ISSN EN TRAMITE

VIIIRAS

VIII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD

DEL 30/7 AL 1/8 DE 2025
INTA MARCOS JUÁREZ
CÓRDOBA, ARGENTINA

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Argentina

AACS Asociación Argentina Ciencia del Suelo

Instituto Académico Pedagógico de Ciencias Básicas y Aplicadas

Universidad Nacional Villa María

CONFERENCIAS, TALLERES, TRABAJOS Y RESÚMENES



VIII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD

30 y 31 de julio y 1 de agosto 2025
INTA Marcos Juárez, Córdoba

*"**Ambientes salinos:** desafíos para su integración en sistemas agropecuarios sustentables"*

CONFERENCIAS, TALLERES, TRABAJOS Y RESUMENES

Compiladores:
Bethania Aimetta
Alejandro De Angelis
Andrés Delpino

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.
Marcos Juárez (Córdoba), agosto 2025
Estación Experimental Agropecuaria INTA Marcos Juárez, Ruta 12 km. 3, X2580 Marcos Juárez, Córdoba / Teléfono: 03472 42-5001

VIII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD

Comisión Organizadora

PRESIDENTA
María Bethania Aimetta (INTA EEA Marcos Juárez)

SECRETARIO
Fernando Escolá (INTA EEA Marcos Juárez)

TESORERO
Osvaldo Barbosa (UNSL-AACS-RAS)

COMITÉ EJECUTIVO
Andrés del Pino (INTA EEA Marcos Juárez)
Fernando Escolá (INTA EEA Marcos Juárez)
Guillermo Gerster (INTA EEA Marcos Juárez)
Jose Gaiero (INTA EEA Marcos Juárez)
Maria Bethania Aimetta (INTA EEA Marcos Juárez)
Sebastián Marini (INTA EEA Marcos Juárez)
Tomás Baigorria (INTA EEA Marcos Juárez)
Vicente Gudelj (INTA EEA Marcos Juárez)
Nicolás Gentili (INTA AER Corral de Bustos)
Manuel Vicondo (INTA EEA Manfredi)
Dolores Bustos (INTA IFRGV)
Marcos Bongiovanni (UNRC)
Micaela Manzzotti (UNVM)

COMITÉ CIENTÍFICO
Dolores Bustos (INTA IFRGV)
Fernando Luna (INTA IFRGV)
Karina Grumberg (INTA IFRGV)
Magali Carrizo (INTA IFRGV)
Sabrina Griffa (INTA IFRGV)
Mariana Quiroga (INTA IFRGV)
Elena Bonadeo (UNVM-UNRC)
Cecilia Milan (UNVM)
Lucrecia Bauk (UNVM)
Micaela Manzzotti (UNVM)
Carola Diaz (UNC)
Manuel Vicondo (INTA EEA Manfredi)
Lucio Lombardo (INTA EEA Marcos Juárez)
María Belén Conde (INTA EEA Marcos Juárez)
Maria Bethania Aimetta (INTA EEA Marcos Juárez)
Olga Gudelj (INTA EEA Marcos Juárez)
Vanesa Pegoraro (INTA EEA Marcos Juárez)
Marcos Bongiovanni (UNRC)
Paolo Andrada (CIAC)

COMUNICACIONES
Alejandro De Angelis (INTA EEA Marcos Juárez)
Andrés del Pino (INTA EEA Marcos Juárez)
Virginia Cagliero (INTA EEA Marcos Juárez)
Silvina Odetto (INTA CIAP)Paolo Andrada (CIAC)

LOGÍSTICA
Sebastián Marini (INTA EEA Marcos Juárez)
Claudio Lorenzon (INTA EEA Marcos Juárez)
Daniel Di Benedetto (INTA EEA Marcos Juárez)
Carlos Navarro (INTA EEA Marcos Juárez)

COLABORADORES
Mercedes Bodrero (INTA EEA Marcos Juárez)
Melisa Defagot (INTA EEA Marcos Juárez)
Sebastián Chiacchiera (INTA EEA Marcos Juárez)
Olga Gudelj (INTA EEA Marcos Juárez)
Nicolás Bertram (INTA EEA Balcarce)
Alejandra Masino (INTA AER Corral de Bustos)
Nicolás Gentili (INTA AER Corral de Bustos)
Federico Pagnan (INTA AER Justiniano Posse)
Julio Pietrantonio (INTA AER Justiniano Posse)
Sebastián Muñoz (INTA AER Río Cuarto)
Sofia Magra (INTA AER Laboulaye)

CONTENIDOS

ACTIVIDADES DEL CONGRESO 1

CONFERENCIAS 2

CONFERENCIA DE APERTURA: RED ARGENTINA DE SALINIDAD (RAS), 20 AÑOS DE HISTORIA

Dra. Edith Taleisnik (CONICET-UCC-ANAV) 2

CONFERENCIA 1: "RECIENTES AVANCES EN EL MANEJO DE LOS SUELOS SALINOS Y ALCALINOS"

Dr. Raúl Lavado (UBA -Conicet) 4

CONFERENCIA 2: "AMBIENTES SALINOS-ALCALINOS EN LA REGIÓN PAMPEANA, ESTRATEGIAS DE DIAGNÓSTICO Y ALGUNAS INTERVENCIONES POSIBLES"

Dr. Sergio Montico (UNR) 8

CONFERENCIA 3: "ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN DE AMBIENTES HALOHIDROMÓRFICOS: EXPERIENCIAS REGIONALES DE INNOVACIÓN SITUADA"

Dr. Cristian Álvarez (INTA General Pico) 8

CONFERENCIA 4: "ESTRATEGIAS EN EL MEJORAMIENTO PARA LA RESISTENCIA AL ESTRÉS SALINO"

Dr. Guillermo Santa María (FAUBA-CONICET) 9

CONFERENCIA: "SALINIZACIÓN E INSEGURIDAD ALIMENTARIA"

Dr. Francisco Vanies da Silva Sá (Departamento de Agrárias e Exatas, Universidade Estadual da Paraíba, Brasil) 9

CHARLA-TALLER: "METODOLOGÍAS DE LABORATORIO PARA EL DIAGNÓSTICO DE SUELOS SALINOS. LIMITACIONES Y ALCANCES DE LAS TÉCNICAS MÁS EMPLEADAS”

Ing. Agr. Lucrecia Bauk (UNVM), Ing. Agr. Guillermo Millán (UNLP), Dr. Nicolás Polich (UNLP) 10

TALLERES 11

TALLER EJE 1: “SALINIDAD Y ALCALINIDAD EN SUELOS”

Dra. María Bethania Aimetta (INTA Marcos Juárez) 11

TALLER EJE 2: “PRODUCCIÓN EXTENSIVA E INTENSIVA EN SUELOS SALINOS Y ALCALINOS”

MSc. Juan Pablo Giubergia (INTA Manfredi) 11

TALLER EJE 3: “TECNOLOGÍAS DE MANEJO APLICADAS A LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN SUELOS SALINOS Y ALCALINOS”

Dra. Vanesa Pegoraro (INTA Marcos Juárez) 11

TALLER EJE 4: “LA VEGETACIÓN, LOS CULTIVOS Y LA MICROFLORA EN SUELOS AFECTADOS POR SALINIDAD Y ALCALINIDAD”

