio, continua el matorral halófilo (Mh) con 1,64 %, y seguidamente con 1,87 % la playa salina (Ps), 0,71 % los parches de arbustal halófilo rastrero (Pahr) y 0,42 % la pradera halófila abierta (Pha).

En cuanto a las curvas de ajuste, el contenido de C en profundidad se relacionó mejor a ecuaciones del tipo polinómicas con $R^2 > 0,97$ para todos los tipos fisonómicos excepto la playa salina que como mencionáramos posee horizontes A enterrados (Figura 4 matorral halófilo, Mh). En el caso del matorral halófilo la curva obtenida fue hasta la profundidad de 40-50 cm.

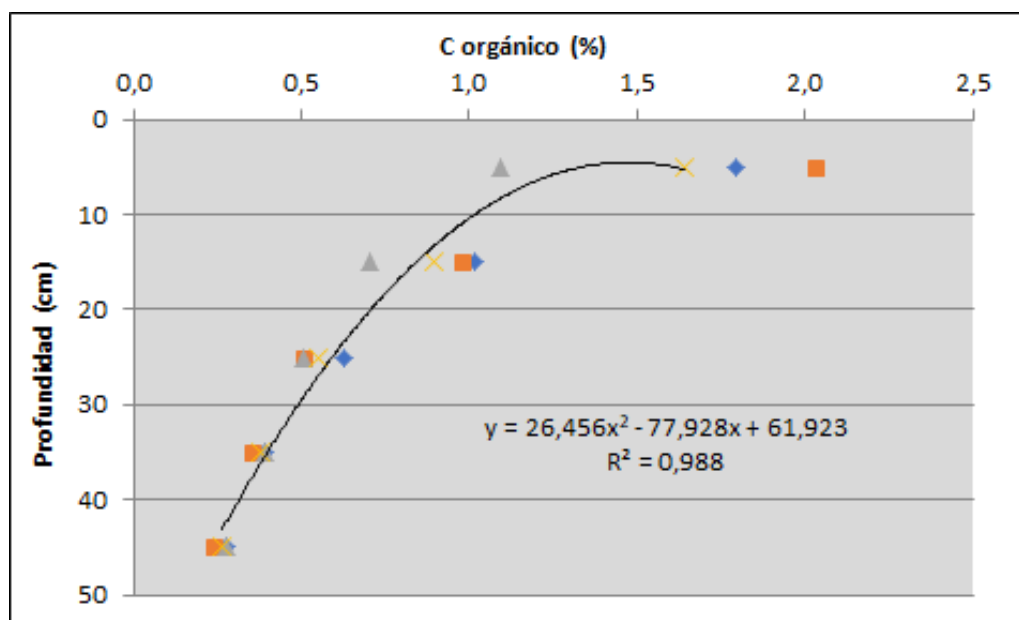


Figura 4. Carbono orgánico (%) para el matorral halófilo (Mh), ecuación polinómica y R^2 para el promedio.

CONCLUSIONES

Se concluye que: a) el contenido total de carbono (hasta 40 cm de profundidad) de los suelos, no muestra diferencias significativas para los tipos fisonómicos, debido a la alta variabilidad de cada posición topográfica dentro de los mismos, solamente el C determinado en forma superficial presenta diferencias significativas a favor de la pradera halófila densa, matorral halófilo, playa salina, parches de arbustal halófilo rastrero y pradera halófila abierta. b) todos los tipos fisonómicos ajustaron a ecuaciones polinómicas (excepto la playa salina). c) el contenido de C determinada en el humedal puede ser considerado alto por el tipo de ambiente extremo en que se encuentra (altamente salino y con inundaciones periódicas y permanentes de algunos tipos fisonómicos).

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez Rogel J, F Alcaraz Ariza & R Ortiz Silla. 2000. Edaphic gradients and plant zonation in mediterranean salt-marshes of SE Spain. *Wetlands* 20:357-372.
- Barbosa OA, MC Pacheco Insausti, JL Mores & J Álvarez Rogel. 2012. Propiedades edáficas de un humedal salino de San Luis (Argentina). En *Actas X Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola y XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, Londrina, Brasil.
- Barbosa OA, J Álvarez Rogel, MC Pacheco Insausti, JL Mores, RA Cerda, DN Belgrano Rawson, PJ Casale, VV Scally & DA Riscosa. 2014. Morphology of soils the saline wetlands of San Luis center. En *XXXII Reunión Científica Anual de la Sociedad de Biología de Cuyo*. Estancia Grande (San Luis, Argentina).
- Barbosa OA, J Álvarez-Rogel, RS Lavado & DA Riscosa. 2022. La variabilidad de la salinidad y humedad en la génesis de suelos de un humedal. *Ciencia del Suelo* 40 (2): 237-256.
- Barbosa OA. 2020. Relaciones entre los tipos fisonómicos de vegetación y los suelos de un bajo salino del centro este de San Luis (Argentina) en Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). 450 p.
- Barbosa OA., Riscosa DA, Cerda RA Belgrano Rawson DN, Scally VV. 2022. Variabilidad temporal del nivel freático de un humedal salino y su influencia en los suelos. En *XXVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Buenos Aires, Argentina. *Actas tomo IV* 1678:1683.
- Dvoráková-Brezinová T & J Vymazal. 2018. Evaluation of macrophytes suitable for agriculture drainage treatment with respect to their carbon sequestration potential. *Ecological Engineering* 124: 31-37.
- Lin Q, K Zhang, Ji Shen & E Liu. 2019. Integrating long-term dynamics of ecosystem services into restoration and management of large shallow lakes. *Science of the Total Environment* 671: 66-75.
- Lund E & D Drake. 2020. Species-specific wet-dry mass calibrations for common submersed macrophytes in the Upper Mississippi River. *Aquatic botany* 169: 104743. DOI: 10.1016/j.aquabot.2020.103344.
- Neill C, C Cerri, JM Melillo, BJ Feigl, PA Steudler, JFL Moraes & MC Piccolo. 1998. Stocks and dynamics of soils carbon following deforestation for pasture in Rondonia. pp. 235-243. In: R. Lal, J. M. Kimble, R. F. Follet, and B. A. Stewart (eds.). *Soil processes and the carbon cycle*. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.
- Pacheco MC, OA Barbosa, JL Mores & J Alvarez-Rogel. 2010. Physiognomy of the central sector of the "Bajo la Salada" (San Luis, Argentina). *XXVIII Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Cuyo*. Mendoza. 6 al 8 de octubre de 2010. *Biocell* 35 (1):A24.
- Soil Science Division Staff. 2017. Soil survey manual. In: Ditzler, C., Scheffe C., & Monger H.C (eds.). *USDA Handbook 18*. Government Printing Office, Washington, D.C.

TOLERANCIA DE *PANICUM COLORATUM* BAJO DIFERENTE TENOR SALINO

Bertram, N.A.¹, A. Perez ^{2,*}, F.R. Angelletti ¹

¹ INTA EEA Marcos Juárez; ² Facultad de Agronomía UNC; * Ruta Provincial N°12, km 2, (2580) Marcos Juárez, Prov. de Córdoba, bertram.nicolas@inta.gob.ar

RESUMEN: En un contexto de bajos consumos hídricos por parte de cultivos anuales estivales, ascenso de napa freática y salinización de suelos, las especies perennes pueden aportar al equilibrio hídrico salino de la región pampeana húmeda. Comprender el comportamiento de *Panicum coloratum* frente al estrés salino puede colaborar con el entendimiento de los límites de la especie. Para ello se evaluó el crecimiento de dos cultivares de *Panicum* (Klein y Kapivera) durante la implantación y el establecimiento temprano creciendo en suelos con diferentes salinidades. Se observó una mayor tolerancia a salinidades del cv Kapivera respecto de Klein, lo cual se pudo observar en la demografía de individuos, la altura de plantas, el peso y la densidad de individuos y la biomasa aérea acumulada. El cv Klein presentó una mayor altura, peso de individuos y biomasa acumulada que Kapivera solamente con bajas salinidades (0,3 dS.m⁻¹). Con CE superiores a 0,6 y 1,8 dS.m⁻¹ para los cv Klein y Kapivera, respectivamente, las densidades y el peso de individuos, así como la acumulación de biomasa fueron prácticamente nulas. Los cultivares de *Panicum coloratum* presentaron una tolerancia diferencial frente a la salinidad edáfica, siendo Kapivera más tolerante que Klein.

PALABRAS CLAVE: Mijo perenne, plántulas, conductividad eléctrica.

INTRODUCCION

La región pampeana presenta más de 20 millones de hectáreas de suelos con limitantes halo-hidromórficas de algún tipo (Gorgas y Bustos, 2008), superficie que debido a las características propias del ambiente su escasa pendiente predominan los movimientos de agua verticales (i.e. infiltración y evapotranspiración) (Lavado y Taboada, 2009), en donde por las actividades predominantemente agrícolas, estivales y basadas en especies anuales, generaron un balance hídrico positivo y consecuentemente un ascenso de la napa freática llegando a la superficie, lo cual se visualizó en la región entre el 2010 y 2020 (Bertram y Chiacchiera, 2014). En ese contexto es necesario mejorar el balance hídrico, con especies perennes que puedan consumir más agua y aprovechar oportunamente los excedentes hídricos eventuales, sumado a morigerar el ascenso de la napa freática y de sales, es ahí donde forrajeras como *Panicum coloratum* pueden aportar soluciones a estas problemáticas. Por ello comprender la tolerancia de diferentes cultivares de *Panicum* frente al estrés salino en fases como la implantación y el establecimiento temprano de una pastura es de suma importancia. Así, el objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento morfofisiológico de dos cultivares de *Panicum coloratum* durante la implantación y el establecimiento temprano.

MATERIALES Y MÉTODOS

En un establecimiento con un suelo serie Marcos Juárez (Capacidad de uso I) localizado a 7 km de esa localidad, salinizado en diferente grado por el ascenso de napa, se muestrearon

diferentes ambientes los cuales fueron identificados por la vegetación presente, diversidad de especies, biomasa acumulada y presencia de sales en superficie por causa de ascenso freático.

Las muestras de suelo se tomaron con barreno a 0-5cm y 5-20cm de profundidad en 20 ambientes, se determinó el pH y conductividad eléctrica ($CE_{1:2,5}$) en una dilución 1:2,5. De los 20 ambientes, se seleccionaron 9, con valores de CE que fueron desde los $0,3 \text{ dS.m}^{-1}$ a los $12,31 \text{ dS.m}^{-1}$. De cada ambiente se extrajeron 7 macetas de 4lts. conservando la estructura física del suelo. Se destinaron tres macetas para ser sembradas con el cultivar Klein, tres para Kapivera INTA y la restante se utilizó para medir contenido hídrico, pH, CE y ajustar los riegos para mantener a los tratamientos a capacidad de campo (CC).

El 22-11-19 se sembraron las macetas en invernáculo ubicado en la EEA INTA Marcos Juárez ($33^{\circ}3'35.92'' \text{ S} - 64^{\circ}25'10.17'' \text{ O}$) con una densidad de $333 \text{ plantas.m}^{-2}$ (equivalente a 8 plantas.maceta $^{-1}$). La misma fue calculada en base al porcentaje de germinación de cada cultivar (15,5% en Kapivera INTA y 5,5% en Klein). Las macetas se mantuvieron a CC a partir de la siembra. La cantidad y frecuencia de riego dependió de las temperaturas medias diarias y la evapotranspiración por parte de las plantas. La temperatura y humedad relativa ambiente se registró con una frecuencia horaria.

Se comenzó a registrar los primeros nacimientos tres días después de la siembra (54°Cd). Durante la primera semana se realizó un conteo diario del número de individuos y altura promedio de plantas por maceta. Luego el mismo procedimiento se realizó cada dos días.

El 06-01-20 (650°Cd después de la siembra) se realizó una medición destructiva, cortando las plantas al ras del suelo con el objetivo de medir en cada maceta: biomasa verde, N° de plantas, peso de estas y proporción de lámina y pseudotallo.

Luego se llevó todo el material a una estufa a 60°C con recirculación de aire, hasta peso constante para determinar la producción de MS.

El procesamiento estadístico se realizó a través del software Infostat (Di Renzo, et al., 2019), que cuenta con una interfaz "R". Se utilizaron modelos lineales mixtos con niveles de significancia de $p < 0.05$. Las comparaciones se realizaron mediante el test de LSD Fisher. Además, se realizaron regresiones lineales para observar la relación entre variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La demografía de individuos y la altura promedio de plantas de *Panicum coloratum* presentaron diferencias significativas en la interacción entre tiempo térmico y CE tanto en el cv Klein como en el cv Kapivera.

El cv Klein presentó para la menor CE ($0,3 \text{ dS.m}^{-1}$) un incremento de la densidad de individuos, de un individuo. m^{-2} por cada unidad de aumento de tiempo térmico, hasta aproximadamente los 400°Cd después de la siembra, disminuyendo posteriormente hasta valores de $300 \text{ individuos.m}^{-2}$ (Figura 1a). Con mayores CE, Klein no presentó aumentos significativos en la densidad de individuos manteniéndose con un promedio de aproximadamente 37 individuos. m^{-2} durante todo el tiempo de evaluación.

El cv Kapivera mostró incrementos en la densidad de individuos, entre $0,3$ y $1,2 \text{ dS.m}^{-1}$, desde la siembra hasta los 200°Cd , estabilizándose en alrededor de $500 \text{ individuos.m}^{-2}$ (Figura 1b). En la CE de $1,8 \text{ dS.m}^{-1}$ Kapivera presentó un comportamiento similar a las CE más bajas hasta los 200°Cd posteriormente comenzó a disminuir alcanzando una densidad de $250 \text{ individuos.m}^{-2}$. Salinidades más altas como la de $3,1 \text{ dS.m}^{-1}$ mostraron que los individuos del cv Kapivera crecieron a menor tasa que las CE más bajas, incrementando un individuo. m^{-2} por cada $1,5^{\circ}\text{Cd}$ hasta aproximadamente los 300°Cd , logrando la máxima densidad para esta condición de suelo (222 ind.m^{-2}). Posteriormente esta se redujo hasta $70 \text{ individuos.m}^{-2}$.

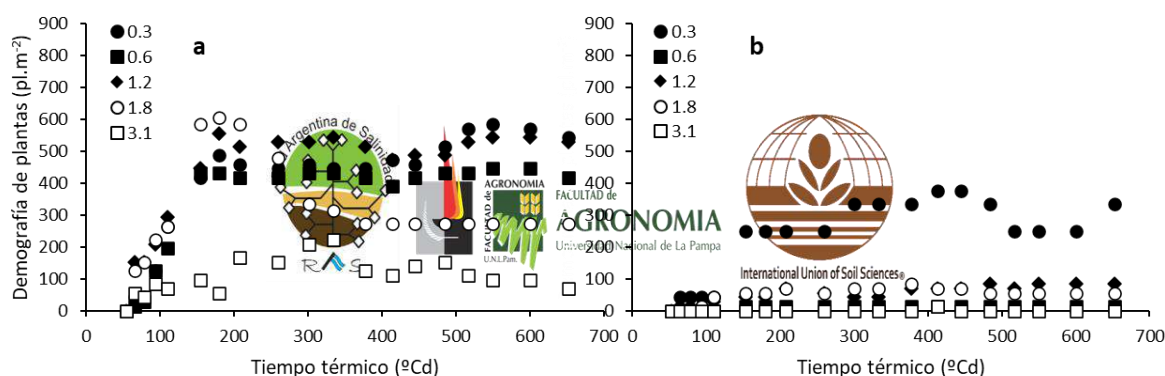


Figura 1: Demografía de plantas (N° individuos. m^{-2}) de *Panicum coloratum* **a**-cv Klein y **b**-cv Kapivera en función de tiempo térmico ($^{\circ}Cd$), desde la emergencia hasta los $650^{\circ}Cd$, para diferentes $CE_{1:2,5}$ (●0,3; ■0,6; ◆1,2; ○1,8 y □3,1 $dS.m^{-1}$).

El incremento de la salinidad disminuyó la altura final de los individuos, así como también las tasas de crecimiento. En el cv Klein, se logró la mayor de tasa crecimiento ($1,9 mm.^{\circ}Cd^{-1}$) alcanzando una altura máxima promedio de 770 mm, para la CE de $0,3 dS.m^{-1}$, significativamente diferente al resto (Figura 2a). A medida que se incrementó el nivel de sales (desde $0,6$ hasta $1,8 dS.m^{-1}$), las tasas de crecimiento y la altura decrecieron en promedio un 75% en relación con la menor salinidad, por encima de $1,8 dS.m^{-1}$ no se logró el establecimiento de individuos.

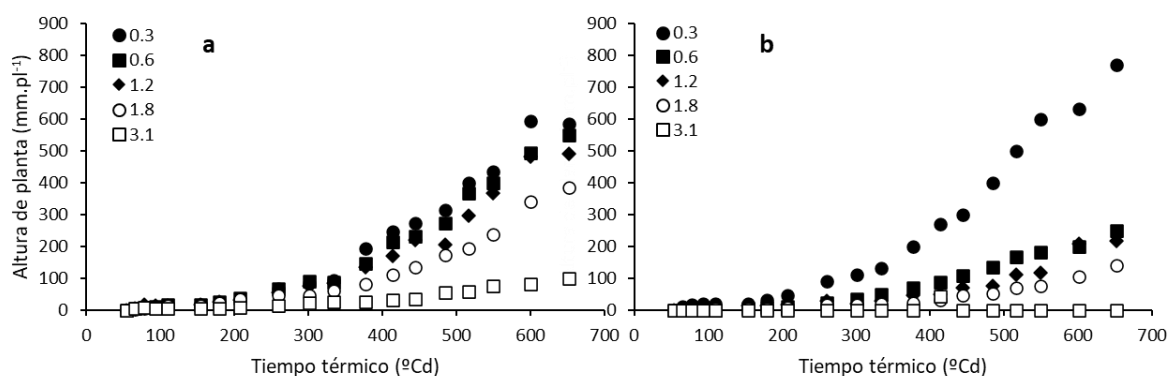


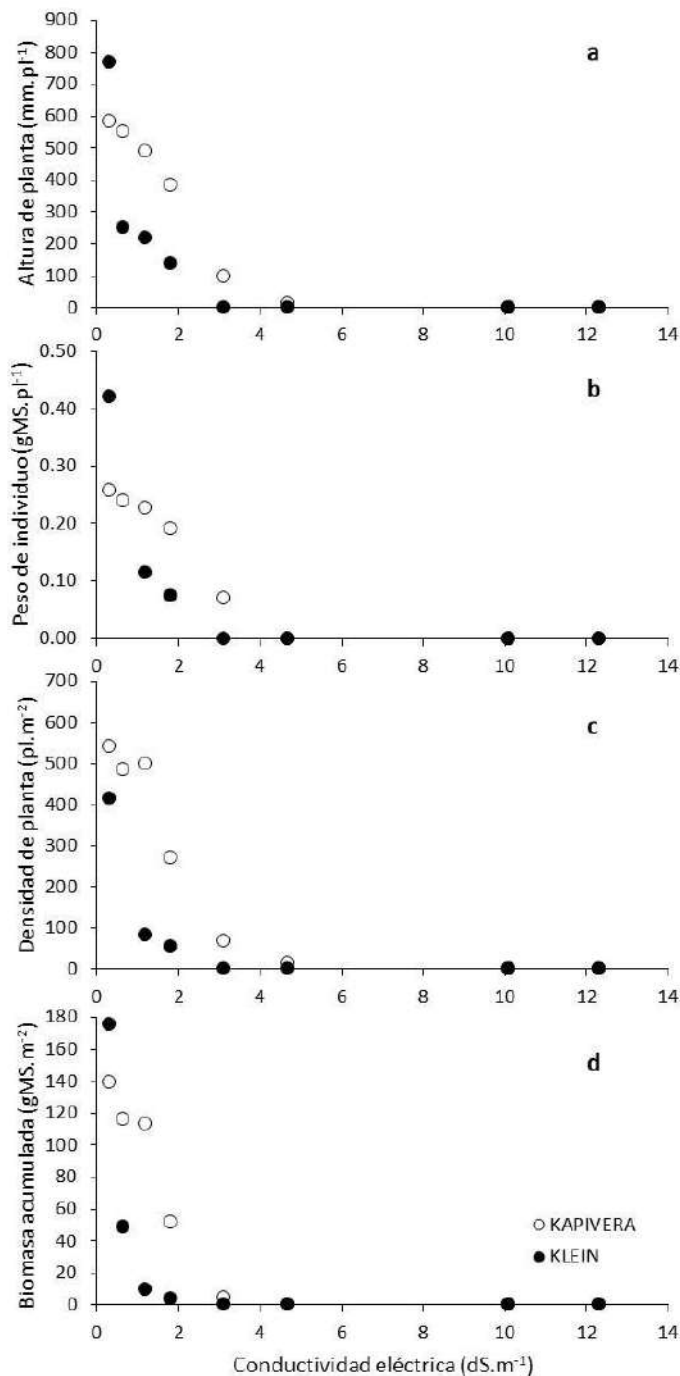
Figura 2: Altura promedio de plantas ($mm.planta^{-1}$) de *Panicum coloratum* **a**-cv Klein y **b**-cv Kapivera en función de tiempo térmico ($^{\circ}Cd$), desde la emergencia hasta los $650^{\circ}Cd$, para diferentes $CE_{1:2,5}$ (●0,3; ■0,6; ◆1,2; ○1,8 y □3,1 $dS.m^{-1}$).

Por otra parte, la tasa de crecimiento para las CE de $0,3$ y $0,6 dS.m^{-1}$ del cv Kapivera fue en promedio de $1,5 mm$ por cada unidad de aumento en el tiempo térmico, alcanzando una altura media de $560 mm$, siendo diferentes al resto de las salinidades (Figura 2b). Con CE de $1,2 dS.m^{-1}$ se obtuvieron valores de altura de $490 mm$, diferenciándose significativamente de las demás conductividades. Mientras que con CE de $1,8 dS.m^{-1}$ la altura final lograda fue de $380 mm$, por encima de esta CE, con valores de $3,1 dS.m^{-1}$ las plantas crecían a una tasa de $0,15 mm$ por cada unidad de incremento de tiempo térmico. La menor tasa de crecimiento provocada por la salinidad edáfica en *Panicum coloratum*, produjo plantas de menor altura en ambos cv información similar a la hallada para *Panicum virgatum* (Kim, et al. 2012).

La altura de individuos, el peso promedio, la densidad y la biomasa acumulada a los $650^{\circ}Cd$ de *Panicum coloratum* mostraron diferencias significativas para la interacción entre CE y cv.

Figura 3: **a**-Altura de planta ($mm.pl^{-1}$), **b**-Peso de individuos ($g MS.pl^{-1}$), **c**-Densidad de plantas ($pl.m^{-2}$) y **d**-Biomasa aérea acumulada ($g MS.m^{-2}$) de *Panicum coloratum* (cv Klein ● y cv Kapivera ○) a los $650^{\circ}Cd$, en función de conductividad eléctrica 1:2,5 de suelo ($dS.m^{-1}$) a una profundidad de $5 cm$.





El aumento de la salinidad provocó menor número y tamaño (peso y altura) de individuos, así como una menor biomasa acumulada, afectando de manera diferencial a los cv Klein y Kapivera (Figura 3).

Tamaño: El tamaño de individuos, la altura y el peso de estos, fue mayor para el cv Klein creciendo con CE de 0,3 dS.m⁻¹ (770 mm y 0,42 gMS.planta⁻¹), hallando disminuciones en el en la altura y el peso promedio de individuos, de hasta 6 veces para CE de 1,2 y 1,8 dS.m⁻¹



(Figura 3a y 3b). El cv Kapivera no presentó diferencias en altura y peso promedio de plantas hasta CE de $1,2 \text{ dS.m}^{-1}$, encontrando valores medios de 541 mm y $0,26 \text{ gMS.planta}^{-1}$. Se alcanzaron valores de peso de individuos cercanos a cero con CE superiores a $1,8 \text{ dS.m}^{-1}$ para el cv Kapivera y $1,2 \text{ dS.m}^{-1}$ para el cv Klein.

Densidad: En cuanto a la densidad de plántulas el cv Klein superó los $300 \text{ individuos.m}^{-2}$ con la menor salinidad ($0,3 \text{ dS.m}^{-1}$), superando en casi 5 las densidades logradas con salinidades edáficas de $1,2$ y $1,8 \text{ dS.m}^{-1}$, presentando diferencias significativas entre estos. Mientras el cv Kapivera, no varió significativamente la densidad de individuos hasta CE de $1,8 \text{ dS.m}^{-1}$, alcanzando valores cercanos a los $500 \text{ individuos.m}^{-2}$, hallando muy pocos individuos por encima de estas salinidades. Así, con CE superiores a $0,3$ y $1,8 \text{ dS.m}^{-1}$ para los cultivares Klein y Kapivera, respectivamente, las densidades de individuos alcanzadas durante el establecimiento temprano (650°Cd) fueron en promedio, menores a $40 \text{ individuos.m}^{-2}$.

Biomasa aérea: El cv Klein, presentó los mayores valores de biomasa creciendo con CE de $0,3 \text{ dS.m}^{-1}$, respecto del resto de las concentraciones salinas, alcanzando una biomasa aérea 8 veces superior, que el promedio logrado por aquellas plantas que crecían con salinidades de $0,6$ a $1,8 \text{ dS.m}^{-1}$. Kapivera, no disminuyó significativamente la biomasa acumulada hasta valores de $1,2 \text{ dS.m}^{-1}$, representando estos el doble respecto de los alcanzados por el tratamiento de $1,8 \text{ dS.m}^{-1}$, por encima del cual la producción de biomasa fue despreciable. De esta manera, se halló que con CE superiores a $0,6$ y $1,8 \text{ dS.m}^{-1}$ para los cv Klein y Kapivera, respectivamente, las acumulaciones de biomasa fueron prácticamente nulas.

El aumento de la salinidad edáfica afectó negativamente todas las variables de crecimiento evaluadas en los dos cv analizados, durante el establecimiento de *Panicum coloratum*, de forma similar a otras pasturas megatérmicas (Ruiz & Terenti, 2012; Ramírez-Suárez y Hernández Olivera, 2016), observando un comportamiento diferencial entre cv cuando fueron sometidos a diferentes concentraciones salinas, semejante a lo hallado por otros autores (Taleisnik, et al., 1998).

CONCLUSIONES

Los cultivares de *Panicum coloratum* presentaron una tolerancia diferencial frente a la salinidad edáfica, siendo Kapivera más tolerante que Klein. Dicho comportamiento se evidenció tanto en la biomasa acumulada como en sus componentes de rendimiento (peso y densidad de individuos). La altura de plantas y la demografía de individuos también se condijo con los resultados hallados para la biomasa y sus componentes de rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Bertram, N., and S. Chiacchiera 2014. "INTA. EEA Marcos Juárez. Ascenso de napas en la región pampeana: ¿Consecuencias de los cambios de uso de la tierra."
- Gorgas J. y M. Bustos 2008. Dinámica y evaluación de los suelos de Córdoba con problemas de drenaje, salinidad y alcalinidad. En: La salinización de suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria. Taleisnik E., Grunberg K. y Santa Maria G. (eds). EDUCC, Córdoba, Argentina, 118 pp. Pp 17-46.
- Ramírez-Suárez, W.M., & L.A. Hernández-Olivera 2016. Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas. Pastos y Forrajes, 39(4), 235-245.
- Kim, S., A.L. Rayburn, T. Voigt, A. Parrish, & D.K. Lee 2012. Salinity Effects on Germination and Plant Growth of Prairie Cordgrass and Switchgrass. 225–235. <https://doi.org/10.1007/s12155-011-9145-3>
- Lavado, R.S., & M.A. Taboada 2009. The Argentinean Pampas: A key region with a negative nutrient balance and soil degradation needs better nutrient management and conservation programs to sustain its future viability as a world agresource. Journal of Soil and Water Conservation, 64(5), 150A-153A.
- Ruiz, M., & O. Terenti 2012. Germinación de cuatro pastos bajo condiciones de estrés salino. Phytón, 81, 169–176.



Taleisnik, Pérez, Córdoba, Moreno, Seffino, L. G., Arias, ... & Zenoff. 1998. Salinity effects on the early development stages of *Panicum coloratum*: cultivar differences. *Grass and Forage Science*, 53(3), 270-278.



**INFLUENCIA DE LA INTERMITENCIA DE LA ESCORRENTÍA FLUVIAL EN LA
SALINIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA EN LA FAJA ALUVIAL DEL
NOROESTE DE LA PAMPA**

Dornes, P.F.¹, R.N. Comas¹

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam).
Av. Uruguay 151, (6300) Santa Rosa, La Pampa. pablodornes@exactas.unlpam.edu.ar

RESUMEN: La cuenca inferior del río Desaguadero-Salado-Chadiluevú-Curacó (DSCC), ubicada en el NO de La Pampa, se desarrolla en un ambiente de llanura semiárida. Esta condición determina que la función de entrada hidrológica al humedal de los Bañados del Atuel (BA) sea la escorrentía fluvial alóctona dado las escasas precipitaciones. En este trabajo se describe la importancia de la interacción entre el agua superficial y subterránea en ambientes de los BA influenciados por el río DSCC y el río Atuel (AT) respectivamente. Se observa que tanto los niveles saturados como la salinidad del agua subterránea responden a los pulsos de escorrentía. Se resalta a su vez el drástico efecto en estos procesos que posee la intermitencia de la escorrentía fluvial en ambos ríos, fenómeno que resulta en la ausencia de recarga, profundización de los niveles y salinización del agua subterránea y del suelo. La condición hidrológica actual de déficit hídrico en la faja aluvial del río DSCC determina la dominancia de procesos evaporativos que resultan en la acumulación de sales en el suelo y en el agua subterránea. Esto limita severamente los usos para riego y ganadero, además del consumo humano, y afecta a la vegetación que registra una dominancia de especies halófitas.

PALABRAS CLAVE: escorrentía, salinidad, río Salado, río Atuel.

INTRODUCCIÓN

En ambientes fluviales de regiones semiáridas, la interacción entre el agua superficial y subterránea es el principal proceso que determina su expresión hidrológica e hidroquímica. La importancia de este proceso es el resultado de la reducida influencia de las precipitaciones locales en sectores alejados de la función de entrada hidrológica al sistema. En regiones semiáridas típicamente la función de entrada hidrológica es la precipitación nival que se genera por efecto orográfico en regiones montañosas. Esta configuración, determina que en los sectores inferiores de las cuencas que se desarrollan en ambientes de llanura, la única fuente de agua sea la escorrentía fluvial alóctona, fenómeno que define tanto la recarga del agua subterránea como su expresión química. En este contexto, cambios en el régimen hidrológico por causas antrópicas, que incluyen la atenuación de caudales, la modificación en su ocurrencia temporal o incluso la falta de escorrentía, tienen un acentuado impacto ambiental (Jolly *et al.*, 2008; Poff & Zimmerman, 2010). La consecuente dominancia de procesos evaporativos determina un balance a hidrológico altamente deficitario, con fuertes efectos en la salinización del agua superficial y subterránea, del suelo, y un progresivo reemplazo de la vegetación de ambientes fluviales por especies halófitas (Dornes *et al.*, 2016). En estas condiciones, suelen verse comprometidos el uso del agua para riego, ganadería y por supuesto para consumo humano (Minig *et al.*, 2017).

El objetivo de este trabajo es analizar cómo la intermitencia de la escorrentía del río Desaguadero-Salado-Chadiluevú-Curacó (DSCC) y de su afluente el río Atuel (AT) a su ingreso a la provincia de La Pampa, afectan la calidad del agua subterránea limitando el aprovechamiento agrícola ganadero de los suelos de la faja aluvial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en el departamento de Chalileo en el NO de La Pampa. Comprende la faja aluvial del río DSCC, particularmente el sector oriental donde el río Salado (Tramo II del río DSCC) ingresa a la zona de confluencia con el río AT conformando el humedal de los Bañados del Atuel (BA).

El relieve es plano y se distinguen localmente formas más onduladas típicamente medanosas hacia el norte en cercanías de la localidad de Santa Isabel. Los suelos no presentan horizontes claramente definidos y constituyen capas de variadas texturas que se alternan en función de la dominancia de procesos fluviales o eólicos. En algunos casos todo el perfil es similar, así pueden ser totalmente arenosos o limosos. Presentan diferentes grados de salinización y varían de *Torripsamente* a *Torrifluente* típicos (Cano, 1980)

Se contrastó para el periodo 2010-23 la evolución de los niveles, caudales, e información hidroquímica en dos sitios influenciados por los ríos DSCC y AT respectivamente. En el río DSCC, se comparó la escorrentía superficial mensual registrada en la estación de aforo de Santa Isabel (STI) (Lat: 36° 17' 27,7" S, Long: 66° 49' 45,6" O) con el agua subterránea en dos freáticos (F1 y F2) para el periodo 2021-23. Los freáticos se encuentran adyacentes al cauce del río, en un ambiente medanoso con suelo *Torripsamente típico salino* y vegetación dominada por pastizal sammófilo. En el río AT, se analizó la relación entre la escorrentía mensual registrada en la estación de aforo de Puesto Ugalde (PU) (Lat: 36° 00' 0,0" S, Long: 67° 11' 6,6" O) y el nivel freático (NF) en un pozo cavado con registros aproximadamente mensuales del puesto El Paramillo (EP) ubicado sobre un brazo del río Atuel (Lat: 36° 33' 32,2" S, Long: 66° 59' 48,8" O). El suelo es *Torrifluente típico* perteneciente al complejo aluvial del río Salado. La vegetación está compuesta por un arbustal mixto (*Atriplex lampa*, *Larrea divaricata*, *Condalia microphylla*, *Prosopis alpataco*, *Lycium spp*, *Geoffroea decortincas*, y otras), con árboles aislados (*Prosopis flexuosa*), y estrato graminoso y de matas (*Atriplex undulata* y otras).

La información de niveles de agua superficial y subterránea corresponde a mediciones, muestreos y análisis efectuados, además de la información de niveles e hidroquímica en la base de datos hidrológica (BDH) de la Secretaría de Recursos Hídricos (SRH) de La Pampa y del Sistema Nacional de Información Hídrica (base de datos integrada).

La expresión hidrológica espacial de ambos ríos se obtuvo mediante la aplicación y análisis del Índice de Diferencia de Agua Normalizado Modificado (MNDWI) (Xu, 2006), obtenido a partir de imágenes satelitales ópticas Landsat 8.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El río DSCC presentó en STI una mínima escorrentía con caudales muy atenuados, típicamente menores a $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, y aproximadamente constantes. Las concentraciones salinas fueron típicamente muy elevadas ($> 40 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) y excedieron todos los usos posibles. Esta reducida manifestación hidrológica es consecuencia de la descarga acuífera al cauce desde el paleo-abanico del río AT dado el nulo aporte de escorrentía fluvial de los afluentes de la cuenca superior al río DSCC. Esto se evidencia por la ausencia de escorrentía registrada en las estaciones de aforo ubicadas aguas arriba en el río DSCC (Arcos del Desaguadero, Salto la Tosca y Canalejas) y en aquellas ubicadas en los afluentes aguas abajo de los embalses (Encón, Monte Comán, Carmensa), en el drástico cambio del régimen hidrológico, y en el elevado contenido salino del agua (Dornes et al., 2016). Solo en años relacionados a eventos ENOS (El Niño Oscilación del Sur) las mayores precipitaciones navales, superaron la capacidad de los embalses en la cuenca, y generaron escorrentía

aguas abajo. Particularmente en 2016, los excedentes del sistema de embalses del río Diamante (DT) fueron los que ocasionaron el aumento de escorrentía del río DSCC en La Pampa y la reducción del tenor salino expresado por la conductividad eléctrica (CE) (figuras 1 y 2).

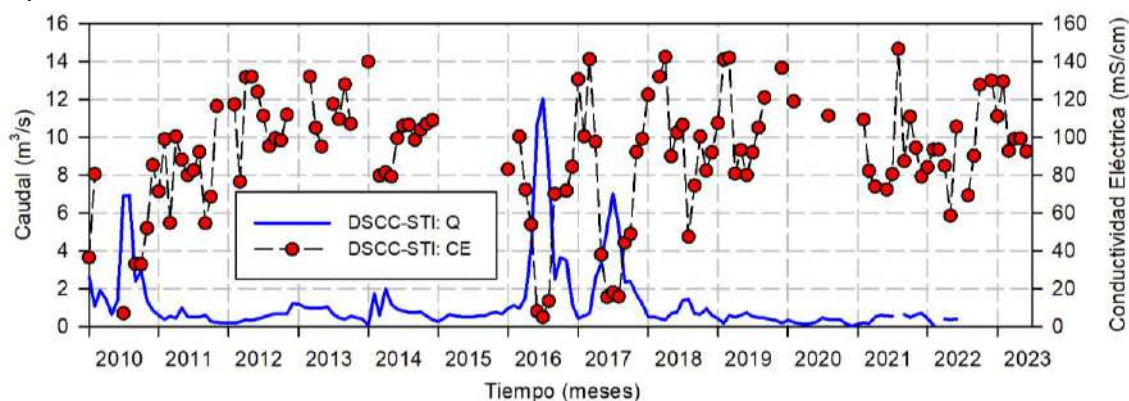


Figura 1: Relación entre el caudal medio mensual (Q) y la conductividad eléctrica (CE) del río DSCC en STI.