Dra. Edith Taleisnik (ANAV) 12

RECORRIDA 14

GIRA A CAMPO CON CAPACITACIÓN TÉCNICA

MSc. Nicolas Bertram (INTA Balcarce), MSc. Sebastián Chiachiera (INTA Marcos Juárez), el Dr. Cristian Álvarez (INTA General Pico), Geol. Mauro Lanfranco (INTA Manfredi), MSc. Cecilia Milán (UNVM), MSc. Manuel Vicondo (INTA Manfredi), Dra. Analía Becker (UNVM). 14

TRABAJOS Y RESÚMENES EJE 1: SALINIDAD Y ALCALINIDAD EN SUELOS 21

ANÁLISIS DEL NIVEL Y CALIDAD DE LA FREÁTICA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA AER INTA LA CARLOTA

Allovatti, S.; M. Martinelli; P. Feresin; C. Álvarez 22

UTILIDAD DE LA CROMATOGRAFÍA DE PFEIFFER EN SUELOS SALINOS DE LA LLANURA DEPRIMIDA SALINA DE TUCUMÁN

Andina, G. D. P.; A. M. Plasencia; R. D. Corbella (ex aequo) 23

LOS IONES DEL SUELO Y SU RELACION CON LA VEGETACION DE UN HUMEDAL SALINO

Barbosa, O. A.; R. S. Lavado; J. Álvarez-Rogel 28

MAPA DE SUELOS SEGÚN SU CAPACIDAD DE USO EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Barragán, M.; M. Barraco; C. Alvarez 34

ESTIMACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL EXTRACTO DE SATURACIÓN A PARTIR DE MÉTODOS ALTERNATIVOS EN SUELOS DEL CENTRO ESTE DE CÓRDOBA

Bauk, L.; C. Milán 40

¿ES ACEPTABLE ESTIMAR LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO A PARTIR DE LA MEDICIÓN EN SUSPENSIÓN SUELO:AGUA 1:2,5 PARA SUELOS DE ARGENTINA?

De Dios Herrero, J.; N. Kloster 47

EVALUACIÓN DE AGUAS Y TIERRAS PARA LA IRRIGACIÓN EN EL SUR DE SANTA CRUZ (PATAGONIA AUSTRAL CONTINENTAL, ARGENTINA)

Diaz Boris, G. ; S. Toledo; M. C. Monserrat; P. L. Peri 52

ESTIMACIÓN DE INDICADORES DE SALINIDAD-ALCALINIDAD DEL SUELO UTILIZANDO UN APARATO PORTÁTIL

Fernández, R.; C. Álvarez; J. de Dios Herrero; N. Kloster 58

INTERACCIONES ENTRE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO Y LA DINÁMICA DEL NIVEL FREÁTICO EN AMBIENTES AGRÍCOLA GANADEROS DEL SUR DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Magra, S.; P. Blanco; A. Salafia; P. Roccia; C. Barzola; C. Álvarez 59

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE SALINIDAD SUPERFICIAL EN AMBIENTES HALOMÓRFICOS MEDIANTE SENSORES REMOTOS

Martino, A.; A. J. Tarditti; P. Baldassini; C. E. Di Bella; C. Casas 64

ÍNDICE DE DISPERSIÓN: UNA METODOLOGÍA PARA CARACTERIZAR SUELOS SALINOS Y SÓDICOS DEL CENTRO DE CÓRDOBA

Milán, C.; L. Bauk; M. Manzotti; L. Karlau 65

VARIABILIDAD TEMPORAL CLIMÁTICA Y SU RELACION CON LOS CAMBIOS EN LOS NIVELES FREÁTICOS. EL CASO DE LA CUENCA RÍO TERCERO – CARCARAÑÁ

Puricelli, M. M.; M. Eiza 72

DE LA SIMPLICIDAD A LA PRECISIÓN: ESTIMACIÓN DE CE EN EXTRACTO DE SATURACIÓN A PARTIR DE MEDICIONES 1:2.5 SUELO:AGUA Y PROPIEDADES TEXTURALES DEL SUELO

Tarditti, A. J.; O. S. Heredia; M. G. Pérez; C. Casas 78

TRABAJOS Y RESÚMENES EJE 2: PRODUCCIÓN EXTENSIVA E INTENSIVA EN SUELOS SALINOS Y ALCALINOS 79

EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBIOS EN CONDICIONES DE ESTRÉS SÓDICO EN *MACROPTILIUM LATHYROIDES*, UNA FORRAJERA NATIVA

Arizpe David, N.; L. V. Fornasero; K. F. Ribichich; J. M. Zabala 80

CAMBIOS EN LA FERTILIDAD POTENCIAL DE SUELOS HORTÍCOLAS CULTIVADOS A CAMPO Y BAJO COBERTURA PLÁSTICA EN EL NORTE BONAERENSE

Barbieri, M.; M. Coliqueo; F. J. Echagüe; L. Failó; N. Fortunato; R. Gabilondo; S. Muñoz; C. Shaber; L. M. García 81

EVALUACIÓN DE INDICADORES EDÁFICOS SOBRE PRODUCCIONES BAJO CUBIERTA EN INVERNÁCULOS DEL VBRC

Folco, M. M.; D. Ombrosi; A. Logiúdice; R. Storniolo; R. Anze; J. Vanzolini 82

MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO EN SUELOS ALCALINOS Y NO ALCALINOS DE LA PAMPA DEPRIMIDA

Garello, F. J.; E. G. Larrela; H. R. Sainz Rozas; E. M. Melani; M. Andersen; M. A. Cicchino 83

ESTRATEGIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE GIRASOL EN AMBIENTES SALINOS RECUPERADOS

Lehr, L.; S. Mira; M. Díaz-Zorita 89

LA PRESIÓN DE SELECCIÓN EN BAJOS ALCALINO-SÓDICOS ¿MEJORA LA RESPUESTA AL ANEGAMIENTO Y/O SEQUÍA DE *CHLORIS GAYANA* KUNTH?

Mollá Kralj, A.; L. Varela; L. Adduci; C. Sanguinetti; M. R. Lovisolo; C. Esposito; J. Pesqueira 90

EFECTO DEL RIEGO POR ASPERSIÓN O GRAVEDAD SOBRE VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN SUELOS DE LA PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

Nocerez, A. S.; G. Peralta; H. Rimski-Korsakov; C. R. Álvarez; M. M. Caffaro; H. S. Steinbach; M. Aciar; E. Angelotti 91

IMPACTO DEL RIEGO COMPLEMENTARIO SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN EL SUDOESTE BONAERENSE

Nocerez, A. S.; C. R. Álvarez; H. Rimski-Korsakov 97

EFECTO DEL RIEGO POR GOTEO ENTERRADO Y DISTINTAS DOSIS DE NITRÓGENO SOBRE PROPIEDADES DEL SUELO

Sosa, F. A.; O. R. Correa; A. Sanzano; H. Rojas Quinteros; J. Navarro; R. D. Corbella 102

TRABAJOS Y RESÚMENES EJE 3: TECNOLOGÍAS DE MANEJO APLICADAS A LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN SUELOS SALINOS Y ALCALINOS ... 103

BIOCARBÓN ASOCIADO A CORRECTIVOS QUÍMICOS EN LA REMEDIACIÓN DE SUELOS SALINO-SÓDICOS

Araujo, K. F. P.; M. Ferreira Neto; J. F. Medeiros; R. A. Rodrigues Filho; P. C. M. Rosário; C. A. Silva; C. E. A. Oliveira; P. K. L. S. Valença; F. V. S. Sá; T. D. C. Peixoto 104