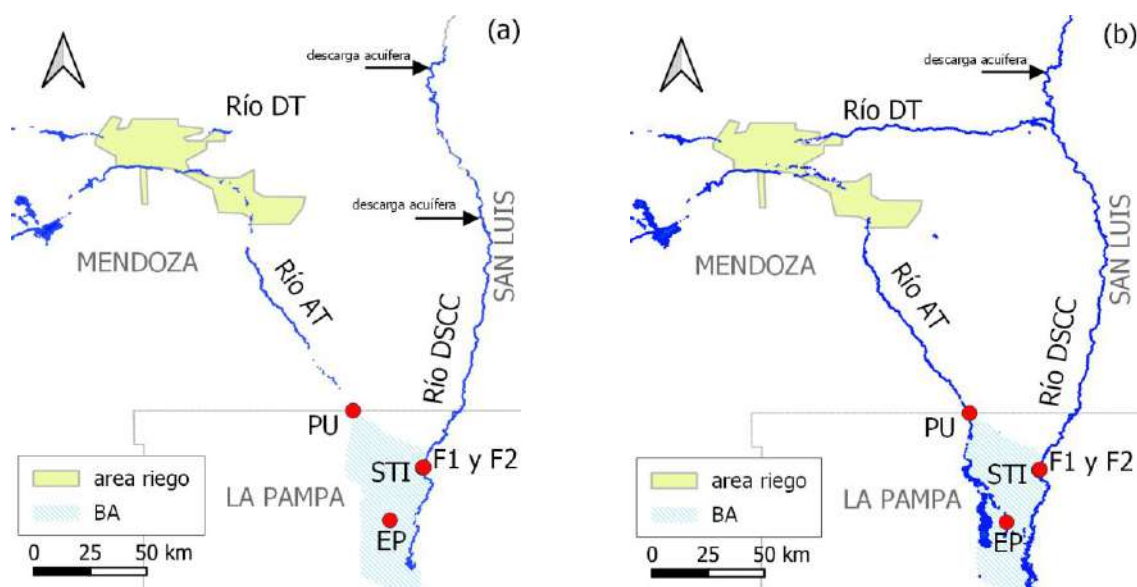


Figura 2: Comparación de la activación fluvial de la cuenca inferior del río DSCC. a) situación actual sin escorrentía fluvial y solo con descarga acuífera al río en su ingreso a La Pampa, y b) Escorrentía en 2016 producto de la descarga del río Diamante (DT) y activación parcial del río Atuel (AT). Rojo: puntos de observación. Azul: agua superficial identificada a partir de imágenes satelitales con el MNDWI.

En estas condiciones el río es influente, es decir aporta agua al acuífero. Sin embargo, la falta de escorrentía fluvial actual determina que el sistema esté en equilibrio y que se vea minimizada la interacción con el agua subterránea. Como resultado, los niveles de agua en el río y en F1 y F2 ubicados a 19 y 111 m del cauce respectivamente, se caracterizan por tener casi la misma cota y registrar muy pequeñas fluctuaciones que indican que el gradiente hidráulico entre el río y el acuífero sea reducido o inexistente (figura 3). Igualmente se observa que aumentos o pulsos en el nivel del agua en río resultan en un incremento del NF en ambos freáticos (nov-dic/22), y que en aquellos periodos con niveles descendentes en el río se verifica un descenso del NF. En particular, cuando se secó el río

(ene-23), es cuando se registraron los menores valores del NF. Se verifica también que existe un gradiente de salinidad desde el río, donde la casi nula escorrentía de muy alta salinidad, resulta en elevadas concentraciones en F1 y algo menores en F2 (figura 4).

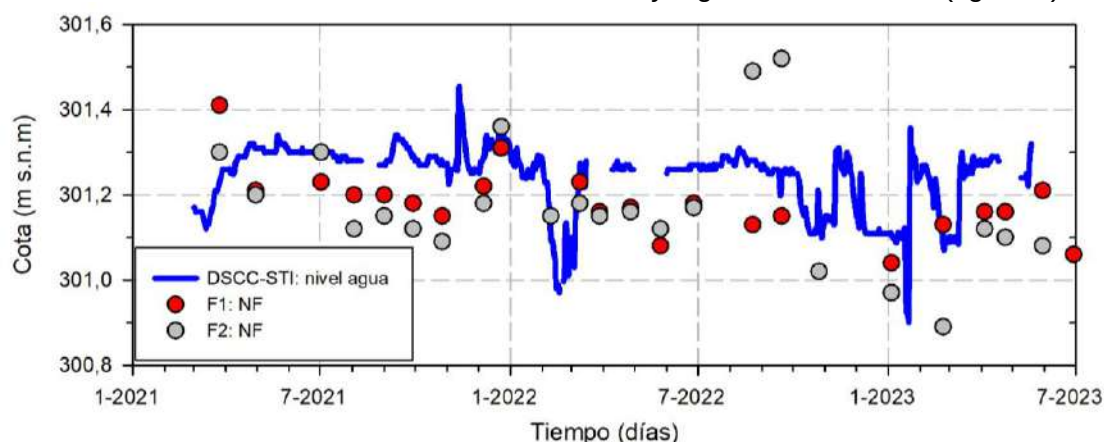


Figura 3: Relación entre los niveles diarios del agua en el río DSCC-STI con observaciones aproximadamente mensuales en los frentímetros F1 y F2.

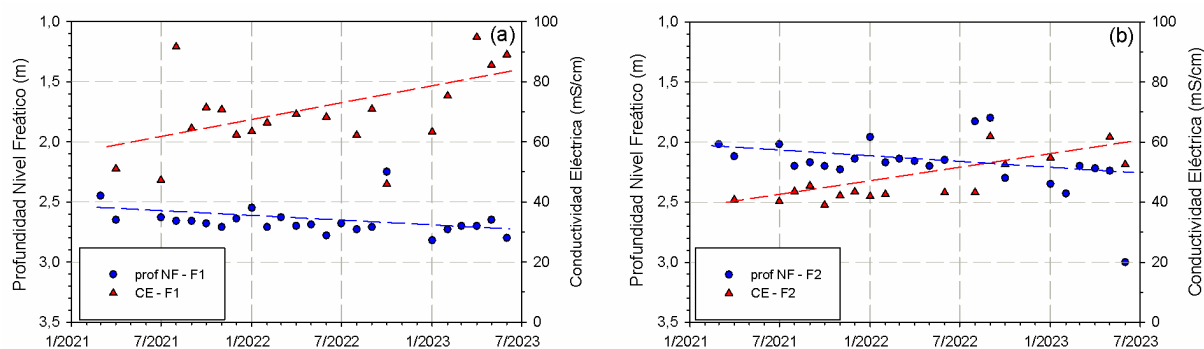


Figura 4: Profundidad del nivel freático (NF) y conductividad eléctrica (CE) en dos pozos cercanos al cauce del río DSCC. a) frentímetro 1 (F1) y b) frentímetro 2 (F2).

En el sector de los BA alimentado por el río AT, se observa para el periodo 2010-22 que la escorrentía que ingresa a La Pampa en PU es muy atenuada e intermitente, y que posee además un desfase temporal con máximos caudales en el periodo invernal. Este fenómeno y el notable incremento del contenido salino, evidencian que su origen es el aporte de los drenajes de riego y no la escorrentía natural en régimen nival (Dornes et al., 2015). La intermitencia resulta en la desaparición de la escorrentía por infiltración y evaporación en los BA. Similarmente a lo observado en el río DSCC, solo en años con mayores caudales y relacionados a eventos ENOS, el NF en EP muestra una estrecha vinculación con la escorrentía del río AT en PU como en 2016, 2017 y 2018, y en menor medida en 2014 (figura 5a). Hacia el final de la serie, la reducida escorrentía no recarga el agua subterránea y el NF muestra un paulatino descenso (Dornes et al., 2013). En cuanto a la salinidad, se visualizan valores similares de CE a lo largo de la serie, fenómeno que indica que las concentraciones iónicas en el agua superficial y subterránea no muestran un cambio relacionado con los pulsos de escorrentía y los cambios en el NF. Esta homogeneidad se explica por incidencia en el tipo de agua (sulfatada-cálcica) de los aportes de drenaje de riego. Se evidencia además, un marcado incremento de la salinidad en el agua subterránea en EP respecto de la observada en el río AT en PU (figura 5b).

La tabla 1 ilustra valores iónicos representativos del agua superficial y subterránea para diferentes condiciones hídricas de los BA. En cuanto a la salinidad, el río DSCC presenta



valores muy variables dependiendo si posee escorrentía fluvial o no, fluctuando entre una condición típica con un $CE > 100 \text{ mS.cm}^{-1}$ a valores de 5 mS.cm^{-1} durante los pulsos de escorrentía. El tipo de agua fue clorurada-sódica en ambas condiciones.

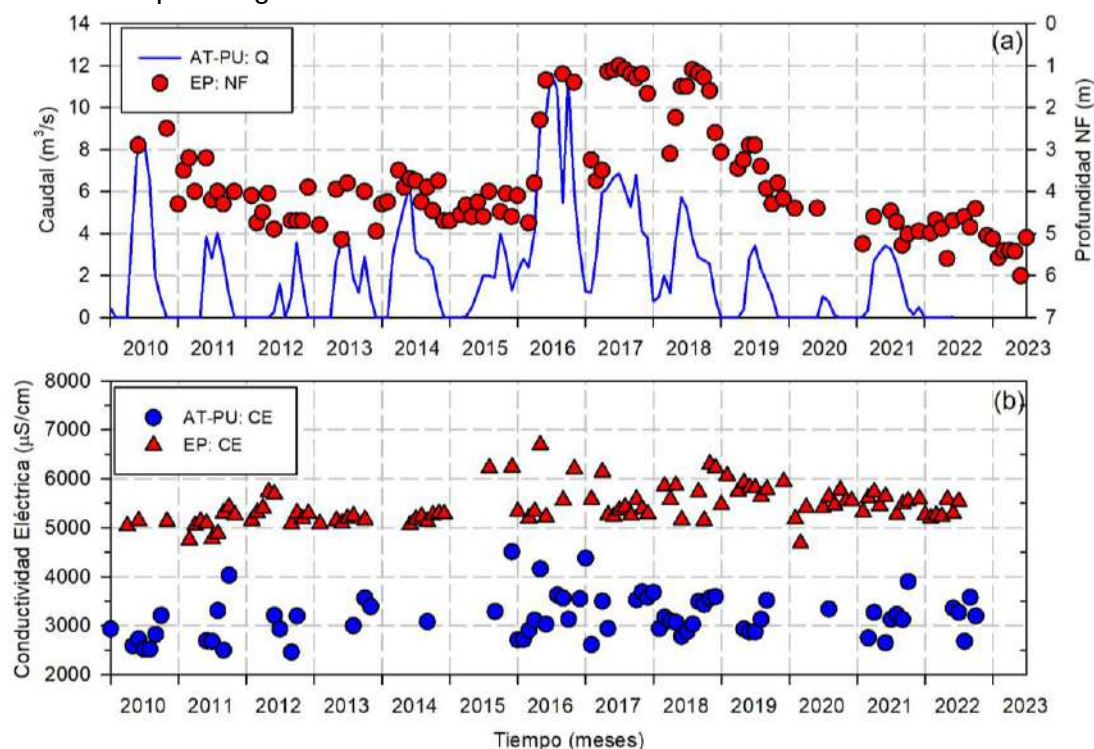


Figura 5: Relación entre caudal (Q), nivel freático (NF) y conductividad eléctrica (CE) en los bañados del Atuel (BA). a) Q medio mensual río AT en PU y NF en EP, b) CE en el río AT en PU y en EP.

La relación de adsorción de sodio (RAS) durante los pulsos de escorrentía (2016) mostró valores aceptables (riesgo de sodificación medio), aunque el riesgo de salinización fue muy elevado (C4-S3). En la condición actual, los valores de RAS y de CE se deterioran a rangos absolutamente inaceptables. En F1 y F2, se observa un gradiente salino desde el río que indica la interacción influente. El río AT en PU a pesar de su intermitencia, no muestra un cambio significativo en la composición iónica debido a que la escorrentía se encuentra dominada por el aporte directo y difuso de drenajes de riego. Las aguas son sulfatadas cálcicas que resultan en bajos valores de RAS. Hacia aguas abajo, la intermitencia de la escorrentía es mayor o total y por ello menor o nula la recarga. En consecuencia, en EP se observa que el agua subterránea tiene el mismo tipo de agua, valores similares de RAS, pero con un contenido iónico mayor.

Tabla 1. Concentraciones iónicas representativas del río DSCC en STI, del río AT en PU, en los freatímetros 1 y 2 (F1y F2), y en el Puesto El Paramillo (EP). (CE en mS.cm^{-1} , aniones y cationes en mg.L^{-1}).

	CE	Cl^-	CO_3H^-	$\text{SO}_4^{=}$	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	RAS
DSCC-STI ₂₀₁₆	5,0	1070	128	915	731	---	276	63	10,3
DSCC-STI ₂₀₁₉	117,9	33719	284	12000	22500	24,5	1126	1455	104,3
F1 ₂₀₂₂	63,0	---	---	---	---	---	---	---	---
F2 ₂₀₂₂	54,7	---	---	---	---	---	---	---	---
AT-PU ₂₀₂₂	3,2	450	88	1111	260	---	336	58	3,4
EP ₂₀₂₂	5,6	940	256	1868	400	---	672	272	3,3

CONCLUSIONES

Se evidencia a partir de la estrecha relación entre la escorrentía de los ríos DSCC y AT y los niveles del agua subterránea, que la activación del humedal de los BA es epigénica, dado la escasa contribución de las precipitaciones locales. La interacción agua superficial subterránea es mayormente influente y constituye el principal flujo de recarga del agua subterránea en la faja aluvial. Sin embargo, actualmente la dinámica hidrológica de la faja aluvial está drásticamente modificada por la falta de escorrentía fluvial natural debido al embalse y derivación de agua, principalmente para irrigación, en todos los afluentes del río DSCC. La ausencia de la función de entrada hidrológica en la cuenca inferior del río DSCC, resulta así en una nula recarga de los acuíferos, y en una drástica salinización del agua superficial y del agua subterránea que afectan severamente las propiedades del suelo. El tenor salino del agua superficial y subterránea supera los 40 g.L⁻¹ en la zona bajo la influencia del río DSCC, condición que limita totalmente los usos de riego, ganadero y por supuesto al consumo humano. En la zona de los BA influenciada por el río AT, los tenores salinos no son tan elevados pero la ausencia de escorrentía natural, resulta en un gradual aumento de la salinidad del agua subterránea hacia aguas abajo que limita parcialmente el uso para riego o ganadero. Esto se ve acentuado porque la escorrentía que intermitentemente y con calidad deteriorada alcanza los BA es producto de aportes de drenajes de riego. Ambientalmente y en respuesta al déficit hidrológico, se observa una dominancia de especies halófitas en todos los estratos de vegetación, fenómeno que modifica nichos ecológicos acortando típicamente las cadenas tróficas, y limita también la capacidad forrajera de dichos ambientes.

BIBLIOGRAFIA

- Cano, E. 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de La Pampa. INTA, UNLPam, Gob. Pcia. de La Pampa. Buenos Aires, Argentina.
- Dornes, P.F., S.V. Antonena, A. Minig, R.N. Comas, S.J. Schulz & E.E. Mariño. 2016. Relación entre regímenes de escurrimiento sup. y sub. en los humedales de los ríos Atuel y Salado, LP. En: Relación Agua Subt-Sup. García, R., Rocha, V. y Dornes, P. (Eds). Ed. Cient. Univ. Catamarca: 221-228. ISBN: 978-987-661-225-8.
- Dornes, P.F., P.E. Díaz, R.A. Pochetti, R.N. Comas, C.J. Schulz & E.E. Mariño. 2015. Escurrimientos, infiltración y recarga en la cuenca inferior del río Atuel. Actas XXV CONAGUA. Paraná, ER. Arg. 60. 10 pág. ISBN: 978-987-27407-4-0.
- Dornes, P.F., R.G. Buss & N.D. Secco. 2013. Influencia de la intermitencia de los escurrimientos en la cuenca inferior del río Atuel sobre la interacción agua superficial y subterránea. Anales XXIV CONAGUA. San Juan. 271:12 págs. ISSN 1853-7685.
- Jolly, I.D., K.L. McEwan & K.L. Hollandand. 2008. A review of groundwater-surface water interactions in arid/semi-arid wetlands and the consequences of salinity for wetland ecology. *Ecohydrology* 1, 43-58
- Minig, A., P.F. Dornes & F.R. Titarelli. 2017. Efectos sobre la salinidad de los escurrimientos de los ríos Atuel y Salado en la reserva Pcial. Ñochilei-có, La Pampa. Anales XXVI CONAGUA. Eje G: 247-257. Córdoba. Lib. Res. 504, ISBN: 978-987-4029-23-2.
- Poff, L.N. & J.K.H. Zimmerman. 2010. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology*, 55: 194-205.
- Xu, H. 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *Int. J. of Remote Sensing*. 27: 3025-3033.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Recursos Hídricos (SRH) de La Pampa por la información de niveles y análisis físico-químicos suministrados.



DESALINIZACIÓN DE AGUA POTABLE CON ENERGÍA SOLAR. SOLUCIÓN PARA FAMILIAS QUE VIVEN EN ZONAS ÁRIDAS DE SANTA ROSA, MENDOZA (ARGENTINA)

Esteves Alfredo^{1,3,*}, Sales Romina², Abraham Abraham¹

¹ INAHE-CONICET Mendoza; ² IADIZA-CONICET Mendoza – IRPha-UNSJ-CONICET San Juan; ³ FAUD – Universidad de Mendoza *Avda. Boulogne Sur Mer 683, 5500 Mendoza.

Email: alfredo.esteves@um.edu.ar

RESUMEN:

Se presenta la potencialidad de utilizar el destilador solar como tecnología para la potabilización de agua salada en zonas rurales aisladas de las fuentes de suministro por redes. En 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas indicó explícitamente el derecho humano a disponer en forma permanente de agua tanto para uso personal y doméstico en cantidad suficiente, físicamente accesible y salubre. En aquellos enclaves alejados de la fuente de suministro por redes, y además el recurso que disponen contiene elevado tenor salino, la desalinización solar constituye una solución interesante para lograr agua potable para ingestión humana. Se presentan los resultados obtenidos a partir de la instalación de destiladores solares en la zona árida del Este de la provincia de Mendoza, donde habitan pueblos originarios. Para esto, se realizaron actividades previas que permitieron generar un vínculo con la comunidad mediante cursos-taller en los cuales se construyeron cajas térmicas, hornos solares para cocción de alimentos y huertas familiares. Como actividad final, se instalaron dos destiladores solares a familias cuya agua de pozo contiene tenores salinos muy elevados (conductividad eléctrica mayor a 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En el presente trabajo se presentan las partes constituyentes del destilador solar y resultados de la aplicación de la tecnología obtenidos a partir de la percepción de la comunidad.

PALABRAS CLAVE: agua salada, desalinización de agua, energía solar

INTRODUCCION

En el año 2010, un hito trascendental tuvo lugar en el ámbito internacional cuando la Asamblea General de las Naciones Unidas estableció de manera explícita el reconocimiento del derecho humano al acceso permanente al agua potable (OMS, 2023). Este reconocimiento abordó no solamente la provisión de agua para uso personal y doméstico, sino que también subrayó la importancia de que dicha disponibilidad fuera en cantidades adecuadas, físicamente alcanzables y aptas para el consumo humano.

El reconocimiento del derecho humano al agua está estrechamente vinculado con la seguridad alimentaria, dado que el acceso al agua de calidad resulta fundamental para la producción agrícola y la producción de alimentos. Asimismo, garantizar que las comunidades tengan acceso suficiente a agua de calidad es esencial para prevenir la escasez de alimentos, promover la resiliencia en la agricultura y cumplir con el derecho universal a una alimentación adecuada y nutritiva. En este sentido, la seguridad alimentaria implica "asegurar que todas las personas en todo momento tengan acceso físico, social y económico a suficientes alimentos seguros y nutritivos que satisfagan sus necesidades alimentarias y preferencias para llevar una vida activa y saludable" (Traducción propia de FAO, 2006).