AGLOMERACIÓN DE SEMILLAS PARA MEJORAR LA IMPLANTACIÓN EN SUELOS SALINOS/SÓDICOS

Calvi, M.; L. Marinoni; N. Arizpe; P. R. Namur; J. M. Zabala 105

POTENCIAL USO AGRÍCOLA DE AGUA GRIS TRATADA EN SISTEMA DE PRODUCCIÓN FAMILIAR

Dias, N. S; J. E. A. Araújo; A. R. Aragão; L. A. Mendonça; M. V de M. Arruda; J. B. Torres 106

ANÁLISIS MULTIVARIADO DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LAS AGUAS DE UN SISTEMA DE REÚSO DECANTODIGESTOR DE CÁMARA ÚNICA

Dias, N. S.; J. E. A. Mendonça; L. A. Mendonça; A. R. Araújo; J. B. Aragão; M. L. L. D. Torres Laurentino; M. V. de M. Arruda 107

IMPACTO DEL RIEGO CON EFLUENTES INDUSTRIALES SOBRE LA SALUD EDÁFICA EN VIÑEDOS DE MENDOZA

Flores Cáceres, M. L.; R. Vallone; M. Arreghini; M. Peña Cervera 108

USO DE COMPOST DE PODA COMO ESTRATEGIA DE REMEDIACIÓN EN SUELOS SALINOS

García Ameijeiras, D.; L. Spaghi; A. J. Tarditti; V. Pierini; O. Heredia; C. Casas 109

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE YESO Y SUBSOLADO SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS EN UN SUELO SÓDICO

Gudelj, O. E.; M. B. Conde; M. B. Aimetta; C. A. Lorenzon; V. J. Gudelj 120

EFECTO DE PRÁCTICAS REMEDIADORAS EN UN SUELO SÓDICO

Gudelj, V. J.; M. B. Aimetta; M. B. Conde; C. A. Lorenzon; R. D. Seravalle; P. Marelli; O. E. Gudelj 126

RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN SUELOS HALOHIDROMÓRFICOS DE LA PAMPA ARENOSA

Lehr, L.; S. Mira; C. Álvarez 132

CARACTERIZACIÓN ESPACIAL Y VERTICAL DE SUELOS SALINO-SÓDICOS EN EL OESTE BONAERENSE: HERRAMIENTAS Y DELIMITACIÓN DE AMBIENTES

Martinez, L.; M. Barragan; C. Sardiña; C. Álvarez 137

INCREMENTO DE SALINIDAD DEL SUELO POR APLICACIÓN DE GUANO Y RIEGO POR GOTEO EN CIRUELO

Martinez, L. E.; H. Lázaro 142

¿SE PUEDE DETECTAR SALINIDAD MEDIANTE IMÁGENES OBTENIDAS POR UN DRON CON CÁMARA RGB?

Martinez, L. E.; M. Vico; P. Castro 143

EL MAGNESIO ATENÚA EL ESTRÉS SALINO EN LAS PLÁNTULAS DE ANACARDO

Medeiros-Sá, R. C. N.; A. X. Oliveira; J. P. Silva Júnior; G. S. S. Rêgo; F. V. S. Sá 144

EL MAGNESIO ATENÚA EL ESTRÉS SALINO EN PLÁNTULAS DE ANONA Y GUANÁBANA

Medeiros-Sá, R. C. N.; M. M. X. Cavalcante; D. S. Cavalcante; P. C. A. Linhares; F. V. S. Sá 145

RIESGO DE SALINIZACIÓN O SODIFICACIÓN POR EL USO AGRONÓMICO DE EFLUENTES PORCINOS EN CÓRDOBA, ARGENTINA

Pegoraro, V.; N. Sosa; D. Mathier; M. Bragachini; G. Vélez; C. Lorenzon; B. Conde; P. Mazzini; S. Miralles; N. Crema; A. Andreani; M. Casalotti; P. Cuello; M. Inga; M. Avendaño; B. Merino; J. Ferrari; P. Castro; V. Lenarduzzi; E. López 147

SULFATO DE CALCIO PARA REMEDIAR SALINIDAD EN SUELO CON APLICACIÓN PROLONGADA DE EFLUENTES PORCINOS

Pegoraro, V. R.; M. B. Aimetta; C. Lorenzon; J. Ortiz; T. Baigorria; O. Gudelj; G. Vélez; J. Santi; D. Giordano; V. Gentiletti 151

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE *ONOBRYCHIS VICIIFOLIA* EN SUELOS LIMITANTES DE UN ESTABLECIMIENTO MIXTO DEL PARTIDO DE ADOLFO ALSINA

Pezzutti, N.; E. Lageyre; E. de Sá Pereira; G. Arroquy 152

EL SILICIO ATENÚA EL ESTRÉS SALINO EN LAS PLÁNTULAS DE ANACARDO

Sá, F. V. S.; A. S. Lima; L. C. S. Barbosa; G. S. S. Rêgo; A. A. Silva 153

FORMAS DE APLICACIÓN DEL SILICIO EN VARIEDADES TRADICIONALES DE CAÚPI CULTIVADAS EN SUELOS SALINOS

Sá, F. V. S.; F. C. Oliveira; A. S. Santos; T. D. C. Peixoto; M. Ferreira Neto 154

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

Silva, J. L. A.; D. D. da Silva; J. F. de Medeiros; A. R. C da Costa; N. S. Dias; L. A. Mendonça; M. A. Moreno-Pizani..... 155

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE SALINIZACIÓN A TRAVÉS DE MAPEO DIGITAL DE SUELOS EN EL OASIS NORTE DE MENDOZA

Vallone, R.; M. L. Flores Cáceres 156

EFECTO DE LAS VARIABLES EDAFOCLIMÁTICAS SOBRE LA FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO PARA DIFERENTES LEGUMINOSAS

Vela, F.; M. B. Conde; N. A. Bertram 157

TRABAJOS Y RESÚMENES EJE 4: LA VEGETACIÓN, LOS CULTIVOS Y LA MICROFLORA EN SUELOS AFECTADOS POR SALINIDAD Y ALCALINIDAD . 161

EXSEROHILUM ROSTRATUM TIENE LA CAPACIDAD DE MITIGAR EL EFECTO DE LA SALINIDAD EN EL PASTO *CHLORIS GAYANA*?

Ameijeiras, M.; H. Benítez; F. N. Spagnoletti; V. Chiocchio; R. S. Lavado..... 162

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.; N. S. Dias; P. H. A. Gurgel; M. F. Costa-Filho; E. C. M. Saldanha; E. C. M. Saldanha; R. C. Moreira; C. C. Albuquerque; K. T. O. Pereira; F. V. S. Sá; L. A. Mendonça; A. C. C. Costa..... 164

CARACTERIZACIÓN DE GENOTIPOS DE SOJA EN CONDICIONES DE ESTRÉS SALINO

Bustos, D. A.; M. G Pittaro; J. Gilli; D. F. Luna 165

INTERACCIÓN ENTRE VARIABLES EDÁFICAS Y COMUNIDADES VEGETALES EN LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO DULCE DE CÓRDOBA

Cora, A.; J. R. Bernasconi Salazar; V. Maguire; M. Vicondo; M. B. Aimetta 166

EVALUACIÓN DE TRES ESPECIES FORRAJERAS ADAPTADAS A SUELOS SALINOS

Díaz, C. C.; A. Aoki; L. Molina Ordoñez; C. I. Vettorello; H. P. Apezteguía 167

TOLERANCIA DE PLÁNTULAS DE VARIEDADES CRIOLLAS DE FRIJOL CAUPÍ (*VIGNA UNGUICULATA*) AL ESTRÉS SALINO

Ferreira-Neto, M.; S. S. C. Praxedes; A. T. Loiola; F. V. S. Sá; T. D. C. Peixoto 168

EVOLUCIÓN DE LA VEGETACION EN EL BAJO LAS SALADAS EN LA ÚLTIMA DÉCADA

Lucero, F. F.; O. A. Barbosa; C. Aostri Amici; D. A. Riscosa 169

TOLERANCIA COMPARATIVA A LA SALINIDAD EN GENOTIPOS SELECCIONADOS DEL PANEL DE ASOCIACIÓN DE SORGO EN SISTEMA HIDROPÓNICO

Luna, D. F.; D. Ortiz; F. Nogueira Ferreira; C. J. Xavier Cordeiro; F. M. da Silva Morais; M. G. Pittaro; D. A Bustos 175

PRODUCTIVIDAD DE FESTUCA ARUNDINACEA Y THINOPYRUM PONTICUM EN AMBIENTES CONTRASTANTES AFECTADOS POR SALINIDAD EDÁFICA

Martinez, L.; C. Sardiña; N. Bertram..... 176

CONTROL QUÍMICO DE *BASSIA SCOPARIA (L.)* A.J. SCOTT EN BARBECHO SOBRE SUELOS SALINOS DE LA REGIÓN PAMPEANA

Montes, C. D.; J. C. Montoya..... 180

EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA A SALINIDAD DE MUTANTES DE TRIGO EN UN BIOENSAYO SIN SUELO

Morata, M. M.; F. Reartes; G. Breccia; C. Ghione; L. Lombardo; G. M. Nestares .. 187

DESEMPEÑO MICROBIANO EN SUELOS A LO LARGO DE UN GRADIENTE DE SALINIDAD

Ortiz, J.; N. Bertram 188

DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA AL ESTRÉS COMBINADO SALINIDAD-HIPOXIA EN *CHLORIS GAYANA*

Ribotta, A.; S. Griffa; E. López Colomba; K. Grunberg 189

POTENCIAL DE SELECCIÓN PARA TOLERANCIA A SALINIDAD EN 11 SUBTIPOS DERIVADOS DE UN CRUZAMIENTO INTRAESPECÍFICO EN AGROPIRO CRIOLLO (*ELYMUS SCABRIFOLIUS*)

Rosetti Godoy, J. F.; P. N. Rush; G. E. Schrauf; J. M. Zabala; C. E. Di Bella 190

ESPECIES HERBÁCEAS COMO INDICADORES DE AMBIENTES SALINO SÓDICOS EN EL SUR DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA, UN ESTUDIO PRELIMINAR

Salafia, A.; P. Blanco; S, Magra; J, Damiani; C. Alvarez; C. Nuñez 191

EFECTO DE LLUVIAS OTOÑALES ABUNDANTES SOBRE LA CALIDAD FORRAJERA DE *SPOROBOLUS INDICUS* EN SUELOS INUNDABLES DE LA CUENCA DEL SALADO

Vago, M. E.; L. R. Bestercan; C. Abraham; B. Zavalía; D. Dorronzoro; M. Serra de Palma; F. J. Sautua; M. A. Carmona; M. C. Pérez Pizá 197

ACTIVIDADES DEL CONGRESO



CONFERENCIAS

CONFERENCIA DE APERTURA: RED ARGENTINA DE SALINIDAD (RAS), 20 AÑOS DE HISTORIA

Dra. Edith Taleisnik (CONICET-UCC-ANAV)

Hace 20 años, el 3 y 4 de marzo de 2005, en la Universidad Católica de Córdoba, se realizó un taller para discutir la problemática de los ambientes salinos y su impacto en los sistemas productivos. Por primera vez, en la Argentina, el taller nucleó a personas provenientes del ámbito académico (CONICET, INTA, Universidades) y productivo (productores y empresas) bajo el objetivo común de considerar los ambientes salinos de todo el territorio nacional.
Fue en esa oportunidad que, movilizados por la inquietud de disponer de un ámbito para el análisis, discusión y evaluación de acciones para resolver las problemáticas asociadas a los ambientes salinos, se decidió la creación de la Red Argentina de Salinidad (RAS). El Objetivo General de la RAS fue convocar en un mismo escenario a personas con diversas ópticas y formación, vinculadas a la temática de la salinidad y alcalinidad en suelos, sus efectos sobre la biota y su impacto en los ecosistemas, la productividad agrícola y el desarrollo social.
Lo actuado en dicho taller se volcó a un libro (Taleisnik *et al.,* 2007) que resumió las conclusiones de las discusiones y delineó los objetivos de la RAS que hoy aparecen en la página web de la institución: www.redsalinidad.com.ar .
A partir de ese taller, la RAS comenzó formalmente sus actividades. Se invitó a todas las personas vinculadas a la temática a asociarse, gratuitamente, a la RAS para recibir información sobre sus actividades.
Brevemente las mismas fueron de varios tipos: reuniones periódicas, cursos y jornadas de actualización, participación en congresos de otras instituciones y publicaciones.

Reuniones
Hubo 7 reuniones hasta este VIII Congreso RAS. Se detallan seguidamente los lugares donde tuvieron lugar, así como los responsables de las comisiones organizadoras.

2009 I, Córdoba (E. Taleisnik y colaboradores)
2011 II, (RAS TUC), Tucumán (J. Toll Vera y colaboradores)
2014 III, Chascomús, Buenos Aires (G. Santa María y colaboradores
2016 IV, Reconquista, Santa Fe (M. Zabala y colaboradores)
2017 V, Villa Mercedes, San Luis (O. Barboza y colaboradores)
2019 VI, Buenos Aires (R. Lavado y colaboradores.)
2023 VII, Santa Rosa, La Pampa (E. Noellemeyer y colaboradores)
2025 VIII Congreso RAS, Marcos Juárez, Córdoba (B. Aimetta y colaboradores)

Un promedio de aproximadamente 120 personas participó de cada una de las reuniones, cuyo formato estuvo destinado a promover la interacción y discusión, ofreciendo conferencias, exhibición y discusión trabajos en forma de posters, talleres, cursos, y giras a campo. Participaron, en cada una, investigadores nacionales y extranjeros, técnicos y extensionistas, estudiantes, productores, empresarios e integrantes de entes gubernamentales.
Las actas de todas las reuniones pueden consultarse en la página web. Entre los visitantes extranjeros que prestigiaron las reuniones de la RAS se cuentan: Sergey Shabala (Australia), László Erdei (Hungría), Steve Grattan (EEUU), Tim Colmer (Australia), Francisco Rubio (España) José Álvarez-Rogel (España), Denis Konnerup (Dinamarca), Nildo da Silva Dias (Brasil), Josemir Maia (Brasil) y Jorge Battle-Sales (España).