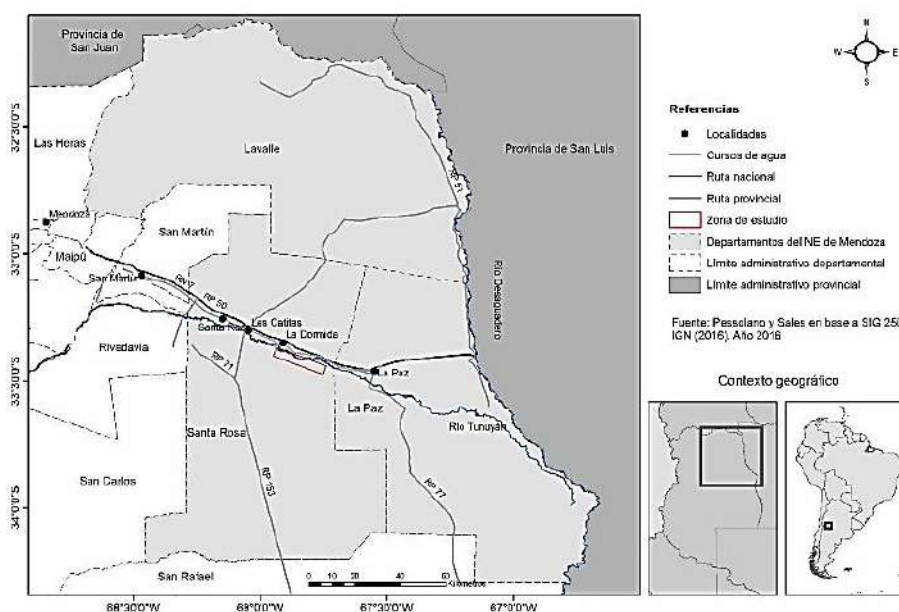
El acceso al agua de forma equitativa resulta aún más difícil en el contexto de tierras secas las cuales se caracterizan por presentar precipitaciones escasas, poco frecuentes e

irregulares, una gran amplitud térmica (diferencia de temperatura entre el día y la noche) y alta radiación solar durante todo el año (UNCCD, 2012). Este es el caso de la provincia de Mendoza localizada al pie de la Cordillera de Los Andes. Al interior de la provincia se observa un territorio fragmentado por la posibilidad de acceso al agua. Por un lado, se encuentran las tierras secas irrigadas en los denominados oasis donde se aprovechan los caudales de los cursos de agua superficial mediante obras de infraestructura hídrica. Por otro lado, se encuentran las tierras secas no irrigadas donde existe población dispersa que accede al agua, en algunos casos de mala calidad, principalmente a través de pozos subterráneos. En este contexto, el presente trabajo expone los resultados obtenidos a través de un proyecto financiado por la Fundación Credicoop, que consistió en la transferencia de tecnología energéticamente eficiente para una comunidad de pueblos originarios Huarpes. Si bien el proyecto buscó aprovechar la energía solar para la producción de hortalizas, cocción de alimentos y producción de agua potable, en este trabajo se presentan los resultados obtenidos a partir de la instalación de destiladores solares en La Dormida, Mendoza.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en la provincia de Mendoza cuyo clima es de árido a semiárido con un promedio de precipitaciones de alrededor de 250 mm (Abraham et al. 2014). En la zona no irrigada del departamento de Santa Rosa, sobre las costas del río Tunuyán inferior, habitan 60 personas que residen en 19 “puestos” en los que se despliegan actividades productivas como reproductivas (Pastor, 2005). Los puesteros y puesteras conforman una organización llamada “Francisco Talquenca” que se constituye como la única entidad representativa de pueblos originarios en la zona Este de la provincia en la actualidad. El área de puestos en la zona de intervención (Figura 2), dispone de red eléctrica monofilar que fue inaugurada en el año 1994 en respuesta a una solicitud conjunta de los residentes locales. Sin embargo, carece de sistemas de suministro de agua potable, cloacas, iluminación pública, gas y recolección de residuos sólidos. En esta zona, la obtención de agua se realiza a través de pozos excavados para extraer agua subterránea.

Figura 1: zona de intervención (Fte.: Pessolano y Sales en base a SIG 250 IGN, 2016).



AGRONOMIA
FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



International Union of Soil Sciences®

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada comprendió la ejecución de talleres y capacitaciones dirigidos a la comunidad. Estos talleres se enfocaron en realizar tareas conjuntas con la comunidad en la creación e implementación de tecnología para el aprovechamiento de energía solar. En esta dinámica, los participantes brindaron la mano de obra, mientras que el proyecto se encargó de los recursos materiales y la logística requeridos para llevar a cabo los talleres. El equipo investigador lideró la formación y conducción de los talleres. Asimismo, se generaron articulaciones con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Subsecretaría de Agricultura Familiar y Desarrollo Territorial (SSAFyDT) de la Provincia de Mendoza.

Dentro de este marco, se llevaron a cabo cursos-taller en 2019, abordando la construcción de cajas térmicas, hornos solares y huertas familiares -se puede observar parte de la labor desarrollada en el siguiente link: <https://www.youtube.com/watch?v=iQwhJVPkSnE->. Por su parte, los destiladores solares se construyeron en las instalaciones del INAHE-CONICET y posteriormente se trasladaron a la comunidad en 2021, debido a las restricciones de la cuarentena por la pandemia COVID-19 que imposibilitaron los talleres presenciales.

Los resultados del proyecto se evaluaron mediante diversos indicadores, incluyendo mediciones de calidad del agua y encuestas a los participantes de la comunidad. La supervisión constante permitirá identificar las fortalezas y debilidades en la implementación de los desalinizadores. Las actividades se documentaron mediante notas y fotografías de campo, facilitando la sistematización de la experiencia.

PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN EL ÁREA DE INTERVENCIÓN

La calidad del agua de algunos de los puestos que se ubican en la zona de trabajo del proyecto cuenta con un alto nivel de sales que, además, es percibida por la comunidad al momento de su consumo. Los niveles de conductividad de la mayoría de las muestras obtenidas resultan elevados o muy elevados para el consumo, razón por la cual, debe proveerse agua mediante un camión repartidor que muchas veces resulta costoso (Tabla 1). Asimismo, esta situación se convierte en un desafío significativo, especialmente en períodos donde los caminos resultan intransitables por lluvias torrenciales o por diversos motivos que hacen que no pueda abastecerse a los puestos con agua de calidad para el consumo humano.

Tabla 1. Características del agua de pozo, provista con camión, potable y destilada.

RESULTADOS DE EVALUACION DE CONTENIDOS SALINOS DE MUESTRAS DE AGUA COMUNIDAD FRANCISCO TALQUENCA - LA DORMIDA							
Origen del agua	Camión repartidor	Pozo local	Pozo local	Pozo local	Pozo local	Agua	destilada
Muestra N°	1	2	3	4	6	Potable	
Propietario	Lucas Talquenca	Patricia Ascurra	Nieves Mattos	Rosana Rodriguez	Mario Talquenca	CAA- Cap.XII art.982	
Ubicación	Ruta 50 969 Los Parrales		Colonia San Jorge	Colonia San Jorge	Puesto Corral Pastozo		
Parámetro/unidades	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
pH	7.26	7.38	7.35	7.20	7.19	6.5 a 8.5	5.9
Conductividad ($\mu S/cm$)	1874	1647	3780	2940	4920	200	17
Calcio	170	204	558	416	520		---
Magnesio	10,9	40,1	48,6	29,2	51		---
Sodio	230	115	230	173	460	150	---
Potasio	3,9	7,8	7,8	7,8	11,7	12	---
Carbonatos	0	0	0	0	0		---
Bicarbonatos	73,2	183	268,4	146,4	268,4		---
Cloruros	195,2	301,7	361,2	113,6	816,5	350	---
Sulfatos	600	336	1315,2	1166,4	1104	400	<10
Nitratos	0.12	0.25	0.61	0.17	4.90	45	---
Nitritos	0.005	0.013	0.008	0.081	0.014	0.1	---
Amonio	no detecta	no detecta	no detecta	no detecta	no detecta		---
Fluor	no detecta	no detecta	0.01	no detecta	0.12		---
Residuo Salino	1405	1235	2662	2062	3910		
Dureza Total	47	67.5	159	116	151	400	
Arsénico	7,0 $\pm$ 0,4		3,0 $\pm$ 0,1	1,9 $\pm$ 0,1	3,1 $\pm$ 0,2		

*Laboratorio de Fitoquímica IADIZA-CONICET - Enrique Mas y Esteban Azar

** Laboratorio de Química Analítica (QUIANID - UNCUYO) - Rodolfo Wuilloud



FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



International Union of Soil Sciences®

En este contexto, a través del proceso de destilación solar del agua salada disponible en el lugar, se busca eliminar la mayor proporción de sales presentes en el agua y, posteriormente, al mezclarla con la misma agua salada pero en menor proporción, se obtiene agua con la calidad suficiente para su consumo.

DESTILACION SOLAR DE AGUA

La destilación solar de agua es una solución para separar los componentes y obtener agua libre de sales. Como la energía solar está disponible, resulta una técnica muy conveniente para poder implementar en lugares alejados de las fuentes de suministro. Existen varios tipos de destiladores solares: de batea es el más utilizado (Fasulo et al., 2006); el de condensador separado (Esteves et al., 2015; Fath and Elsherbiny, 1992) o con otras conformaciones (El-Bahi and Inan, 1999; Samathkumar et al., 2010).

El destilador solar de batea, es un sistema muy efectivo para depurar aguas contaminadas. Según Hanson et al, (2004), tiene un 99% de efectividad para eliminar la salinidad, dureza total, nitratos y fluoruros. Un valor similar para eliminar contaminantes inorgánicos como el arsénico, molibdeno y selenio. La contaminación bacteriológica resulta eliminada con un 99.9% de eficiencia si se tiene cuidado en el tratamiento posterior.

En el área de intervención se instalaron dos destiladores solares de tipo batea. Este sistema está construido por una batea donde se aloja el agua salada que constituye la base del sistema y posee un control de nivel para mantener limitada la altura del agua a un mínimo de 1 o 1,5 cm (Figura 3).

Figura 3. Foto del destilador ubicado en uno de los puestos con sus partes esenciales indicadas. Frente norte (izq.), frente sur (der.)



Fuente: elaboración propia.

La batea destinada a contener el agua salina es confeccionada en aluminio. Esta elección se justifica por su capacidad para resistir el contacto prolongado con altas concentraciones de sal presentes en el agua salina. Además, se destaca que esta batea conserva sus propiedades intactas incluso en situaciones de escasez de agua, evitando alteraciones a pesar de un aumento significativo en la temperatura inducida por la exposición solar. La campana (condensador) es de vidrio con marco de acero inoxidable, con inclinación de 20° respecto de la horizontal (De Paul et al., 2001). El marco de la campana es de acero inoxidable, que mediante un plegado apropiado permite recoger el destilado y trasladarlo al

exterior hacia el tanque recolector. Por debajo de la batea se ubica el aislante térmico que permite que la temperatura del agua se mantenga elevada (Franco et al., 2002).

La producción del destilador es variable, dependiendo de la época del año y de la cantidad de nubosidad en el aire. Trabaja mejor en los días soleados y en verano cuando su producción puede alcanzar 6 a 7 litros/día para el día soleado y baja en los meses de invierno a un 30% o sea entre 2 y 3 litros/día. Como el agua que se obtiene se encuentra libres de sales, es necesario realizar una mezcla entre el agua destilada y el agua salada. Esta mezcla será distinta dependiendo de la concentración de sales del agua del lugar. Para esto, se propuso realizar la mezcla en una botella de pet a la que se le hace una marca indeleble que indica hasta dónde deben llenar de agua destilada y completar con el agua salada. En este caso es una proporción de 5:1 tomando en cuenta que la conductividad baje por debajo de 1000 mS/cm. Como se puede observar, se opta por el uso de materiales ampliamente disponibles en el entorno local, lo que contribuye a mantener los costos en un rango accesible. Además, la construcción no requiere de habilidades técnicas especializadas. Gracias a su diseño, es posible ensamblarlo en talleres comunitarios, permitiendo la producción individual para cada familia.

EVALUACION DE LA UTILIZACIÓN DEL DESTILADOR SOLAR

La evaluación del rendimiento de los destiladores solares se llevó a cabo mediante una breve encuesta compuesta por cinco preguntas. Las preguntas detalladas a continuación, fueron respondidas por las familias residentes en los dos puestos donde se implementó esta tecnología.

1- Cada cuanto tiempo recoge el agua: diariamente, cada 2 días o semanalmente

Puesto 1. Recoge el agua cada 2 días - Puesto 2. Cada 2 o 3 días, más o menos se juntan 10 litros.

2- La cantidad de agua producida para qué la utiliza: tomar te o mate, cocinar, tomar agua fría de la heladera, hacer hielo, lavarse el pelo, etc.

Puesto 1. Tomar mate y agua a la heladera y para el radiador del auto- Puesto 2. Agua a la heladera y hacer hielo.

3- Siempre mezcla el agua destilada con el agua disponible?

Puesto 1 y 2. Siempre la utilizamos mezclada

4- Está conforme con el destilador solar? Le ayuda en la vida diaria?

Puesto 1. Si conforme ayuda en la vida diaria - Puesto 2. Si muy conforme, más en la zona en que estamos.

5- Hay algo que es incómodo o le cambiaría si pudiera?

Puesto 1. No lo cambiaría en nada- Puesto 2. Si, le cambiaría el recipiente recolector. Se deteriora muy rápido por el sol.

REFLEXIONES FINALES

En Argentina existen vastas zonas del país con problemas de alta salinidad fundamentalmente en regiones áridas y semiáridas. Las personas que viven en estos enclaves actualmente no disponen de una tecnología para el tratamiento y potabilización de la misma. Aprovechar la energía solar presente en la región, donde los días con nubosidad son escasos, resulta en una solución que presenta diversas ventajas. Esto se traduce en una producción significativa de agua desalinizada, lo que conlleva a mejoras sustanciales en términos de salud al proporcionar una fuente de agua más segura tanto para el consumo diario como para la preparación de alimentos.



FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



International Union of Soil Sciences®

Adicionalmente, esta tecnología permite a las comunidades satisfacer sus propias necesidades y extender la duración de su suministro sin depender en gran medida de entregas por camión, reduciendo así el impacto negativo en todo el proceso.

La consulta a los habitantes donde se implementó la tecnología da cuenta de la importancia de la instalación de los destiladores en el contexto de los puestos localizados en el área de intervención. Por su parte, en cuanto a las mejoras posibles de aplicar al recipiente acumulador de agua destilada, se aclara que debe poseer capacidad de 20 litros o mas y en lo posible ser transparente que permita monitorear el nivel de agua y no ser frágil. Es difícil por tanto, reemplazar el material plástico en él.

En este contexto, sería interesante que las comunidades de zonas rurales aisladas de las fuentes de suministro de agua por redes, puedan contar con posibilidades para extender la aplicación de ésta tecnología que aprovecha la energía solar, a través del acceso a créditos blandos para compra de los materiales necesarios.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica por su financiación parcial del presente trabajo (PICTO 2019 UUMM 0049) y a la Fundación Credicoop, a través del proyecto “Crecer Cooperando” por su apoyo en el financiamiento de la transferencia de la tecnología solar para cocción de alimentos, huertas familiares y destiladores solares y a la Fundación CRICYT por su apoyo a la logística del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- Abraham, E.M., Soria, D., Rubio, C., Rubio, M.C. y Virgillito, J., (2014). Modelo Territorial Actual, Mendoza, Argentina. Subsistema Físico-Biológico o Natural de la Provincia de Mendoza. Proyecto Ordenamiento Territorial para un Desarrollo Sustentable, PID-2009-00008. [en línea]. Mendoza:
- De Paul et al. (2001) Comparación del comportamiento térmico y producción de destiladores con distinta pendiente en las cubiertas en estado estacionario. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 5, Secc. 3 pp.01,.06. Salta.
- El-Bahi A. y Inan D. (1999). Analysis of a parallel double glass solar still with separate condenser. Renewable Energy, 17, 509-521.
- Esteban C., Franco J., Fasulo A. (2002). Evaluación experimental de un destilador colector solar acumulador. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 6, N° 1, pp. 06.81-06.85.
- Esteves A., Quiroga N., Buenanueva F., Sosa R. (2015). Producción de agua destilada con sistema solar de condensador separado y concentrador de Fresnel. Actas XXXVIII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 3, pp. 03.117-03.125. San Rafael, Mendoza.
- Fasulo A., Esteban C., Odicino L. Follari J. (2006). Pequeña planta experimental de destilación solar. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 10, Secc. 03, pp. 61-68. Impreso en la Argentina.
- FAO. Food security. Policy Brief (2006). doi:10.1016/j.jneb.2010.12.007
- Fath H.E.S. and Elsherbiny S.M. (1992). Effect of adding a passive condenser on solar still performance. Int. J. Solar Energy, 11, 73-89.
- Franco J., De Paul I., Esteban S. 2002. Producción y comportamiento térmico en destiladores de batea con distintas pendientes en la cubierta. primeros resultados. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 4. Nota técnica. Salta.
- Hanson A., Zachritz W., Stevens K., Mimbela L., Polka R., Cisneros L. 2004. Distillate water quality of a single-basin solar still: laboratory and field studies. Solar Energy 76, 635–645.
- OMS. 2023. Agua para consumo humano. Fecha consulta: 09/08/2023 <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
- PASTOR, G.; ABRAHAM, E. M. y TORRES, L. (2005). Desarrollo local en el desierto de Lavalle. Estrategias para pequeños productores caprinos (Argentina). Cuadernos de Desarrollo Rural, (54), 131-149. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11705407>.
- Samathkumar K, Arjunan T.V., Pitchandi P. and Senthilkumar P. (2010). A solar distillation – A detailed review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 1503-1526.
- UNCCD. Desertification: a visual synthesis. (2012).

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO *IN VITRO* DE CEPAS DE *MESORHIZOBIUM* SEGÚN SU TOLERANCIA EL ESTRÉS SALINO**Galian, L. R¹, M.H. Viola¹, F.D. Cassán², M.L. Puente³**

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora; ²Instituto de Investigaciones Agrobiotecnológicas (INIAB-CONICET-UNRC). ³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola, Argentina

RESUMEN: *Lotus tenuis*, es una leguminosa perenne naturalizada en la región de la Pampa Deprimida que mejora de la condición productiva de los pastizales de la región, sin embargo, esta región se caracteriza por presentar suelos salinos que pueden interferir o inhibir la simbiosis rizobio-*Lotus*. A pesar de la importancia de las prácticas agronómicas y del potencial tecnológico que ofrece la inoculación en las leguminosas, estos aspectos aún no son exhaustivamente evaluados en *L. tenuis*. El objetivo de este trabajo fue evaluar y seleccionar *in vitro* cepas de *Mesorhizobium* con capacidad de tolerar el estrés salino-sódico. Se evaluaron 7 cepas de *Mesorhizobium* (LL12, LL14, LL29, LL30, LL32, LL54 y LL66). Tubos que contenían medio YEM fueron inoculados con una alícuota de 10^4 UFC·ml⁻¹ de cada una de las cepas y se las hizo crecer en 3 niveles de NaCl (100 μ M, 200 μ M y 300 μ M) y sin adición de la sal. Para determinar el crecimiento de la biomasa bacteriana a través de la densidad óptica medida en Absorbancia a 600nm. Se tomaron muestras a las 24, 48 y 72 hs post-inoculación. Las cepas LL 29, LL30, LL32, LL54 y LL66 presentaron un crecimiento medio en la concentración de 100 μ M de NaCl, siendo pobre o nulo con las concentraciones de 200 μ M y 300 μ M de la sal. Las cepas LL12 y LL14, mantuvieron un crecimiento cercano al testigo en todas las concentraciones evaluadas; sin embargo, mostraron un mayor crecimiento cuando se las evaluó en dosis bajas de la sal, mostrando resultados similares a sus testigos sin tratar. Estos resultados preliminares indican que las cepas LL12 y LL14 podrían tener ciertas características de adaptación a este tipo estrés, sin embargo, estos estudios deben ampliarse para poder confirmar una mejora en calidad de la simbiosis e implantación de *L. tenuis* en ambientes salino-sódicos.