Cursos y jornadas de actualización
2010 Jornada: Especies leñosas en ambientes salinos (FCA, UCC, Córdoba)
2011 Curso: Tolerancia a la salinidad en cultivos (FCA, UCC, Córdoba)

2013 Curso: Tolerancia a la salinidad en cultivos. Problemática ambiental, respuestas fisiológicas y abordajes tecnológicos (FCA, UCC, Córdoba)
2016 Jornada: Cómo mejorar la producción forrajera en suelos afectados por sales (FAUBA, Buenos Aires)
2017 Curso de Posgrado de Perfeccionamiento: “Combatir la salinización y conservar los ecosistemas salinos: un reto para la gestión de los recursos en ambientes semiáridos, en el contexto del cambio climático” (FICA-UNSL)
2019 Curso: Tolerancia a la salinidad en plantas superiores Bases fisiológicas, recursos naturales nativos e introducidos y abordajes del mejoramiento (FAUBA, Buenos Aires)
2020 Curso Latinoamericano de Salinidad (FCA, UCC, Córdoba)
2021 Diplomatura en ambientes salinos y alcalinos (FCA, UCC, Córdoba)

Mesas redondas realizadas en el marco de otros congresos
2022 XXVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires
2023 VIII Congreso Forestal Latinoamericano y V Congreso Forestal Argentino, Mendoza

Publicaciones auspiciadas por la RAS
Además de publicar en revistas periódicas de su especialidad, los integrantes de la RAS han generado los siguientes libros:
2007 Taleisnik EL, Grunberg K, Santa María G. La salinización de suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria. EDUCC;
2017 Taleisnik E. y R.S. Lavado (eds.) Ambientes salinos y alcalinos de la Argentina. Recursos y aprovechamiento productivo. Orientación Gráfica Editora y Univesidad Católica de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. ISBN 978-987-1922-23-9
2019. Bandera R, Suelos afectados por sales con énfasis en la Argentina. Orientación Gráfica Editora
2021. Taleisnik E. and R.S. Lavado (eds.) Saline and alkaline soils in Latin America. Natural Resources, Management and Productive Alternatives. Springer International Publishing. eBook ISBN 978-3-030-52592-7, DOI 10.1007/978-3-030-52592-7 Hardcover ISBN 978-3-030-52591-0

Reflexiones acerca de la actividad de la RAS
Durante el período de funcionamiento de la RAS se ha avanzado en algunos de los objetivos planteados en el Taller fundacional de 2005. Tales son, la generación de conocimiento y la formación de recursos humanos, como lo atestiguan las contribuciones a las reuniones periódicas. Sin embargo, aún no se ha avanzado suficientemente en lograr una articulación razonable de los esfuerzos en curso. Es necesario realizar un trabajo constante y más efectivo para que, quienes tienen representación política, tomen consciencia del impacto de la salinidad sobre el desarrollo social y productivo en amplias zonas del país, de modo de lograr que se implementen políticas públicas adecuadas de desarrollo sostenible que prevengan y mitiguen la expansión de la salinidad.
Algunos de los integrantes del grupo fundador se reunieron en el VIII Congreso RAS realizado en Marcos Juárez, provincia de Córdoba.



De izquierda a derecha: Rosalba Pemán, Karina Grunberg, Guillermo Santa María, Edith Taleisnik, Raúl S. Lavado y Héctor Pérez

CONFERENCIA 1: "RECIENTES AVANCES EN EL MANEJO DE LOS SUELOS SALINOS Y ALCALINOS"
Dr. Raúl Lavado (UBA -Conicet)

Manejo de Suelos Afectados por Sales (SAS)

El manejo de los suelos salinos y alcalinos implica una combinación compleja de prácticas culturales (suelo, planta), genética, empleo de productos químicos, manejo del agua y otras estrategias hidrológicas, etc.

Si bien existen suelos salinos de muy variadas características, a los fines prácticos se los puede dividir en dos grandes grupos: suelos de áreas irrigadas (generalmente en zonas áridas) y suelos de secano (generalmente (zonas húmedas y subhúmedas). Los límites entre ambos grupos son difusos. Muchas tecnologías que se utilizan actualmente se están aplicando desde fines del siglo XIX, otras han sido puestas en práctica desde mediados del siglo XX. También existen “nuevas tecnologías” que fueron planteadas hace años. Haremos un repaso de estas tecnologías y luego veremos avances y alternativas genuinamente nuevas.

Procedimientos clásicos para el manejo de los suelos

En áreas irrigadas se conocen diversas estrategias de intervención en el manejo de suelos salinos. La idea central es optimizar la gestión del agua y la sales, provocando, en general, cambios para reducir o eliminar las sales del suelo y prevenir su acumulación en el perfil. Hay que tener en cuenta que las aguas de riego son de variada calidad, residuales, etc. Las tecnologías incluyen: lixiviación de las sales; drenaje; manejo del riego; uso de enmiendas, inorgánicas u orgánicas; manejo de cultivos; desalinización del agua y otras. También se propusieron en el pasado tecnologías más sofisticadas, pero menos efectivas o inabordables por los costos. Estas fueron: mejoramiento de la estructura: con agentes sintéticos; retención de agua, mediante uso de distintos geles y polímeros; mejoramiento de la capacidad de intercambio catiónico con zeolitas y productos sintéticos; retención de iones causado por distintos polímeros sintéticos; retención y liberación de nutrientes, mediante uso de distintos polímeros; movimiento de agua a través de agentes tensioactivos humectantes y electroforesis.

Las tecnologías para el manejo de suelos de secano, dado que se dedican principalmente a la ganadería. se pueden agrupar en tres aéreas complementarias. La más importante es el

manejo de las pasturas y la producción de forraje y en menor importancia, aplicación de enmiendas y manejo del agua, forestación o biodrenaje, etc.
Las tecnologías para manejar suelos afectados por sales de zonas húmedas y semiáridas difieren en sus objetivos y grado de complejidad de las utilizadas bajo riego. Las tecnologías utilizadas en SAS bajo irrigación se diseñaron, fundamentalmente, para modificar el suelo, en algunos casos profundamente, y crear una condición más "normal" para los cultivos estándar. En secano, la mayor parte de las tecnologías sólo incrementan la producción ganadera, pero no modifican permanentemente las características de estos suelos. Se establece un nuevo equilibro, inestable, entre entradas y salidas de agua y sales al perfil de suelo. Este nuevo equilibrio es más productivo, pero el status básico del suelo no cambia. La fertilización es la última etapa para la recuperación de pasturas en SAS, la fase de optimización de la productividad. Se descartan, por razones ambientales y económicas tecnologías que modifican el perfil o propiedades del suelo.
La diferencia entre ambas situaciones se debe a que en el primer caso se puede manejar el riego y la capa freática. En el segundo caso, esto es muy limitado, lo cual conlleva a una diferenciación productiva también determinante. Al menos en nuestro país, las aéreas irrigadas producen cultivos frutihortícolas de muy alto valor agregado, mientras las áreas de secano se dedican básicamente al pastoreo.
En los últimos años hubo un cambio de paradigma y se apunta más a facilitar el crecimiento de los cultivos, que a modificar los suelos.

Nuevas tecnologías para el manejo de los SAS

- ✓ Biotecnología
- ✓ Biorremediación
- ✓ Biochar o biocarbón
- ✓ Nanopartículas
- ✓ Microbiología
- ✓ Agricultura biosalina
- ✓ Restauración.
- ✓ Acidos húmicos y otros bioestimulantes

Otras tecnologías de aplicación en casos particulares son:

- ✓ Aplicación de vinagre de madera
- ✓ Elementos benéficos

Biotecnología

La mayoría de los genotipos de especies cultivadas han perdido su diversidad genética a lo largo de la historia y presentan una tolerancia limitada a la salinidad. Los parientes silvestres y otras especies relacionadas con mayor diversidad genética pueden utilizarse para mejorar la tolerancia a la salinidad de los cultivares modernos.
Se considera organismo "genéticamente modificado" o GM a aquel que incorpora uno o más genes en su genoma por medio de herramientas de Ingeniería Genética. Si se incorporan uno o más genes de la misma, u otra especie diferente a la del receptor, el gen es considerado un transgén y el organismo es considerado un organismo transgénico. La tecnología de los organismos GM ha contribuido desde hace más de 30 años a un crecimiento sostenido en la producción de alimentos. Esta tecnología aplicada al mejoramiento de cultivares para incrementar la tolerancia a la salinidad ya ha dado resultados prometedores.
Sin embargo, mejorar la tolerancia a la salinidad en cultivos presenta dificultades pues la tolerancia a la salinidad es el resultado de la expresión de múltiples genes que interactúan entre sí. Este carácter multigénico es una de las principales limitaciones en la mejora de las especies. Otro problema es el efecto simultáneo de otros estreses (térmico, hídrico, etc).

Biorremediación

La fitorremediación de SAS puede ser hecha por plantas herbáceas. arbustos o árboles tolerantes a las sales, y su biomasa cosechada puede ser usada en la alimentación animal,

producción de energía, y otros usos. La tecnología de la fitorremediación incluye cultivos sucesivos de estas plantas, a veces acompañadas por mejoradores de origen químico o biológico. Cuando la salinidad disminuye se pasa a cultivos agrícolas tolerantes a las sales, muchas veces intersembrados con las fitoremediadoras. En ciertas condiciones. se puede llegar gradualmente cultivar especies más sensibles, ya que el objetivo es básicamente pasar de un suelo salinizado, de baja productividad o improductivo, a un suelo agrícola.
Se pueden utilizar diferentes plantas tolerantes a la salinidad en combinación con la aplicación de enmiendas (yeso, etc.), la instalación de drenaje o manejo del agua en áreas de recarga de aguas subterráneas. También se incluye el uso de microorganismos que pueden ayudar optimizar el crecimiento de las plantas en ese ambiente tóxico.

Agricultura biosalina
La agricultura biosalina se basa en utilizar halófitas o cultivos muy tolerantes, como cultivos. Puede ser salinidad prexistente en el suelo, o utilizando aguas de riego muy salinas. Se aprovechan tierras degradadas y se hace un uso eficiente del agua, diversificación de la producción, aumentando la sostenibilidad ambiental. Los cultivos pueden ser para consumo humano o animal, con fines energéticos, medicinas, cosméticos, productos químicos, etc.
Las plantas halófitas utilizadas en la agricultura biosalina son un complemento a los cultivos agrícolas, ya que son tolerantes a la salinidad y pueden vivir en condiciones extremas. Se conocen varios géneros pertenecientes a las familias de las amarantáceas, apiáceas, brasicáceas, poáceas, y aizoáceas. Todas ellas son especies con alto valor nutricional, que pueden competir con cultivos tradicionales.
En el país se logró con éxito la producción de salicornias aprovechando el agua de mar proveniente de la industria de procesamiento de langostinos en el puerto de Rawson (Chubut). Los plantines se desarrollan en un vivero local y luego son implantados en los surcos que son regados con el agua de mar conteniendo residuos orgánicos, previamente tratada. La producción se hace en plena meseta chubutense, a unos 5 kilómetros del casco céntrico de la ciudad.
A nivel internacional existe el Centro Internacional de Agricultura Biosalina (ICBA), una institución de investigación sin fines de lucro dedicada a mejorar la seguridad alimentaria a nivel mundial. Se encuentra en Dubái, Emiratos Árabes Unidos.

Biochar o biocarbón
El Biochar es una forma de carbón obtenido por la conversión termoquímica de biomasa de cualquier residuo orgánico de origen agrícola o forestal. Se trabaja a altas temperaturas, generalmente entre 350-700 ºC, en un ambiente limitado o carente de oxígeno. Es un proceso de pirólisis, que elimina los compuestos volátiles y deja un producto estable, rico en C. En el Biochar, el C adquiere una notable estabilidad, teniendo un tiempo de residencia significativamente más largo en los suelos, que otras sustancias orgánicas. En el suelo permanece con lo que secuestró durante cientos o miles de años. Poseen una estructura porosa y su alta área superficial, crean un hábitat ideal para el crecimiento de poblaciones microbianas, retiene nutrientes, sales y metales contaminantes, con lo cual contribuyen a mejorar la calidad del suelo.
No todos los Biochar son iguales, dependiendo del/los productos/s inicialmente utilizados, ya que sus propiedades son muy variables. Hay, sin embargo, algunos factores comunes: alto contenido en carbono; bajo contenido en nitrógeno;
pH alcalino, baja densidad; alta retención hídrica; material muy poroso y con gran superficie específica con propiedades adsorbentes y alta aromaticidad (relación H:C)
El efecto del Biochar sobre los suelos incluye:

- ✓ Disminuye o aumenta la conductividad eléctrica.
- ✓ Mejora o reduce el pH del suelo y la RAS.
- ✓ Aumenta la capacidad de retención de agua y la conductividad hidráulica.
- ✓ Aumenta las reservas de carbono orgánico del suelo
- ✓ Aumenta la biomasa microbiana.

El Biochar mejora el establecimiento y el crecimiento de las plantas, y mejora la producción agrícola. Aumenta el rendimiento al mejorar la actividad antioxidante, la acumulación de hormonas y osmolitos, la síntesis de clorofila y reduce el estrés iónico y osmótico.

Nanopartículas

La salinidad perjudica el crecimiento de los cultivos por desequilibrio osmótico, toxicidad iónica y estrés oxidativo, lo que resulta en una reducción del rendimiento y en la calidad de granos. Las NP desempeñan un papel de "nanoparaguas" al aumentar la tolerancia a las sales mediante control del transporte iónico, mejora de la defensa antioxidante, modula genes sensibles al estrés y al ajuste osmótico. Además, las NP en condiciones salinas pueden aumentar la eficiencia de la absorción de nutrientes por las plantas.

Las nanopartículas mejoran la relación Na^+ / K^+ en plantas en condiciones salinas, reduciendo significativamente el estrés osmótico. En condiciones de salinidad, la aplicación de distintas nanopartículas aumentó la concentración de K^+ en las hojas. afectaron la distribución de Ca, Na y Mn, durante el estrés salino. Las nanopartículas también regulan la concentración iónica y la exclusión de Na^+, lo que contribuye a la tolerancia a la salinidad.

Las nanopartículas poseen un rol en la generación de fitohormonas: se observó un efecto significativo de las nanopartículas en la producción de ABA, GA y etileno, así como un aumento en la producción de ácido indol-3-butírico (AIB), ácido 1-naftalenacético (ANA) y 6-bencilaminopurina (BAP) durante un estrés salino. El contenido de prolina, malondialdehído (MDA), azúcares solubles, tasa de producción de radicales superóxidos, contenido de peróxido de hidrógeno o ácido ascórbico, lo que implica que el daño oxidativo a las hojas se redujo.

Sustancias húmicas y otros bioestimulantes

La aplicación de ácidos húmicos puede mejorar la calidad física y química, mejorar la fertilidad y productividad de suelos salinos y alcalinos. Son coloides orgánicos con alta actividad y capacidad de adsorción, permiten la agregación de partículas dispersas, lo que mejora la estructura del suelo, la aireación y la permeabilidad del agua y la capacidad para retener humedad. Pueden aumentar la capacidad de intercambio catiónico del suelo facilitando la retención y disponibilidad del K y Ca y pueden regular la acidez. Mejoran la disponibilidad de nutrientes, regulan las comunidades microbianas, fomentando un ecosistema del suelo más resistente y diverso y promoviendo la salud y la fertilidad del suelo.