PALABRAS CLAVE: Lotus, inoculación, salinidad, estrés

INTRODUCCIÓN

Lotus tenuis, es una leguminosa perenne naturalizada en la región de la Pampa Deprimida que mejora de la condición productiva de los pastizales de la región (Quinos *et al.*, 1998). Sin embargo, esta región se caracteriza por presentar suelos con alta alcalinidad y salinidad y ciclos alternados de sequía y anegamiento (FAO, 2014).

Las leguminosas son capaces de establecer una relación simbiótica con muchos miembros del Orden *Rhizobiales*, comúnmente llamados rizobios, induciendo a la formación de estructuras nodulares que, a través de la Fijación Biológica Nitrógeno, proporcionan a la planta todo o parte del nitrógeno requerido (Chen, 2006; Rivas *et al.*, 2009) y, en el caso de *Lotus*, *Mesorhizobium loti* y *Bradyrhizobium* sp. han sido tradicionalmente reconocidos como los típicos simbiontes (Loritea *et al.*, 2010).

Es sabido que el establecimiento de la simbiosis rizobio-leguminosa y la fijación biológica de nitrógeno pueden verse afectadas por situaciones de estrés abiótico (Guzmán Duchén y Montero Torres, 2021). En particular, la salinidad conduce a una falla en el establecimiento de rizobios debido a que reducen su sobrevivencia y proliferación en el suelo. Además, inhiben eventos simbióticos tempranos, como la colonización de pelos radiculares (Hashem *et al.*, 1998).

A pesar del potencial tecnológico que ofrece la inoculación, estos aspectos aún no han sido exhaustivamente evaluados en *L. tenuis*. Teniendo en cuenta la importancia de las prácticas agronómicas sobre la productividad de *L. tenuis* en suelos restrictivos resulta de suma importancia contar con cepas capaces de mitigar este tipo de estrés.

En relación con lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue evaluar y seleccionar *in vitro* cepas de *Mesorhizobium* spp. con capacidad de tolerar el estrés salino-sódico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tubos que contenían 20 ml del medio YEM (Vincent, 1970) con 3 niveles de ClNa (100 μ M, 200 μ M y 300 μ M) y sin adición NaCl fueron inoculados con una alícuota de 10^4 UFC·ml⁻¹ de las cepas LL12, LL14, LL29, LL30, LL32, LL54 y LL66 (tabla 1). Todas las cepas se encuentran depositadas en la Colección BPCV-IMYZA-INTA. Luego fueron incubados en agitación a 180 rpm y 28°C durante 72 horas. Para determinar el crecimiento de la biomasa bacteriana a través de la densidad óptica medida en absorbancia a 600 nm (Ab_{600}). Se tomaron muestras a las 24, 48 y 72 hs post-inoculación. utilizando un espectrofotómetro (Pharmacia LKB Ultrospec Plus Spectrophotometer) a 600 nm (Loh *et al.*, 2001).

Tabla 1. Descripción de las cepas, su origen y denominación en función a los tratamientos evaluados.

Cepa	Origen	Tratamientos	Denominación del tratamiento
LL12	Ciudad Autónoma de Buenos Aires	sin NaCl	1.0
		con NaCl	1.1
LL14	Pigüé. Buenos Aires	sin NaCl	2.0
		con NaCl	2.1
LL29	Colonia Yerúa. Entre Ríos	sin NaCl	3.0
		con NaCl	3.1
LL30	El Sombrerito. Corrientes	sin NaCl	4.0
		con NaCl	4.1
LL32	Tucumán	sin NaCl	5.0
		con NaCl	5.1
LL54	Brandsen. Buenos Aires	sin NaCl	6.0
		con NaCl	6.1
LL66	Bariloche. Río Negro	sin NaCl	7.0
		con NaCl	7.1

Las mediciones de Ab_{600} fueron realizadas por triplicado y los datos fueron analizados por el programa INFOSTAT empleando el test de Duncan ($p \leq 0.05$), para determinar la diferencia entre medias (Di Rienzo *et al.*, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se puede observar en la Figura 1, la adición de 100 μ M de NaCl mostró que las cepas LL14, LL29 y LL30 no tuvieron diferencias significativas entre tratamientos. La cepa LL12



tratada sin adición de NaCl (tratamiento 1.0), mostró diferencias significativas con el tratamiento 1.1. La cepa LL14+NaCl obtuvo mejor comportamiento relativo (tratamiento 2.0 vs 2.1). Además, se observó que aun cuando la cepa LL12 sin adición de sal fue la que tuvo mayor crecimiento de biomasa, sometida con adición de sal (tratamiento 1.1) evidenció un comportamiento significativamente menor. Las cepas LL32 (Tratamientos 5.0 y 5.1), LL54 (Tratamientos 6.0 y 6.1) y LL66 (Tratamientos 7.0 y 7.1) mostraron menor crecimiento aún sin la adición de NaCl. La cepa LL66 (Tratamientos 7.0 y 7.1), mostró muy poco crecimiento aún en el tratamiento sin adición de CNa.

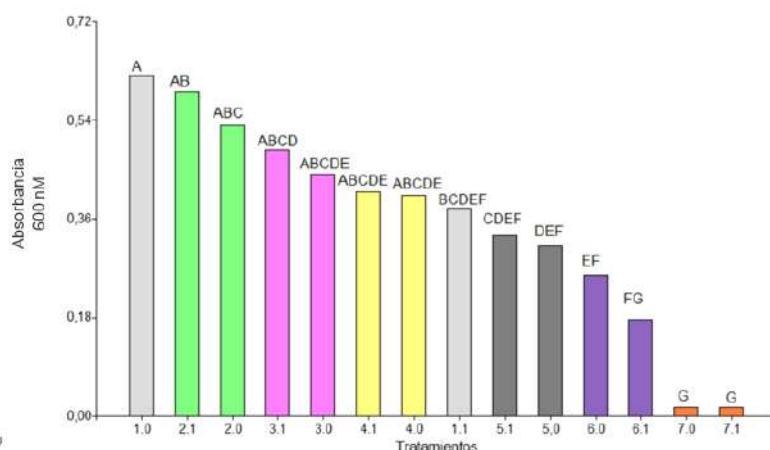


Figura 1. Crecimiento de la biomasa bacteriana (Ab_{600}) de los diferentes tratamientos a las 72 horas, frente a la adición de 100 μM de NaCl. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Cuando se adicionó 200 μM de NaCl al medio de cultivo, se pudo observar que la cepa LL14+NaCl (tratamiento 2.1), no se diferenció estadísticamente del tratamiento sin adición de sal (2.0). En cambio, las cepas LL12 y LL29 con adición de NaCl (tratamientos 1.1 y 3.1, respectivamente) presentaron diferencias significativas, mostrando sensibilidad a esta concentración salina. La cepa LL30 presentó un crecimiento medio en la serie de la figura, tanto con y sin adición de sal (4.0 y 4.1). Para esta concentración de sodio, las cepas que menor crecimiento presentaron fueron la LL54 (6.0 y 6.1) y LL66 (7.0 y 7.1), aún sin la adición de NaCl. Mientras que, las cepas LL29 (3.1) y LL32 (5.1) mostraron una alta sensibilidad y un crecimiento de biomasa significativamente inferior cuando se adicionó NaCl al medio de cultivo (Figura 2).

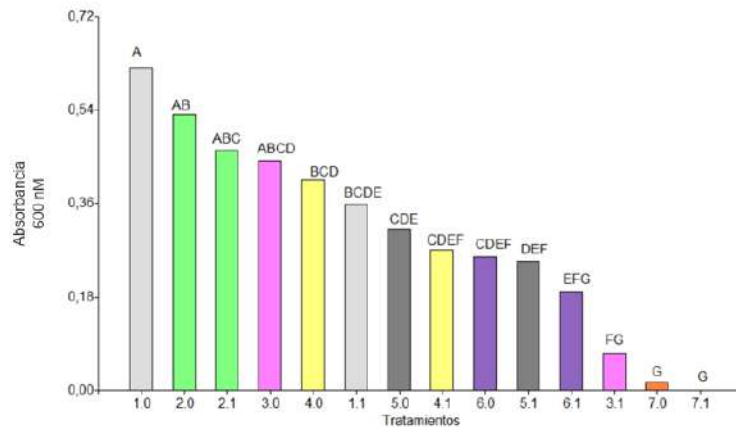


Figura 2. Crecimiento de la biomasa bacteriana (Ab_{600}) de los diferentes tratamientos a las 72 horas, frente a la adición de 200 μM de NaCl. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

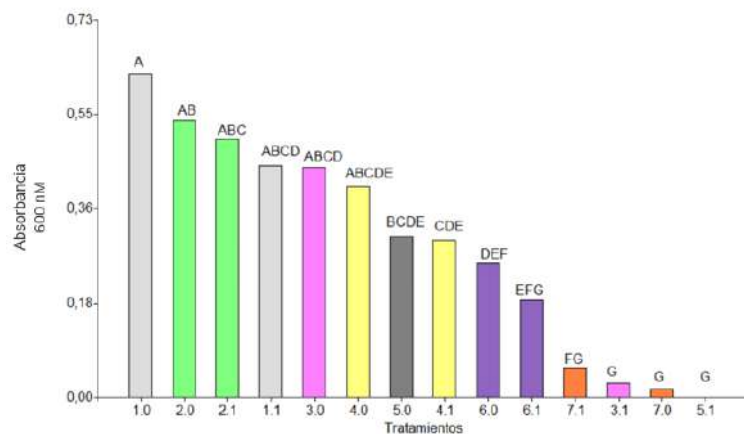


Figura 3. Crecimiento de la biomasa bacteriana (Ab_{600}) de los diferentes tratamientos a las 72 horas, frente a la adición de 300 μM de NaCl. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Por último, la adición de 300 μM de NaCl (Figura 3) no inhibió el crecimiento de la cepa LL14+NaCl (tratamiento 2.1). Estos resultados indican que estas cepas podrían tener ciertas características de adaptación a este tipo estrés, siendo la tolerancia observada en estos ensayos, mayor al determinado por otros autores en cepas de *Mesorhizobium ciceri* y *Ensifer (Sinorhizobium) meliloti*, que crecieron a 1,5 y 2 % de los niveles de sal (Ruiz-Diez *et al.*, 2009). Al igual que lo observado en los ensayos arriba descritos, la cepa LL12 sin adición de sal fue la que mayor crecimiento de biomasa presentó, sin embargo, su par con adición de sal (tratamiento 1.1) presentó un comportamiento significativamente menor diferenciándose sólo de las cepas LL29+ClNa (3.1) y de ambos tratamientos con la cepa LL66 (7.0 y 7.1) (figura 3). Cabe destacar que en todos los casos evaluados (figura 1, 2 y 3), los tratamientos con la cepa LL66 (7.0 y 7.1) fueron los que menor crecimiento presentaron. Esto sugiere la baja diversidad que presenta este género bacteriano en suelos con estas características y que, paralelamente, puede atribuirse a la escasa diversidad de especies leguminosas presentes en estos ambientes (Mathu *et al.* 2012; Suzuki *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Las cepas LL 29, LL30, LL32, LL54 y LL66 presentaron un crecimiento medio en la concentración de 100 μM de ClNa , siendo pobre o nulo con las concentraciones de 200 μM y 300 μM de ClNa . El aumento de la concentración de salinidad en el medio de cultivo indujo una reducción significativa del crecimiento, donde los valores de absorbancia disminuyeron con el aumento de la concentración de sal.

Las cepas LL12 y LL14, mantuvieron el crecimiento cercano al testigo en todas las concentraciones de NaCl evaluadas, sin embargo, mostraron un mayor crecimiento cuando se las evaluó en dosis bajas de NaCl (100 μM de NaCl) mostrando resultados similares a sus testigos sin NaCl . Cabe destacar que la cepa LL14 reveló un mayor crecimiento con salinidad respecto a su testigo, además, mantuvo un crecimiento similar al control con el nivel más alto de sal ensayado (300 μM). A partir de los datos descriptos, podemos concluir que sólo dos cepas evidenciaron cierta tolerancia al estrés salino. Estos resultados, pese a que son preliminares, marcan la importancia que tienen los estudios de selección de cepas para mejorar la calidad de la simbiosis y asegurar la implantación de leguminosas, particularmente en *L. tenuis*.

BIBLIOGRAFÍA

Chen J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. In: International Workshop on Sustained Management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use, Land Development Department Bangkok, Thailand, (16):20

Di Rienzo J, Balzarini M, Gonzalez L, Casanoves F, Tablada M, Robledo C. 2010. Infostat: software para análisis estadístico. UNC

FAO. 2014. FAO statistical yearbook 2014: Latin America and the Caribbean food and agriculture. Recuperado el 6 de febrero de 2018 en <http://fao.org/publications>

Guzmán Duchén D, Montero Torres, J. 2021. Interacción de bacterias y plantas en la fijación del nitrógeno. Revista de investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 8(2), 87-101.

Hashem FM, Swelim DM, Kuykendall LD, Mohamed AI, Abdel-Wahab SM, Hegazi NI. 1998. Identification and characterization of salt and thermo-tolerant *Leucaena* nodulating *Rhizobium* strains. Biol Fertil Soil, 27:335–341.

Loh J, Lohar DP, Andersen B, Stacey G. 2001. Journal of Bacteriology, March 2002, p. 1759-1766, Vol. 184, No. 6.

Loritea MJ, Donate-Correab J, del Arco-Aguilarc M, Galdonab RP, Sanjuána J, León-Barriosb,M. 2010. Lotus endemic to the Canary Islands are nodulated by diverse and novel rhizobial species and symbiotypes. Systematic and Applied Microbiology, 33, 282-290.

Mathu S, Herrmann L, Pypers P, Matiru V, Mwirichia R, Lesueur DD. 2012. Potential of indigenous bradyrhizobia versus commercial inoculants to improve cowpea (*Vigna unguiculata* L. walp.) and green gram (*Vigna radiata* L. wilczek.) yields in Kenya. Soil Science and Plant Nutrition. 2012;58(6):750–63. doi:10.1080/00380768.2012.741041



Quinos PM, Insausti P, Soriano A. 1998. Facilitative effect of *Lotus tenuis* on *Paspalum dilatatum* in a lowland grassland of Argentina. *Oecologia*, 114(3), 427-431.

Rivas R, Martens M, Lajudie P, Willems A. 2009. Multilocus sequence analysis of the genus *Bradyrhizobium*. *Systematic and Applied Microbiology*, 32:101-110.

Singleton. PW. & Bohlool, B. 1984. Effect of salinity on the nodule formation by soybean. *Plant Physiol*, 74:72–76.

Ruiz-Díez B, Fajardo S, Puertas-Mejía MA, Felipe M del R de, Fernández-Pascual M. 2009. Stress tolerance, genetic analysis and symbiotic properties of root-nodulating bacteria isolated from Mediterranean leguminous shrubs in Central Spain. *Archives of Microbiology*. 2009;191(1):35–46. doi:10.1007/s00203-008-0426-y

Suzuki Y, Adhikari D, Itoh K, Suyama K. 2014. Effects of temperature on competition and relative dominance of *Bradyrhizobium japonicum* and *Bradyrhizobium elkanii* in the process of soybean nodulation. *Plant and Soil*. 2014;374(1–2):915–24. doi:10.1007/s11104-013-1924-5

Vincent JM. 1970. A manual for the practical study of root-nodule bacteria. *International Biological Program Handbook*, vol., 15, Blackwell Scientific Publishers, Oxford, UK.



ALCALINIDAD O PROFUNDIDAD AL HORIZONTE ARCILLOSO ¿QUÉ LIMITA MÁS LOS RENDIMIENTOS INTER-ANUALMENTE EN LA CUENCA DEL SALADO?

Garello, F.J.^{1*,2}, E.M. Melani¹, M.A. Cicchino¹, M.A. Taboada²

¹ AER INTA Chascomús; * Mitre 202, Chascomús, Prov. de Buenos Aires; ² Cátedra de Edafología, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía.

Mail de contacto: garello.federico@inta.gob.ar.

RESUMEN: En la Pampa Deprimida los rendimientos de los cultivos están influenciados por la alcalinidad subsuperficial y un drenaje deficiente asociado con la presencia de un horizonte arcilloso de espesor y profundidad variable. Sin embargo, existen discrepancias en cuanto a la magnitud y a la frecuencia interanual del impacto de estas variables sobre la productividad de los cultivos. Los objetivos de este trabajo fueron cuantificar el impacto de la alcalinidad, espesor y profundidad al horizonte arcilloso sobre los rendimientos de maíz y soja. Se realizó un muestreo a escala de lote donde se determinaron éstas variables en diferentes puntos de dos lotes en producción y se los relacionó con los rendimientos relativos de soja y maíz de campañas previas. Los rendimientos de soja y maíz respondieron más a las variaciones en la alcalinidad (R^2 entre 20% y 40%) que a la profundidad a la cual se encuentra el horizonte Bt/Btn (R^2 entre 11% y 18%), mientras que el espesor de dicho horizonte no impactó en los RR (R^2 menor al 5%). Por cada punto de incremento de la alcalinidad, los RR se redujeron en $\approx 11\%$ independientemente de las precipitaciones recibidas en el ciclo, mientras que por cada 1 cm de incremento en la profundidad al horizonte Bt/Btn los RR se incrementaron alrededor de 0.65% solo los años con precipitaciones mayores a 400 mm en soja y 450 mm en maíz. Estos resultados permiten direccionar sobre líneas de investigación que tiendan a evaluar prácticas de manejo que atenúen la alcalinidad del subsuelo.

PALABRAS CLAVE: Btn, espesor del horizonte A, rendimiento de cultivos.

INTRODUCCION

En la Pampa Deprimida los rendimientos de los cultivos son menores a los de otras regiones (ej: Pampa Ondulada, Pampa Arenosa, Sudeste de Buenos Aires) (SAGyP, 2023), lo cual estaría asociado a la alcalinidad subsuperficial y un drenaje deficiente asociado con la presencia de un horizonte arcilloso de espesor y profundidad variable (INTA, 1980, 1990). Si bien el impacto en los cultivos, tanto de la alcalinidad como de la profundidad al horizonte arcilloso, está fuertemente asociada a la especie analizada (Hazelton y Murphy, 2007), en términos generales existe una concordancia en que los rendimientos aumentan cuanto mayor es la profundidad al horizonte Bt (Belford et al., 1992; Micucci y Taboada, 2006; Taboada y Alvarez, 2008; Maggi et al., 2016) o al horizonte alcalino (Bandera, 2013; Filippi et al., 2019; Hamblin y Tennant, 1987), y se reducen cuanto mayor es la alcalinidad (Adcock et al., 2007; Rengasamy et al., 2022; Sale et al., 2019). Sin embargo, estos trabajos, fueron mayormente realizados en suelos con una sola restricción y no con la combinación de ambas. Por lo tanto, existe un vacío de conocimiento acerca del comportamiento de los cultivos cuando las dos limitantes (sodicidad y profundidad al Bt/Btn) están de manera simultánea en los suelos de una región sub-húmeda, donde podría esperarse que las precipitaciones atenúen el impacto de alguna de ellas y/o ambas.

Dada la necesidad de establecer a escala de lotes de campo el impacto de la variabilidad espacial de: 1) la profundidad al horizonte Bt/Btn, 2) el espesor de este horizonte y 3) su grado de alcalinidad, en este trabajo se busca determinar el impacto conjunto de un rango de estas variables sobre los rendimientos de maíz y soja a escala de lote.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en el establecimiento “San Martín”, ubicado sobre la ruta 20, a 15 km al este de la ciudad de Chascomús en la región norte de la Pampa Deprimida. Las precipitaciones promedio son 1031 mm, distribuidos 238 mm, 191 mm, 282 mm y 320 mm en otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente (AER INTA Chascomús, 2022).

Se realizó un muestreo en grilla en los dos lotes indicados en la **Figura 1** que cubren 55 hectáreas (45 % de la totalidad destinada a la actividad agrícola). Las estaciones de muestreo estaban distanciadas a $\approx$ 80-90 m una de otra. En cada estación se hicieron tres piques con un barreno. En cada pique se midió la profundidad al horizonte Bt/Btn (i.e: capa no arcillosa) y el espesor del horizonte Bt/Btn. Las submuestras del horizonte Bt/Btn se unificaron y se les determinó el pH en una relación suelo:agua 1:2,5. El pH de los horizontes arcillosos es una variable que presenta una muy baja variación interanual (Hazelton y Murphy, 2007). Se obtuvieron los rendimientos relativos (RR) de los cultivos de campañas previas realizados en cada lote (**Tabla 1**) a partir de mapas de rendimiento generados con cosechadora autopropulsada.

Se evaluó el impacto de las propiedades edáficas i) pH del horizonte Bt/Btn, ii) profundidad al horizonte Bt/Btn y iii) espesor del horizonte Bt/Btn sobre los RR de cada cultivo mediante análisis de regresiones simples para cada año. Posteriormente se compararon las pendientes entre años para una misma variable en aquellas relaciones donde la pendiente fue significativamente diferente de 0.

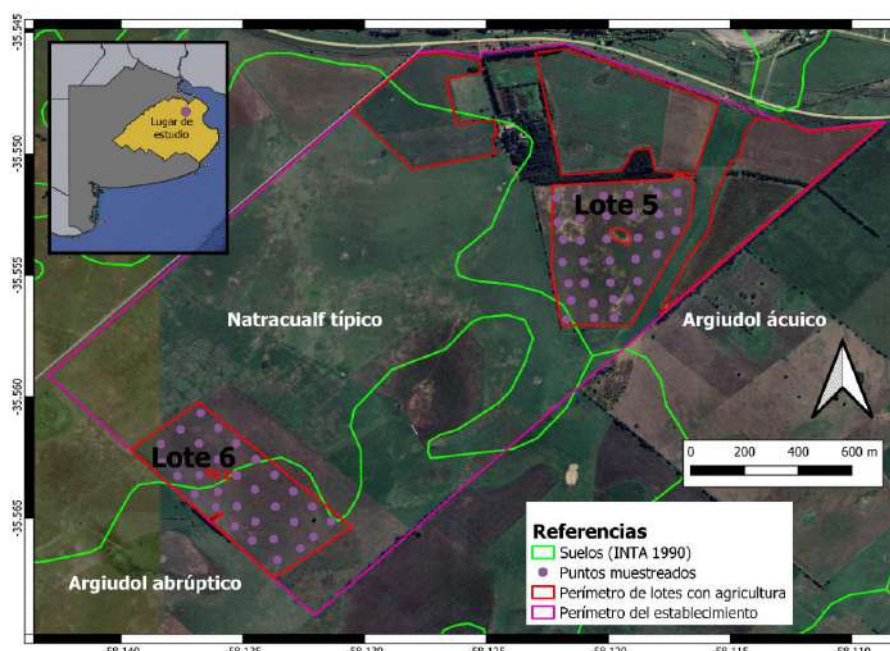


Figura 1. Plano del establecimiento “San Martín”, lotes bajo agricultura (Líneas rojas) y límites entre clases de suelo (Líneas verdes). Los puntos indican los sectores donde se realizaron los piques en el muestreo en grillas.

Tabla 1. Cultivos realizados en cada campaña en los lotes bajo estudio, precipitaciones recibidas en el ciclo y rendimiento promedio a escala de lote.

Lote	Campaña	Cultivo	Variedad/Híbrido	Precipitaciones en el ciclo (mm)	Rendimiento promedio [¶] (Tn ha ⁻¹)
5	18-19	Soja 2°	N 4713	263	3,05
	19-20	Maíz Tardío	DK 7210 VT3	597	9,55
	20-21	Soja 1°	4x3 i pro	415	3,31
6	18-19	Maíz Temprano	DK 7210 VT3	618	10,04
	19-20	Soja 1°	4x3 i pro	572	3,31
	20-21	Maíz Temprano	DK 7210 VT3	437	7,13

[¶] Valor obtenido a partir del mapa de rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Todas las propiedades edáficas medidas variaron considerablemente en el área de estudio. La profundidad al horizonte Bt/Btn varió entre 5 y 55 cm, mientras que el espesor del horizonte Bt/Btn varió entre 17 y 53 cm. Por su parte, el pH del horizonte Bt/Btn fluctuó desde un mínimo de 6,27 a un máximo de 8,97. En este sentido se observó que donde el horizonte Bt/Btn estaba a más de 40 cm su pH nunca superó los valores de 6,5, mientras que cuando se encontró entre 5 y 40 cm la relación no fue muy clara, encontrándose valores en el rango de 6,2 a 8,9 (**Figura 2**).

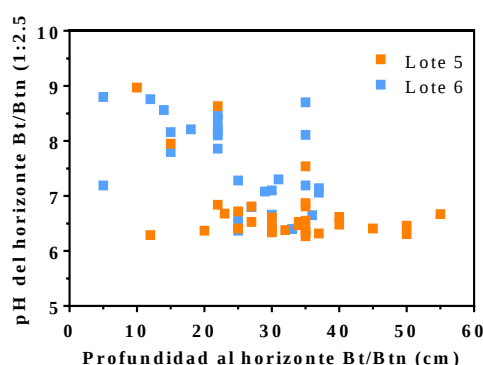


Figura 2. Relación entre el pH y la profundidad al horizonte Bt, en los dos lotes muestreados.

Los incrementos del pH del suelo provocaron descensos de 10,4% y 12,2% en los RR de maíz los años con mayores precipitaciones durante el ciclo. En el caso de la soja, los descensos fueron de 9,8% a 12,8% las tres campañas evaluadas. Las pendientes entre años para cada cultivo no difirieron estadísticamente entre sí ($p = 0,625$ y $p = 0,840$ para maíz y soja, respectivamente) (**Figura 3. A y D**). Es decir que, las reducciones en los RR fueron de alrededor del 11% por cada unidad de incremento del pH para ambos cultivos. Estos resultados son similares a los encontrados por Rao et al. (2008), quienes observaron reducciones de entre 7-12% del RR ante incrementos unitarios de pH en genotipos de arroz con alta y media tolerancia a la alcalinidad. A su vez, están en línea con los incrementos de hasta el 13% del RR observados en trigo por Tavakkoli et al. (2022) al reducir el pH entre 1-1,5 unidades ante la aplicación de 2,5 a 5 Tn ha⁻¹ de yeso. A su vez, se relacionan a los resultados de Garelo et al. (2023), quienes determinaron que el incremento de la alcalinidad redujo entre 9,8% y 11% el rendimiento de maíz por cada un punto de aumento del pH.

Por otra parte, por cada un centímetro en que se incrementó la profundidad al horizonte Bt/Btn, el RR de maíz aumentó 0,64% y 0,72%, sin diferencias estadísticas entre pendientes ($p = 0.538$), mientras que en la soja solo se vio una tendencia leve ($R^2 = 0,11$; $p = 0,068$) a que el RR se incremente 0,67%, pero solo la campaña con mayores precipitaciones durante el ciclo (**Figura 3. B y E**). Estos resultados sugieren que más que un problema de falta de agua disponible por un muy somero horizonte A, durante esos años lluviosos los sectores con el horizonte Bt/Btn más cercano a la superficie habrían sido más propensos de padecer anegamientos temporarios, los que redujeron significativamente su rendimiento. Similares efectos perniciosos por anegamiento temporario fueron observados por Adcock et al. (2007) en trigo y por Sale et al. (2019) en canola. Por el contrario, cuando las precipitaciones fueron escasas, los cultivos pudieron haber consumido una mayor proporción del agua de los horizontes A y Bt/Btn, en línea con lo encontrado por Garelo et al. (2023). En relación a lo observado en este estudio, Otegui et al. (1995) también encontraron un mayor consumo de agua desde el horizonte Bt por parte del cultivo de maíz cuando fue sometido a condiciones de sequía estacional.

En el caso de los suelos de la región estudiada, que se caracterizan por ser expansibles (Taboada et al., 1988; Taboada et al., 2001), puede pensarse que el agrietamiento del horizonte arcilloso debido a su desecación cuando hay épocas secas permite el pasaje de raíces (Taboada y Alvarez, 2008), facilitando así el acceso de las raíces y el consumo de agua de estratos inferiores al horizonte Bt/Btn. Esta vía de acceso hace al cultivo de maíz y posiblemente a la soja (Yang et al., 1996) menos dependiente de la profundidad a la que se encuentra dicho horizonte.

Observando los R^2 de las regresiones, se determinó que el RR dependió más del pH del horizonte Bt/Btn que de la profundidad a la que se encuentra el mismo, ya que el pH explicó entre el 20% y el 40% de los RR, mientras que la profundidad al horizonte Bt/Btn solo lo hizo en un 11% a 18% (**Figura 3. A, B, C y D**).

Ninguno de los cultivos evaluados respondió a variaciones en el espesor del horizonte Bt/Btn (**Figura 3. C y F**). Los resultados hallados brindan evidencia muy sólida acerca del impacto negativo de la alcalinidad del horizonte Bt/Btn sobre los RR de maíz y soja, permitiendo discutir las ideas sobre las razones por las cuales la profundidad del horizonte Bt/Btn no causa los mismos efectos negativos.

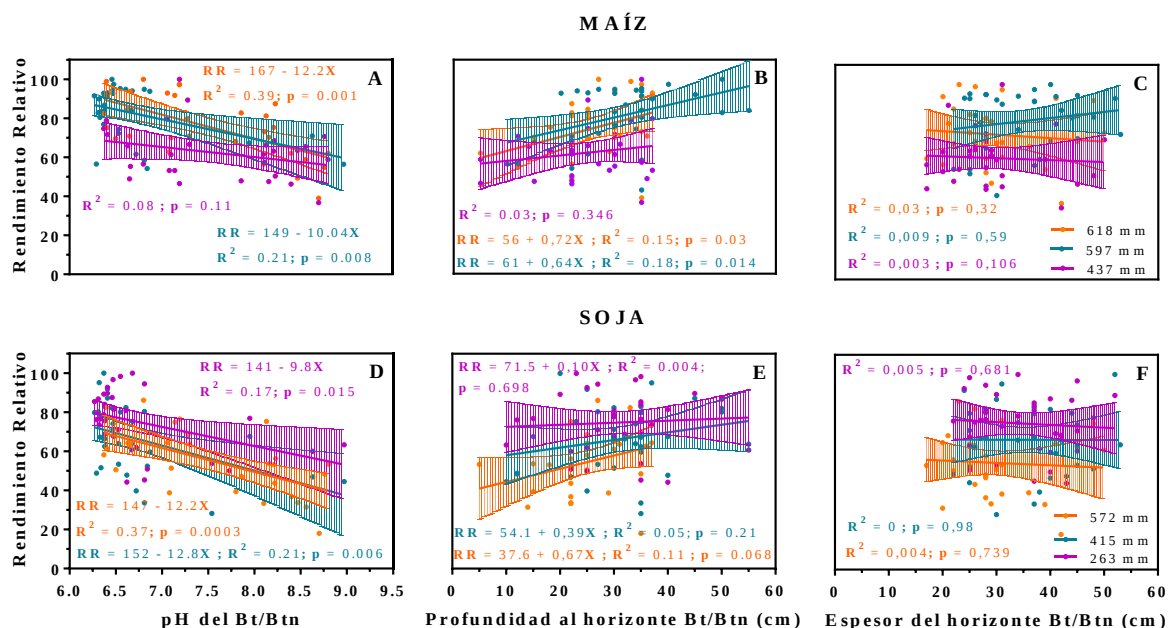


Figura 3. Relaciones entre el Rendimiento Relativo (RR) del maíz (A, B y C) y la soja (D, E y F), en función del pH (A y D), la profundidad (B y E) y el espesor (C y F) del horizonte Bt/Btn. Los puntos indican el RR de cada cultivo, y el pH, la profundidad y el espesor del Bt/Btn en cada estación de muestreo. Las bandas indican los valores medios de RR en cada año y los IC 95%. Los colores indican las precipitaciones recibidas por los cultivos durante el ciclo.

CONCLUSIONES

El efecto negativo del pH del horizonte Bt/Btn sobre los rendimientos de maíz y soja demostró ser de mayor importancia relativa que el efecto positivo de la profundidad a la que se encuentra dicho horizonte. Los rendimientos relativos en soja y maíz cayeron alrededor del 11% por cada unidad de incremento de pH, independientemente de las precipitaciones recibidas por el cultivo en el ciclo de crecimiento. Esto permite direccionar esfuerzos en determinar qué prácticas de manejo podrían atenuar dicha limitación (Ej: aplicación de enmiendas, uso de variedades/híbridos tolerantes, entre otros).

BIBLIOGRAFIA

- Adcock, D., McNeill, A. M., McDonald, G. K., & Armstrong, R. D. (2007). Subsoil constraints to crop production on neutral and alkaline soils in south-eastern Australia: A review of current knowledge and management strategies. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(11), 1245-1261. <https://doi.org/10.1071/EA06250>
- Bandera, R. (2013). *Rehabilitación de suelos salino-sódicos: evaluación de enmiendas y de especies forrajeras*. Universidad de Buenos Aires.
- Belford, R. K., Dracup, M., & Tennant, D. (1992). Limitations to Growth and Yield of Cereal and Lupin Crops on Duplex Soils. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 32(7), 929-945. <https://doi.org/10.1071/EA9920929>
- Filippi, P., Jones, E. J., Ginns, B. J., Whelan, B. M., Roth, G. W., & Bishop, T. F. A. (2019). Mapping the Depth-to-Soil pH Constraint, and the Relationship with Cotton and Grain Yield at the Within-Field Scale. *Agronomy*, 9(5), 251. <https://doi.org/10.3390/agronomy9050251>
- Garello, F. J., Ploschuk, E. L., Melani, E. M., & Taboada, M. A. (2023). Soil water availability and water absorption by maize in sodic soils with high water table. *Field Crops Research*, 295(September 2022), 108877. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108877>



AGRONOMIA
FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



International Union of Soil Sciences®

- Hamblin, A. P., & Tennant, D. (1987). Root length density and water uptake in cereals and grain legumes: How well are they correlated. *Australian Journal of Agricultural Research*, 38(3), 513-527. <https://doi.org/10.1071/AR9870513>
- Hazelton, P., & Murphy, B. (2007). Interpreting Soil Test Results: WHAT DO ALL THE NUMBERS MEAN? En *Interpreting Soil Test Results*. <https://doi.org/10.1071/9781486303977>
- INTA. (1980). *La Pampa Deprimida: Condiciones de drenaje de sus suelos*.
- INTA. (1990). Cartas de suelos de la República Argentina: Provincia de Buenos Aires. Recuperado 5 de julio de 2021, de <http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/index.htm>
- Maggi, A. E., Behrends Kraemer, F., Introcaso, R. M., & Thompson, D. (2016). Caracterización física y química de un argiudol vértico de la pampa ondulada con erosión hídrica en el surco y entresurco. *Ciencia del Suelo*, 34(1), 113-126.
- Micucci, F. G., & Taboada, M. A. (2006). Soil physical properties and soybean (*Glycine max*, Merrill) root abundance in conventionally- and zero-tilled soils in the humid Pampas of Argentina. *Soil and Tillage Research*, 86(2), 152-162. <https://doi.org/10.1016/j.still.2005.02.004>
- Otegui, M. E., Andrade, F. H., & Suero, E. E. (1995). Growth, water use, and kernel abortion of maize subject to drought at silking. *Field Crops Research*, 40, 87-94. <https://doi.org/10.12968/bjca.2015.10.4.190>
- Rao, P. S., Mishra, B., Gupta, S. R., & Rathore, A. (2008). Reproductive stage tolerance to salinity and alkalinity stresses in rice genotypes. *Plant Breeding*, 127(3), 256-261. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2007.01455.x>
- Rengasamy, P., de Lacerda, C. F., & Gheyi, H. R. (2022). Salinity , Sodicty and Alkalinity. En T. S. d. Oliveira & R. W. Bell (Eds.), *Subsoil Constraints for Crop Production* (pp. 83-107). https://doi.org/10.1007/978-3-031-00317-2_4
- SAGyP. (2023). Estimaciones Agrícolas. Recuperado 12 de enero de 2023, de <https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/>
- Sale, P. W., Gill, J. S., Peries, R. R., & Tang, C. (2019). Crop responses to subsoil manuring. I. Results in south-western Victoria from 2009 to 2012. *Crop and Pasture Science*, 70(1), 44-54. <https://doi.org/10.1071/CP18115>
- Taboada, M. A., & Alvarez, C. R. (2008). Root abundance of maize in conventionally-tilled and zero-tilled soils of Argentina. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 32(2), 769-779. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832008000200031>
- Taboada, M. A., Lavado, R. S., & Camilión, M. C. (1988). Cambios volumétricos en un natracuol típico. *Ciencia del Suelo*, 6(2), 151-157.
- Taboada, M. A., Lavado, R. S., Rubio, G., & Cosentino, D. J. (2001). Soil volumetric changes in natric soils caused by air entrapment following seasonal ponding and water table rises. *Geoderma*, 101(3-4), 49-64. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(00\)00089-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(00)00089-6)
- Tavakkoli, E., Uddin, S., Rengasamy, P., & McDonald, G. K. (2022). Field applications of gypsum reduce pH and improve soil C in highly alkaline soils in southern Australia ' s dryland cropping region. *Soil Use and Management*, 38(January 2021), 466-477. <https://doi.org/10.1111/sum.12756>
- Yang, J., Blanchar, R. W., Hammer, R. D., & Thompson, A. L. (1996). Soybean Growth and Rhizosphere pH as Influenced by A Horizon Thickness. *Soil Science Society of America Journal*, 60(6), 1901-1907. <https://doi.org/10.2136/sssaj1996.03615995006000060040x>



VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción”



19 al 22 de septiembre de 2023. Santa Rosa, La Pampa

RESULTADOS PRELIMINARES DEL EFECTO DE LA SALINIDAD Y SODICIDAD DEL SUELO SOBRE LA PRODUCCION DE SOJA

Gentili N.¹, J.C. Pietrantonio², M. Alladio², M. B. Conde³, L. Magnano⁴, M. Murgio⁵, P. Andrada⁶, M.B. Aimetta³.