Entre otros bioestimulantes se destacan prolina, glicinabetaina, ácido ascórbico, films basados en caolín, peróxido de hidrógeno y otros.

Vinagre

Con el aumento de la investigación sobre el tratamiento de suelos salino-alcalinos, se exploran activamente y proponen soluciones innovadoras. Los aditivos orgánicos han atraído mucha atención. Un ejemplo es la aplicación de vinagre de madera para tratar SAS con pH alto. Es un producto líquido que se obtiene mediante un proceso pirolítico. Su amplia gama de materias primas proporciona gran flexibilidad y sostenibilidad para su preparación y aplicación. El vinagre de madera disminuye el pH del suelo al neutralizar la alcalinidad, reduce la volatilización del amoníaco al regular el pH del suelo y la actividad de la ureasa. Fomenta la lixiviación de sales del suelo y promueve el aumento de la población microbiana. Aumenta significativamente la actividad enzimática y mejora la fertilidad del suelo, al elevar los niveles de C, N y P. Debido a que además de ácido acético contiene numerosos compuestos orgánicos, fenoles, alcoholes, ésteres y otras sustancias orgánicas de bajo peso molecular, puede promover la germinación de las semillas y el crecimiento de las raíces. La co-aplicación de vinagre de madera y biocarbón mejoró significativamente las propiedades del suelo salino y su contenido de nutrientes y se encontraron aumentos de rendimientos.

Uso de elementos benéficos

Algunos elementos benéficos han demostrado mejorar la tolerancia de las plantas a la salinidad. El silicio puede fortalecer las paredes celulares de las plantas, reduciendo la penetración de iones tóxicos y mejorando la resistencia al estrés salino. El selenio puede mejorar la resistencia al estrés oxidativo inducido por la salinidad, protegiendo así las células vegetales.

Restauración ecológica

Por último una alternativa actual, no productiva, para sitios impactados por sales, es la restauración ecológica, llevando al ecosistema a su situación previa. El objetivo es permitir la persistencia de la vegetación nativa y el funcionamiento normal del ecosistema. Para la restauración se pueden i) incorporar especies nativas, por. siembra; ii) pasar a un ecosistema sin intervención humana donde las plantas se establecen en el sitio sin su presencia o iii) crear un entorno físico capaz de sustentar poblaciones de especies nativas. Estas áreas pueden ser sometidas a un manejo ganadero moderado.

Finalmente, los aspectos económicos (por ejemplo, costos de insumos, impuestos, retenciones, salarios, transporte, etc.) y socioculturales, son los factores críticos y determinantes de todo proceso de adopción de avances científicos y tecnológicos.

Considerando que la mayoría de los productores adaptan rápidamente tecnologías cuando estas son económicamente rentables o convenientes, se observa que muchos de los avances científicos y tecnológicos desarrollados para lograr la reversión de la situación crítica de la salinidad, no se encuentran adecuadamente integrados con los aspectos económicos. Particularmente, muchas tecnologías desarrolladas en el exterior se adaptan a condiciones socioeconómicas diferentes a las de nuestro país. Por ejemplo, los países asiáticos tienen millones de bocas que alimentar y en ese contexto toleran la producción de alimentos en SAS, con tecnologías de alto costo (subsidios). Nosotros tenemos que producir a bajo costo, para poder exportar, y dichas tecnologías no se adaptan a condiciones locales (retenciones y altos costos).

CONFERENCIA 2: "AMBIENTES SALINOS-ALCALINOS EN LA REGIÓN PAMPEANA, ESTRATEGIAS DE DIAGNÓSTICO Y ALGUNAS INTERVENCIONES POSIBLES"

Dr. Sergio Montico (UNR)

Las tierras con problemas de drenaje poseen diferentes limitantes a la productividad, éstas deben ser diagnosticadas para, tras su evaluación por peso jerárquico respecto a sus incidencias, permitan planificar la gestión temporo-espacial de estos ambientes. El relevamiento de las limitantes debe comprender principalmente la condición físico-mecánica, la físico-química y la biológica de los suelos presentes como la de la cobertura vegetal. Toda vez que se disponga de un panel de importancia relativa de ellas, se podrán implementar diferentes prácticas tecnológicas para revertirlas, controlarlas o mitigarlas. Para ello, es necesario trazar una hoja de ruta, que sin dudas, en territorios de la región pampeana, debe comenzar en primer lugar (y prioritariamente) con intervenciones en la dimensión hidráulica, con el propósito luego, de alinear otras que pueden ser orientadas a la transformación del tapiz florístico, al agregado de correctores, a la fertilización dirigida, a las labranzas verticales especiales, al uso de nanopartículas, etc. Las estrategias pueden ser de shock (todas estas aplicadas de manera secuenciadas en un corto tiempo) o por etapas (de una en una, en un lapso amplio), esto dependerá del criterio agronómico, del costo que ello implique, de la resiliencia ambiental de esos espacios y de la escala, entre las razones más sobresalientes. Tecnologías estas que deben ajustarse al diagnóstico previo, y que necesariamente, habrá que evaluar tras su implementación utilizando indicadores que permitan valorar el impacto de las mismas en estos ambientes.

CONFERENCIA 3: "ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN DE AMBIENTES HALOHIDROMÓRFICOS: EXPERIENCIAS REGIONALES DE INNOVACIÓN SITUADA"

Dr. Cristian Álvarez (INTA General Pico)

La conferencia abordó el enfoque integral para la recuperación de bajos salinos e inundables, combinando herramientas de diagnóstico, tecnologías de manejo y experiencias a campo. Se presentaron mapas de riesgo hídrico, altimetría, imágenes satelitales (NDVI, Global Surface Water) y datos de napa para caracterizar ambientes halohidromórficos en distintas regiones.
Álvarez mostró estrategias como el uso de cultivos de servicio, pasturas tolerantes a sales, y rolado selectivo para mejorar cobertura, acelerar la sucesión vegetal y reducir evaporación. Se compartieron experiencias con alfalfa, melilotus, triticale, raigrás y salicornia, evaluando su desempeño en términos de biomasa, implantación y tolerancia a la salinidad y al anegamiento. Se remarcó la importancia de ajustes en la maquinaria agrícola (sembradoras, tapadoras, cuchillas turbo) para mejorar la implantación en suelos con sodio. La conferencia enfatizó el valor de la innovación situada, combinando conocimiento técnico y prácticas adaptadas al contexto local, como herramienta clave para restaurar la productividad de ambientes degradados.

CONFERENCIA 4: "ESTRATEGIAS EN EL MEJORAMIENTO PARA LA RESISTENCIA AL ESTRÉS SALINO"
Dr. Guillermo Santa María (FAUBA-CONICET)

La conferencia abordó los avances y desafíos en el mejoramiento genético de cereales para enfrentar el estrés salino. Se destacó que la resistencia a la salinidad es una característica poligénica, lo que requiere un enfoque piramidal e integrado en los programas de selección. En ese contexto se analizó la conveniencia de emplear aproximaciones múltiples que aúnen los resultados de fenotipado, los de proyectos genómicos y pan-genómicos, los de estudios de transcriptoma, aproximaciones de “single cell”, el uso de haplotipos como criterio de selección y la integración de la información a través de herramientas de inteligencia artificial. Dado el rol central del fenotipado en tal proceso se discutieron las posibles modalidades en que el mismo puede ser realizado. Para ello resulta relevante entender la secuencia de mecanismos de señalización y respuesta al estrés salino.
Se presentaron, además, resultados experimentales en trigo pan (T. aestivum), destacando el uso de GWAS, líneas de sustitución disómicas y nuevas tecnologías de fenotipado, incluyendo el empleo de “proxies” novedosos, incluyendo herramientas de análisis a escala tisular y de única célula, como CryoNanoSIMS y RNA-seq.
Finalmente, se enfatizó la importancia de identificar y combinar múltiples mecanismos de tolerancia, considerando los costos fisiológicos asociados y su impacto en el rendimiento. La conferencia propuso una visión integradora hacia el desarrollo de cultivares más resilientes, adaptados a la creciente problemática de salinización de suelos en la agricultura argentina y global.