¹ Agencia de Extensión Rural Corral de Bustos, INTA Marcos Juárez, Calle Córdoba 1405 C.P. (2645), Corral de Bustos-Córdoba

² Agencia de Extensión Rural Bell Ville, INTA Marcos Juárez, Ruta Nac. N° 9 Km km 503 C.P. (2550), Bell Ville-Córdoba

³ Estación Experimental Agropecuaria INTA Marcos Juárez, Ruta Prov. N° 12 Km 36 CC 21 Marcos Juárez-Córdoba.

⁴ Estación Experimental Agropecuaria INTA Oliveros, Ruta Nac. N° 11 Km 353 C.P. (2206), Oliveros-Santa Fe.

⁵ Estación Experimental Agropecuaria INTA Manfredi, Ruta Nac. N° 9 Km 636 C.P. (5988), Manfredi-Córdoba.

⁶ Asesor privado MP 2817, Tucumán 272 C.P. (2566), San Marcos-Córdoba.

Autor de contacto: aimetta.bethania@inta.gob.ar

RESUMEN:

Los suelos sódicos se caracterizan por presentar alta variabilidad en la productividad de soja a nivel de lote. Estas características dificultan las decisiones de manejo en función del ambiente. Sin embargo, hay poca información sobre la variabilidad del rendimiento entre manchones de alto y baja salinidad-sodicidad. El objetivo es predecir el rendimiento del cultivo de soja en función del pH, conductividad eléctrica (Ce) de suelo y valores de Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) con imágenes satelitales. El experimento se realizó a escala de lote sobre un suelo sódico, ubicado al oeste de la región núcleo sojera Argentina. Se estableció un diseño factorial estratificando un lote de soja por índices de vegetación derivados de satélite en zonas de alta y baja producción. En los límites entre manchones de alta y baja productividad se dispusieron de a tres las unidades experimentales, ordenadas en dirección perpendicular al mismo y distanciadas un metro entre sí, conformando un gradiente de productividad. Se midió pH y Ce de suelo a 0-20 cm de profundidad y rendimiento de soja. A pesar de que CE estuvo por debajo de umbrales que afecten el rendimiento, se encontró una relación no lineal negativa entre rendimiento y CE, sugiriendo que podría utilizarse dicha relación como un indicador de las variaciones del suelo para explicar los rendimientos a nivel de lote. Dada la magnitud de la caída del rendimiento fuera de los manchones de alta productividad, el ajuste del manejo del cultivo debería focalizarse sobre los mismos.

PALABRAS CLAVE: Manchones, Conductividad eléctrica, pH

INTRODUCCION:

A nivel mundial la superficie con suelos halo-hidromórficos es de entre 900-1000 millones de hectáreas, donde Argentina constituye el tercer país con mayor superficie afectada por sales y sodio luego de Rusia y Australia (Szabolcs, 1979). Además, la Región Pampeana húmeda tiene alrededor de 19 millones de hectáreas con diferentes niveles de halo-hidromorfismo (J. Gorgas & Bustos, 2008). El departamento Unión, al este de Córdoba, presenta un 21 y 23% de la superficie con problemas de salinidad y alcalinidad, respectivamente (Jarsún et al., 2003).

En el oeste de la región núcleo sojera Argentina, este tipo de suelos se distribuyen de manera irregular en el terreno, afectando a los cultivos sensibles implantados que se desarrollan en forma de manchones con diferente altura. La propiedad distintiva y dominante de los suelos



salinos es la alta concentración de electrolitos en el extracto de saturación ($>4 \text{ dS m}^{-1}$), mientras que de los suelos sódicos es la alta relación de adsorción de sodio (RAS) de su solución y el elevado porcentaje de sodio intercambiable (PSI) ($>15\%$) y pH superior a 8,5 (Allison et al., 1970).

Numerosos estudios afirman que la acumulación de sales y sodio ya sea en superficie o en la zona de las raíces, causa disminución en la fertilidad y cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo (Adcock et al., 2007; Gill, 2010; Lavado, 2010). Esto impacta negativamente en muchas de las funciones del suelo como la infiltración y la capacidad de almacenaje de agua, restringe procesos del suelo, incluidos nitrificación, desnitrificación y descomposición de residuos debido a la disminución de la actividad biológica y la biodiversidad del suelo (Navarro Blaya and Navarro García 2003).

Por otro lado, es ampliamente conocido que la utilización de sensores remotos para analizar la cobertura del suelo es una técnica que permite la zonificación y el manejo por ambiente de lotes, así como también posibilita estimar el rendimiento de los cultivos (Bastiaanssen & Ali, 2003; De Lara, 2011). Por lo cual su aplicación resulta muy efectiva en ambientes con suelos manchoneados o con variabilidad en el crecimiento de los cultivos implantados.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la variabilidad en el rendimiento del cultivo de soja en respuesta a la heterogeneidad de las propiedades químicas de un suelo con elevado contenido de sodio intercambiable característico del este de Córdoba.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El experimento se realizó en un establecimiento agrícola de la localidad de San Marcos ($32^{\circ}35'36.58''\text{S}$, $62^{\circ}28'4.33''\text{O}$), departamento Unión. La localidad de San Marcos Sud posee temperatura media anual de $17,05^{\circ} \text{C}$ y régimen de precipitaciones de 793 mm anuales (INTA, 1979).

Dicho establecimiento presenta tres complejos de suelos, Co 5, Co 9 y Co 10 de la Hoja 3363-11 Leones con una capacidad de uso IVws, el Co 9, y VIws los dos restantes (INTA, 1979).

Se estableció un diseño factorial estratificando un lote de soja, con índices de vegetación (NDVI) derivados del satélite Sentinel 2, en zonas de mayor y menor producción. En los límites entre manchones de alta y baja productividad se dispusieron de a tres las unidades experimentales, ordenadas en dirección perpendicular al mismo y distanciadas un metro entre sí, conformando un gradiente de productividad, replicado 12 veces. Cada punto de muestreo quedó georreferenciado tomando sus coordenadas x e y. Se midió pH y Ce de suelo a 0-20 cm de profundidad y rendimiento de soja. La variedad de soja fue 50i17 STS, sembrada el 22 de noviembre de 2022 con una distancia entre surcos de 35 cm y cosechada el 16 de mayo de 2023.

Se utilizaron imágenes satelitales de diferentes fechas (7/12/2021, 29/1/22, 18/2/22, 15/3/22 y 1/4/23), se calculó el NDVI de cada una y con R (R Core Team, 2022) se extrajo el valor del índice para cada fecha en cada punto de muestreo de suelo georreferenciado.

En cada unidad experimental, a R8 se cosechó manualmente un metro lineal de plantas, que luego de ser trilladas se determinó el rendimiento (kg ha^{-1}). Además, se extrajo muestras de suelo de los primeros 20 cm. Las mismas fueron secadas a temperatura ambiente durante 3 días, luego molidas y tamizadas por 2 mm para las determinaciones de pH y Ce. Se estimó el pH a través del método potenciométrico en una relación 1:2,5 (Thomas, 1996), Ce en una relación suelo: agua 1:2,5 (Rhoades, 1996).

Análisis estadístico:

La base de datos contaba con 9 variables (pH, Ce, valores de NDVI y Coordenadas x e y). Para determinar cuáles eran las variables que mejor explicaban el rendimiento se utilizó el método de selección de variables paso a paso. Luego se modeló la relación existente entre el rendimiento y la variable seleccionada a través de análisis de regresión. Se utilizó el software estadístico R (R Core Team, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

La Ce fue la variable que mejor explicó las variaciones del rendimiento de soja a nivel de lote. La misma se relacionó con el rendimiento de manera no lineal ($\hat{y}_i = e^{4,4381, -1,205 \ln(x_0)}$), donde incrementos de la Ce de 0,1 a 0,2 dS m⁻¹ producen disminuciones del 57% en el rendimiento. Un suelo se considera ligeramente salino cuando la Ce en el extracto de saturación supera el valor de 2 dS m⁻¹ (Porta et al., 1999) y constituye el valor umbral de tolerancia para el cultivo de soja (Katerji et al., 2003). En suelos de textura fina éste límite se aproxima al valor de 0,5 dS m⁻¹ medido en solución 1:2,5 (Sbaraglia & Lucci, 1994). A pesar de que en todos los puntos medidos, los valores de salinidad se encontraban por debajo de este umbral, la regresión tuvo un buen ajuste (R² de 0,78) (Figura 1). Por lo cual, se considera factible estimar cambios en rendimiento de soja en función de este parámetro a nivel de lote en un suelo sódico. Resultados similares fueron obtenidos por (Aimetta et al., 2017) en un relevamiento sobre soja en suelos con las mismas características, donde los rendimientos ajustaron mejor con la Ce del suelo en comparación con los valores de pH.

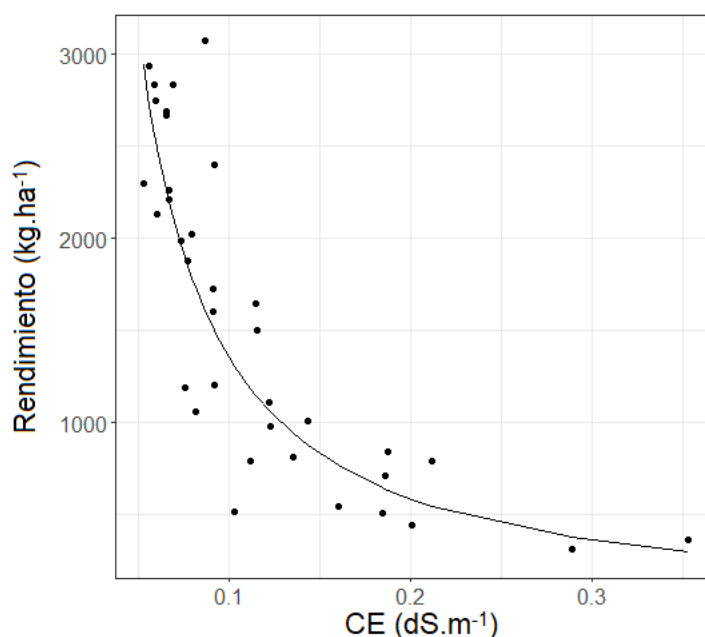


Figura 1: Regresión entre el rendimiento en granos y los valores de Ce del suelo.

El cultivo de soja es una especie moderadamente sensible a la salinidad (Katerji et al., 2003; Mass & Offman, 1977), aunque existe una gran variabilidad en la respuesta al estrés debido a las diferencias genotípicas (Abel & MacKenzie, 1964a; Katerji et al., 2000, 2003; Velagaleti & Schweitzer, 1993). Los antecedentes existentes demuestran que, en suelos con elevado contenido de sodio en el complejo de intercambio, el drenaje y el almacenamiento de agua son limitados y afectan el intercambio gaseoso y la respiración radical. Estas capas densas de suelo reducen el rendimiento potencial de los cultivos por limitar la provisión de agua, oxígeno y nutrientes (Rengasamy et al., 2003).

En el límite entre manchones de alta y baja productividad, el rendimiento de soja presentó un pronunciado gradiente asociado a cambios en la Ce. Por ejemplo, en menos de dos metros el rendimiento se redujo en más del 70%. De este modo, la Ce refleja los cambios en el rendimiento del cultivo producto de la heterogeneidad de las condiciones de crecimiento radicular que presentan estos suelos.

CONCLUSIONES:



AGRONOMIA
FACULTAD de
AGRONOMIA
Universidad Nacional de La Pampa



La relación entre los valores de Ce y el rendimiento de soja, incluso con bajos niveles de salinidad superficial, sugieren que podría utilizarse como un buen indicador de las variaciones de rendimiento, producto de cambios en la sodicidad del suelo a nivel de lote. Si bien esta variable no es la única responsable del comportamiento del cultivo es de fácil determinación y bajo costo. Los resultados nos permiten concluir en función de la magnitud de la caída del rendimiento en tan corta distancia entre los manchones de alta y baja productividad, que el ajuste del manejo del cultivo de soja debería focalizarse sobre los manchones de mayor producción.

Este trabajo forma parte de una base de datos que se amplía campaña tras campaña con el objetivo de generar ecuaciones para la predicción de rendimientos de soja en función de los parámetros de suelo.

BIBLIOGRAFÍA:

- Abel, G. H., & MacKenzie, A. J. (1964a). Salt tolerance of soybean varieties (*Glycine max* L. Merrill) during germination and later growth. *Crop Science*, 4(2), 157-161. <https://doi.org/10.2135/cropsci1964.0011183x000400020010x>
- Abel, G. H., & MacKenzie, A. J. (1964b). Salt Tolerance of Soybean Varieties (*Glycine max* L. Merrill) During Germination and Later Growth1. *Crop Science*, 4(2), 157. <https://doi.org/10.2135/cropsci1964.0011183X000400020010x>
- Adcock, D., McNeill, A. M., McDonald, G. K., & Armstrong, R. D. (2007). Subsoil constraints to crop production on neutral and alkaline soils in south-eastern Australia: A review of current knowledge and management strategies. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(11), 1245-1261. <https://doi.org/10.1071/EA06250>
- Aimetta, M. B., Villarruel, D., Murgio, M., Carrio, A., Muñoz, S., Cazorla, C., Pietrantonio, J., Conde, M. B., Galarza, C., & Baigorria, T. (2017). Efecto de la variabilidad de suelos manchoneados sobre el crecimiento y producción del cultivo de soja. *Soja actualización 2017 Informe de actualización técnica n° 9*, 73-80.
- Allison, L., Brown, J., Hayward, H., Richards, L., Bernstein, L., Fireman, M., Pearson, G., Wilcox, L., Bower, C., Hatcher, J., & Reeve, R. (1970). *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sodicos* (L. A. Richards, Ed.; 5.^a ed.). Centro Regional de Ayuda Técnica, AID.
- Bastiaanssen, W. G. M., & Ali, S. (2003). A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan. *Ecosystems and Environment*, 94, 321-340.
- De Lara, A. (2011). *Estimación de rendimiento de soja a través de imágenes modis* [Trabajo final presentado para la especialización en teledetección y sistemas de información geográfica aplicados al estudio de los recursos naturales y la producción agropecuaria]. Escuela para graduados Ing. Agr. Alberto Soriano, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Gill, H. (2010). Effects of soil sodicity on the germination, growth and productivity of Soybean (*Glycine max*). *19th World Congress of Soil Science*. <http://iuss.org/19thWCSS/Symposium/pdf/0579.pdf>
- Giménez, L. (2014). Efecto de las deficiencias hídricas en diferentes etapas de desarrollo sobre el rendimiento de soja. *Agrociencia Uruguay*, 18(1), 53-64.
- Gorgas, J., & Bustos, M. (2008). Dinámica y evaluación de los suelos de Córdoba con problemas de drenaje, salinidad y alcalinidad. En E. Taleisnik, K. Grunberg, & G. Santa María (Eds.), *La salinización de suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria* (pp. 47-62).
- INTA. (1979). *Carta de suelos de la República Argentina Hoja 3363-11 Leones*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro de investigación de Recursos Naturales.
- Jarsún, B., Gorgas, J. A., Zamora, E., Bosnero, H., Lovera, E., Ravelo, A., & Tassile, J. L. (2003). *Recursos naturales de la provincia de Córdoba. Los suelos* (J. A. Gorgas & J. L. Tassile, Eds.). Agencia Córdoba Ambiente S. E., Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA Manfredi.

- Katerji, N., Van Hoorn, J. W., Hamdy, A., & Mastrorilli, M. (2000). Salt tolerance classification of crops according to soil salinity and to water stress day index. *Agricultural Water Management*, 43(1), 99-109. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(99\)00048-7](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(99)00048-7)
- Katerji, N., Van Hoorn, J. W., Hamdy, A., & Mastrorilli, M. (2003). Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. *Agricultural Water Management*, 62(1), 37-66. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(03\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(03)00005-2)
- Lavado, R. S. (2010). Salinidad y alcalinidad: propiedades, efectos sobre los cultivos y manejo. En R. Álvarez, G. Rubio, C. R. Álvarez, & R. S. Lavado (Eds.), *Fertilidad de suelos caracterización y manejo en la región pampeana* (pp. 21-44). Editorial facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Mass, E. V., & Offman, G. J. (1977). Crop salt tolerance\current assessment. *Journal of the irrigation and drainage division*, 2(103), 19.
- Navarro Blaya, S., & Navarro García, G. (2003). *Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Mundi-Prensa. https://books.google.com.ar/books/about/Química_agrícola.html?id=HufLwjgjrWc
- Porta, C. J., López-Acevedo, M., & Roquero de Laburu, C. (1999). *Edafología, para la agricultura y el medio ambiente* (2.^a ed.). Mundi-Prensa.
- R Core Team. (2022). *R: The R Project for Statistical Computing*. R foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Rengasamy, P., Chittleborough, D., & Helyar, K. (2003). Root-zone constraints and plant-based solutions for dryland salinity. *Plant and Soil*, 257(2), 249-260. <https://doi.org/10.1023/A:1027326424022>
- Rhoades, D. J. (1996). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. En D. L. Sparks & J. M. Bartels (Eds.), *Methods of soil analysis part 3 Chemical methods* (pp. 417-435). ASA - SSSA.
- Sbaraglia, M., & Lucci, E. (1994). Salinita' e sodicita'. En M. Sbaraglia & E. Lucci (Eds.), *Guida all'interpretazione dell'analisi del terreno ed alla fertilizzazione*. Studio Pedon (pp. 75-90).
- Szalbolcs, I. (1979). *Review of research on salt-affected soils*.
- Thomas, G. W. (1996). Soil pH and Soil Acidity. En D. L. Sparks & J. M. Bartels (Eds.), *Methods of soil analysis part 3 Chemical methods* (pp. 475-490). ASA - SSSA.
- Velagaleti, R., & Schweitzer, S. M. (1993). General effects of salt stress on growth and symbiotic nitrogen fixation in soybean. *Plant and Crop Stress*, 461-471.

CALIDAD DEL AGUA Y ABONO ORGÁNICO EN LECHUGA CULTIVADA EN DOS SUELOS DE LA PAMPA: PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA**Huespe, D.S.^{1*}, J.A. Galantini², C. Álvarez¹.**

¹EEA INTA “Guillermo Covas” Anguil, La Pampa, Ruta Nacional 5, km 580 (6326), ²Comisión de investigaciones científicas (CIC), CERZOS, Dpto Agronomía (UNS), Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires. huespe.daiana@inta.gob.ar

RESUMEN

Los sistemas intensivos de producción se caracterizan por el uso continuo del suelo y prácticas culturales inadecuadas, que contribuyen a la degradación del suelo y disminuyen la productividad de los cultivos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de las prácticas de manejo, la aplicación de abono orgánico y agua de diferente calidad, sobre aspectos productivos del cultivo de lechuga. Se analizaron dos suelos, arenoso y franco arenoso, característicos del centro de La Pampa. El diseño estadístico fue completamente aleatorizado. Se regó con agua de dos calidades diferentes con conductividad eléctrica de 1,0 y 2,0 dS m⁻¹. Se aplicó una dosis de 100 kg ha⁻¹ usando tres combinaciones de las fuentes Urea y Abono orgánico C0 (100:0), C2 (70:30) y C4 (40:60). Se evaluó el cultivo de lechuga durante 4 ciclos consecutivos. Se analizaron parámetros relacionados al rendimiento del cultivo: materia seca total (MS_T), materia seca aérea (MS_A), materia seca de raíces (MS_R), se calculó la relación MS_A/MS_R y se analizó la eficiencia de uso del agua (EUA) y la tasa de crecimiento (TC). Se encontró una interacción significativa entre los suelos. En los tratamientos de textura gruesa, la aplicación de mayor proporción de abono orgánico ayudó a atenuar el efecto del agua salina en las propiedades MS_T, MS_A y relación MS_A/MS_R. Los valores máximos para la MS_T fueron de 2,52 y 1,73 con agua de CE 1,0 y 2,0 dS m⁻¹ respectivamente. En los suelos de textura fina, la salinidad tuvo un efecto adverso significativo en MS_T, MS_A y MS_R. Se observó que el efecto de la salinidad se evidenció en los tratamientos C0 y C2, pero no en el tratamiento C4, lo que indica que el uso de abono orgánico atenuó el efecto salino. Para la variable MS_T, se alcanzaron valores del 40 y 60% de reducción en cada tratamiento C0 en los suelos arenoso y franco arenoso respectivamente. Tanto la EUA como la TC impactan sobre la productividad del cultivo. Los resultados muestran que la textura del suelo condiciona la respuesta a la aplicación de agua de diferente calidad y a la aplicación de carbono orgánico. No se vio efecto negativo del agua salina cuando se aplicó abono orgánico en el suelo franco arenoso.

PALABRAS CLAVE: Abono orgánico, calidad de agua, lechuga.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de La Pampa, la producción hortícola se encuentra en constante desarrollo en particular para los cultivos protegidos (Siliquini *et al.*, 2001; Ghironi & Muguiro, 2008; Muguiro *et al.*, 2014;). La producción de cultivos de hoja crece cada año en la región dada la cercanía a los centros de consumo y a la incorporación de innovaciones tecnológicas, asociadas especialmente al proceso de producción (Pineda Abella, 2014). La producción intensiva implica el uso constante del suelo a través de la sucesión continua de cultivos, el riego con agua de diferente calidad y prácticas culturales inadecuadas, como el manejo incorrecto de la fertilización. La MO es el principal indicador y el que posee una influencia más significativa sobre la calidad del suelo y su productividad (Galantini & Rosell 2006; Duval *et al.*, 2013). Una forma de abordar estos problemas es mediante la aplicación de residuos orgánicos, la reutilización de residuos orgánicos supone un doble efecto para el ambiente; ya que disminuye la presencia de éstos en el medio y al mismo tiempo su aplicación al suelo mejora las

condiciones edáficas (Abassi & Khizar, 2012). En este estudio, el objetivo fue evaluar el efecto de las prácticas de manejo, la aplicación de abono orgánico y agua de diferente calidad, sobre aspectos productivos del cultivo de lechuga.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la huerta demostrativa de la Agencia de extensión rural INTA General Acha, La Pampa, Argentina (37°36'44,381" 64°56'64,995"), Km 28 RN 152.

El diseño estadístico fue completamente aleatorizado. Se analizaron dos suelos de texturas diferentes, uno arenoso y otro franco arenoso. Se regó con agua de dos calidades diferentes con conductividad eléctrica (CE) de 1,0 y 2,0 dS m⁻¹. Se aplicó tres combinaciones diferentes de abono orgánico y urea para igualar una dosis de 100 kg N ha⁻¹. Se evaluó el cultivo de lechuga durante 4 ciclos consecutivos, durante el año 2020 y 2021, con 5 repeticiones en cada ciclo. La iniciación del ensayo fue a través de plantines provistos por el Centro Regional de Educación Tecnológica (CERET), General Pico.

Suelos utilizados

Se seleccionaron dos suelos contrastantes y característicos de la región. El suelo arenoso fue recolectado en el establecimiento rural "Colonia Lía" en General Acha y el suelo franco arenoso fue recolectado en el campo de la Estación Experimental Agropecuaria "Ing. Agr. Guillermo Covas" Anguil de INTA. Para la caracterización de los suelos en estudio, se presentan los valores de algunas propiedades de los suelos de las dos texturas en estudio en la profundidad 0-20 cm (Tabla 1).

Tabla 1: Análisis granulométrico (arena, limo, arcilla) en cada suelo a 0-20 cm.

Sitio	Arcilla(a)	Limo(l)	Arena	a+l	Textura
	%				
General Acha	3,2	8,0	88,8	11,2	arenoso
Anguil	11,8	31,8	56,3	43,7	franco arenoso

Se tomaron muestras compuestas de los suelos a evaluar y se realizó en cada uno el análisis de los siguientes parámetros: MO, fósforo, pH y CE, conductividad eléctrica (Tabla 2), CIC, capacidad de intercambio catiónico, cationes de intercambio (Ca, Mg, K y Na), (Tabla 3). Luego se tamizó el suelo a menos de 4 mm y se rellenaron las macetas para dar inicio al estudio.

Tabla 2: Caracterización química edáfica del suelo de 0-20 cm.

Sitio	MO %	P ppm	pH 1:25	CE dS m ⁻¹
General Acha	1,4	29,2	7,1	0,70
Anguil	2,4	26,0	6,6	0,70

MO, materia orgánica (%), P, fósforo extractable (ppm), pH, potencial Hidrógeno, CE, conductividad eléctrica (dS m⁻¹).

Tabla 3: Caracterización edáfica del suelo (0-20 cm) de los sitios seleccionados al trasplante de la lechuga.

Sitio	CIC	Ca	Mg meq100 g ⁻¹	Na	K
General Acha	5,7	3,4	1,1	0,1	0,8
Anguil	12,2	9,5	1,1	0,0	3,3

CIC, capacidad de intercambio catiónico (meq100g⁻¹), Ca, calcio (meq100g⁻¹), Mg (meq100g⁻¹), Na (meq.100g⁻¹), K (meq100g⁻¹).



Al finalizar el estudio se evaluaron variables químicas del suelo: CO₂; pH (relación suelo- agua 1:2,5) y CE.

Agua

El agua de riego proveniente de Chacharramendi, (La Pampa) se diluyo en dos calidades de CE 1,0 y 2,0 dS m⁻¹. Detalles sobre la caracterización química del agua se encuentra en *Huespe et al.*, (2023c), según el diagrama de Piper es un agua clasificada como clorada cálcica (S1C4).

Dosis de abono orgánico

Se fertilizó con 100 kg N ha⁻¹, aplicando tres combinaciones de las fuentes abono orgánico y urea (Tabla 4).

Tabla 4: Dosis de los tratamientos utilizados en la fertilización.

Tratamientos	Fertilización			
	Abono orgánico			Urea
	kg ha ⁻¹	C	N	kg ha ⁻¹
C0	0	0	0	100
C2	2000	352	30	70
C4	4000	764	60	40

Producción de la lechuga

Se analizaron diversos parámetros relacionados al rendimiento del cultivo de lechuga, entre ellos se cuantifico: materia seca total (MS_T), materia seca aérea (MS_A), materia seca de raíces (MS_R), y se calculó la relación MS_A/MS_R. Además, se analizó la eficiencia de uso del agua (EUA) y la tasa de crecimiento (TC).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2020). Los datos se presentan como medias en cada uno de los suelos. Las diferencias en los resultados afectados por las diferentes calidades de agua, así como la interacción entre ellos, se evaluaron mediante análisis de la varianza (ANOVA) y la comparación de medias de tratamientos fue analizada por el test de Fisher con un nivel de significancia del $\alpha \leq 5\%$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación al análisis de los parámetros de rendimiento, se encontró una interacción estadísticamente significativa entre los suelos, motivo por el cual fueron analizados por separado.

Tanto la MS_T como la MS_A mostraron un efecto significativo del agua salina en todos los tratamientos, lo que resultó en una disminución significativa en todos ellos, en los suelos de textura arenosa (Tabla 5). Además, se observó un incremento significativo en las propiedades estudiadas (MS_T, MS_A y relación MS_A/MS_R) con la aplicación del abono en los tratamientos C4, en los que se obtuvieron valores máximos para la MS_T de 2,52 y 1,73 con agua de CE 1,0 y 2,0 dS m⁻¹ respectivamente. Sin embargo, en el tratamiento C2 no se alcanzó a evidenciar dicho efecto, mientras que en C0 y C4 se encontró un comportamiento intermedio en la MS_T. Para la variable MS_T, se alcanzaron valores del 80 y 70% de rendimiento relativo en cada tratamiento C4 en el suelo arenoso y franco arenoso (Figura 1). Se observó mayor susceptibilidad al agua salina en el suelo de textura franco arenoso y se vio que con la aplicación de abono (C4) se mitiga el efecto adverso de la salinidad. En el suelo arenoso, con los tratamientos C2 se mejora ligeramente la resistencia al efecto del agua salina respecto a C0 y C4. Para la variable MS_A, se vio una fuerte disminución de la MS_A por el uso de agua salina, con valores del 26 al 39% de reducción del rendimiento (Figura 1).



En el suelo de textura fina, la salinidad tuvo un efecto significativo en MS_T , MS_A y MS_R , pero no en la relación MS_A/MS_R , y este efecto se vio atenuado en el tratamiento C4 debido al uso de abono orgánico. Se destaca la importancia de un manejo diferencial según la textura del suelo.

En la relación MS_A/MS_R , no se observaron diferencias significativas debido al efecto del agua salina (Tabla 5). En este caso el agua salina tuvo un efecto en todas las variables analizadas, lo que indica que afectó negativamente, independientemente del tratamiento aplicado. Mientras que en este suelo el abono orgánico tuvo un efecto positivo al contrarrestar los impactos negativos de la salinidad en estas propiedades del suelo. En general, en el suelo de textura gruesa, la aplicación de una mayor proporción de abono orgánico (C4) ayudó a atenuar el efecto del agua salina en las propiedades MS_T , MS_A y relación MS_A/MS_R . Por otro lado, se encontró que el agua salina tuvo un efecto en todas las propiedades evaluadas. Para la variable MS_R el % de reducción fue aproximadamente de 40% en los tres niveles de abono orgánico aplicados en el suelo arenoso, mientras que en el suelo franco arenoso se observó diferencias significativas entre tratamientos con porcentajes de 62, 57 y 36 para C0, C2 y C4 respectivamente (Figura 1).

Tabla 5: Parámetros de rendimiento en un suelo arenoso y franco arenoso al cuarto ciclo de lechuga, con diferente aporte de abono orgánico y calidad de agua.

	C0			C2			C4		
ARENOSO	1.0	2.0	EA	1.0	2.0	EA	1.0	2.0	EA
MS_T (kg ha ⁻¹)	1331 a	798 A ***		1434 a	973 A ***		1504 b	1235 B **	
MS_A (kg ha ⁻¹)	749 a	540 A **		766 ab	623 A **		823 b	773 B *	
MS_R (kg ha ⁻¹)	582 a	258 A **		667 a	350 A ***		681 b	462 B *	
MS_A/MS_R	1,31 a	2,72 A ns		1,16 a	1,91 A ns		1,23 a	1,67 A ns	
FRANCO ARENOSO									
MS_T (kg ha ⁻¹)	991 a	526,00 A ***		1385 b	635 B ***		1134 b	805,00 C ns	
MS_A (kg ha ⁻¹)	609 a	248 A ***		796 b	465 B ***		765 b	556 C ns	
MS_R (kg ha ⁻¹)	382 a	278 A ***		589 a	170 AB ***		370 a	250 B ns	
MS_A/MS_R	2,00 a	0,80 A ***		1,30 b	2,80 B ***		2,70 ab	2,30 C ns	

MS_T , materia seca total; MS_A , materia seca aérea; MS_R , materia seca de raíz. Calidad de agua con conductividad eléctrica CE1.0 y CE2.0 de 1,0 dS m⁻¹ y 2,0 dS m⁻¹ respectivamente. Tratamientos de fertilización expresados en kg ha⁻¹ de Urea: Abono orgánico C0 (100:0), C2 (70:30) y C4 (40:60). EA, Efecto del agua; para cada nivel de abono orgánico diferencias estadísticas al 1% (**), 5% (*) o no significativas (ns). Diferencias por efecto del abono orgánico se presentan por letras minúsculas diferentes en 1.0 y letras mayúsculas en 2.0.

Eficiencia de uso del agua (%)

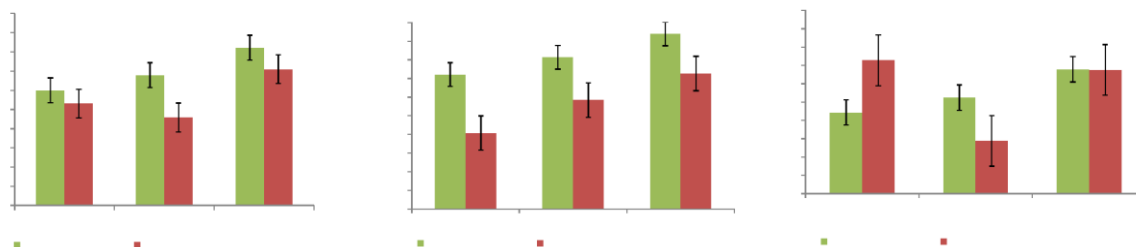


Figura 1: Rendimiento relativo expresado en porcentaje de a) la MS_T ; b) la MS_A y c) la MS_R por efecto del agua en cada tratamiento de fertilización analizado en los suelos arenoso y franco arenoso.

Respecto a la eficiencia de uso del agua (EUA) y la tasa de crecimiento (TC) mostraron comportamientos semejantes entre tratamientos (Tabla 6). En los suelos arenosos, se



observó un efecto negativo significativo del agua salina en la EUA y la TC cuando no se utilizó abono orgánico. El efecto fue de intensidad intermedia en el suelo con abono orgánico C2 y levemente significativo en el suelo con abono orgánico C4.

En cambio, en los suelos franco arenosos, se encontró un efecto altamente significativo y negativo del agua salina en la EUA y la TC cuando no se utilizó abono orgánico. Sin embargo, cuando se aplicó abono orgánico C4, el efecto del agua salina no fue significativo.

Tanto la EUA como la TC impactan sobre la productividad del cultivo. Es decir, el efecto negativo del agua salina sobre la EUA implica una menor producción de materia seca por unidad de agua aplicada, mientras que la reducción en la TC explica una menor producción de materia seca por día.

Tabla 6: Eficiencia de uso del agua (mg mm^{-1}) y tasa de crecimiento (mg día^{-1}) en un suelo arenoso y franco arenoso luego de cuatro ciclos de lechuga con diferente aporte de abono orgánico y calidad de agua.

		C0			C2			C4		
		1.0	2.0	EA	1.0	2.0	EA	1.0	2.0	EA
ARENOSO										
EUA		2,38 ^a	1,43 ^A	***	2,56 ^a	1,74 ^A	**	2,69 ^b	2,21 ^B	**
TC		53,2 ^a	31,9 ^A	***	57,4 ^a	38,94 ^A	***	60,2 ^b	49,4 ^B	*
FRANCO ARENOSO										
EUA		1,77 ^a	0,94 ^A	***	2,47 ^b	1,14 ^B	***	2,03 ^b	1,44 ^C	ns
TC		39,6 ^a	21,03 ^A	***	55,4 ^b	25,4 ^B	***	45,4 ^b	32,2 ^C	ns

EUA, eficiencia de uso del agua (mg mm^{-1}); TC, tasa de crecimiento (mg día^{-1}). Calidad de agua con conductividad eléctrica CE1.0 y CE2.0 de 1,0 dS m^{-1} y 2,0 dS m^{-1} respectivamente. Tratamientos de fertilización expresados en kg ha^{-1} de Urea: Abono orgánico C0 (100:0,0), C2 (70:30) y C4 (40:60). EA, Efecto del agua; para cada nivel de abono orgánico diferencias estadísticas al 1% (**), 5% (*) o no significativas (ns). Diferencias por efecto del abono orgánico se presentan por letras minúsculas diferentes en 1.0 y letras mayúsculas en 2.0.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la textura del suelo, condiciona la respuesta a la aplicación de agua de diferente calidad y de abono orgánico, especialmente el suelo franco arenoso es más sensible a estos factores.

El abono orgánico reduce significativamente el efecto salino en el suelo de textura franco arenosa, sin embargo se necesitan más investigaciones para optimizar el manejo en diferentes contextos.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Laboratorio de Servicios Analíticos de suelos, plantas y ambiente, LABSPA (CERZOS, CONICET-UNS), al laboratorio de suelo y agua de la EEA INTA Anguil por su colaboración en la realización del ensayo y al CERET por el aporte de plantines para el desarrollo del estudio.

BIBLIOGRAFIA

Abbasi MK & A Khizar. 2012. Microbial biomass carbon and nitrogen transformations in a loam soil amended with organic-inorganic N sources and their effect on growth and N-uptake in maize. Ecological Engineering, 39, 123-132.

Di Rienzo J, F Casanoves, M Balzarini, L Gonzalez, M Tablada & C Robledo. 2020. Infostat - Software estadístico. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.



- Duval M, J Galantini, J Iglesias, S Canelo, J Martinez & L Wall. 2013. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Soil Till. Res.* 131: 11–19.
- Galantini JA & RA Rosell. 2006. Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. *Soil Till. Res.* 87, 72–79.
- Ghironi EM & AF Muguiro. 2008. Caracterización del productor hortícola de La Pampa. www.aader.org.ar/XIV_Jornada/ejedos/Trab20-Ghironi-Mugiro.doc.
- Huespe D, C Álvarez, JA Galantini, LM Baraldi & C Constantini. 2023c. Calidad del agua y abono orgánico en lechuga cultivada en dos suelos de La Pampa: Sales en el suelo. VII Congreso de la red Argentina de salinidad. II Simposio Latinoamericano de salinidad. Santa Rosa, La Pampa. En evaluación.
- Muguiro FA. 2014. Rehabilitación de suelos con impedimentos físicos de uso hortícola degradados por riego con aguas bicarbonatadas sódicas. Tesis Magister en Cultivos Intensivos. Universidad Nacional del Litoral.
- Pineda Abella M. 2014. Prácticas de manejo para una horticultura saludable y sustentable. http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=practicas_de_manejo_para_una_horticultura_saludable_y_sustentable&id=2059.
- Siliquini O, H Gregoire & J Scarone. 2001. Evolución de la producción hortícola en la provincia de La Pampa. XXIV Congreso Argentino de Horticultura. Jujuy Resúmenes. Horticultura Argentina 20 (48).





Actas

VII RAS 2023

“Mitigar la problemática de salinidad para conservar los ambientes y la producción”

VII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD Y II SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE SALINIDAD

Del 19 al 22 de septiembre

Santa Rosa, La Pampa. Argentina Buenos Aires – Argentina

www.ras2023.redsalinidad.com.ar