CONFERENCIA: "SALINIZACIÓN E INSEGURIDAD ALIMENTARIA"
Dr. Francisco Vanies da Silva Sá (Departamento de Agrárias e Exatas, Universidade Estadual da Paraíba, Brasil)

La inseguridad alimentaria es un problema que afecta a muchas familias en todo el mundo, incluida Argentina y Brasil. No se trata solo de una situación que ocurre a diario, sino también de la incertidumbre sobre si habrá alimentos disponibles mañana. La inseguridad alimentaria no ofrece ninguna garantía a las personas. Se han creado varios proyectos para encontrar soluciones a este problema, entre ellos los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas (ONU). Sin embargo, incluso con una importante inversión gubernamental a nivel global, la COVID-19 ha tenido un impacto negativo en la lucha contra el hambre. Según indicadores de la FAO, para 2024 el 28% de la población de América Latina y el Caribe experimentará alguna forma de inseguridad alimentaria. Además de las acciones políticas y gubernamentales, es necesaria una mayor producción de alimentos. Surge entonces la pregunta: ¿cómo aumentar la producción en áreas con suelos afectados

por salinidad? Muchos países carecen de metodologías adecuadas para diagnosticar problemas de salinidad y sodicidad del suelo. Otros, aunque cuentan con metodologías apropiadas, carecen de apoyo gubernamental. Este es el caso de países con graves problemas de salinización, como Argentina, que se encuentra entre los diez más afectados por la salinidad en el mundo. Es fundamental desarrollar investigaciones para monitorear la salinidad, diseñar estrategias de restauración de suelos y eliminación de sales, y seleccionar especies tolerantes a la salinidad, especialmente entre las razas locales ya adaptadas a la región. Sobre todo, se requiere invertir en extensión y difundir información a la sociedad. También es importante reconocer las dificultades que enfrentan las universidades e institutos de investigación para generar conocimiento sobre la gestión de suelos salinos y sobre la agricultura biosalina. La demanda de mejoras en la gestión de suelos afectados por la salinidad y de un aumento en la producción de alimentos debe surgir desde la sociedad y, para ello, es indispensable comprender la magnitud del problema.

CHARLA-TALLER: "METODOLOGÍAS DE LABORATORIO PARA EL DIAGNÓSTICO DE SUELOS SALINOS. LIMITACIONES Y ALCANCES DE LAS TÉCNICAS MÁS EMPLEADAS"

Ing. Agr. Lucrecia Bauk (UNVM), Ing. Agr. Guillermo Millán (UNLP), Dr. Nicolás Polich (UNLP)

El taller tuvo como objetivo de debatir y reflexionar colectivamente sobre los procedimientos analíticos empleados en el diagnóstico de suelos afectados por sales y sodio, así como sus alcances y limitaciones. En representación de la Universidad Nacional de Villa María – Instituto de Ciencias Básicas y Aplicadas, la Ing. Agr. Lucrecia Bauk y la Dra. Micaela Manzotti dieron inicio al taller abordando la importancia de determinar la Conductividad Eléctrica (CE) de los suelos a partir del extracto de pasta saturada, destacando tanto los alcances como las limitaciones de esta metodología clásica. Se discutieron las particularidades que presenta la obtención de extractos en suelos sódicos, así como las ventajas y desventajas de utilizar extractos acuosos como alternativa.

A continuación, por parte de la Universidad Nacional de Mar del Plata – Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, el Ing. Agr. Guillermo Millán y el Dr. Nicolás Guillermo Polich propusieron como disparador la pregunta: "¿Para qué determinamos la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)?". A partir de este interrogante, expusieron las dificultades asociadas a la aplicación de metodologías convencionales en suelos salinos y sódicos, y presentaron alternativas posibles según el objetivo del análisis. Se remarcó la importancia de definir con claridad el propósito del dato de laboratorio a fin de seleccionar adecuadamente el indicador y la metodología analítica.

El taller se desarrolló con una participación activa del público asistente, quien aportó valiosas intervenciones, comentarios y experiencias que enriquecieron el debate.

TALLERES

TALLER EJE 1: "SALINIDAD Y ALCALINIDAD EN SUELOS"
Dra. María Bethania Aimetta (INTA Marcos Juárez)

En el citado eje temático se expusieron 13 trabajos, de los cuales 5 fueron resúmenes y 8 trabajos expandidos, agrupados en tres subtemas: *mapas de suelos, hidrología regional* y *dinámica de napas* y un subtema incorporado de *metodologías analíticas*. Los trabajos abordaron problemáticas asociadas a la salinidad y sodicidad de suelos agrícolas, con énfasis en nuevas herramientas diagnósticas, el uso de sensores y tecnologías accesibles, y la interacción entre niveles freáticos, sales y manejo.
Se destacó la validación del uso de CE 1:2,5 como alternativa más práctica a CEe, junto a modelos predictivos que incorporan textura del suelo y relaciones catiónicas. Se presentaron experiencias de monitoreo de napas a largo plazo, estudios de variabilidad espacial y climática, y herramientas como índices de dispersión, cromatografía de Pfeiffer y sensores remotos (Sentinel-2) aplicados a diagnóstico de salinidad.
Las presentaciones mostraron avances concretos hacia una caracterización más eficiente y económica de suelos salino-sódicos en regiones como Córdoba, La Pampa, Tucumán y Patagonia. Entre las preguntas surgidas se destacó la necesidad de integrar estos métodos a la gestión por ambientes, evaluar su relación con rendimientos agrícolas, y construir sistemas unificados de diagnóstico para facilitar la toma de decisiones productivas y de manejo.

TALLER EJE 2: "PRODUCCIÓN EXTENSIVA E INTENSIVA EN SUELOS SALINOS Y ALCALINOS"
MSc. Juan Pablo Giubergia (INTA Manfredi)

En este eje se presentaron 9 trabajos, de los cuales 6 fueron en formato resumen y 3 como trabajos expandidos, agrupados en tres grandes bloques temáticos: *uso y manejo del riego y sus riesgos asociados* (3 trabajos), *salinidad y producción agrícola y/o ganadera intensiva* (2 trabajos), *salinidad y producción agrícola y/o ganadera extensiva* (4 trabajos).
Se analizaron prácticas de riego (aspersión, gravedad, goteo enterrado) y su impacto en propiedades físicas y químicas del suelo en distintas regiones (Salta, sudoeste bonaerense, NOA). En producciones intensivas (hortícolas e invernáculos), se evaluaron cambios en la fertilidad potencial y calidad edáfica bajo diferentes coberturas y manejos.
En los sistemas extensivos se destacaron trabajos sobre mineralización de nitrógeno en suelos alcalinos, estrategias de cultivo de girasol en ambientes salinizados recuperados, y ensayos con especies forrajeras (*Chloris gayana, Macroptilium lathyroides*) sometidas a estrés sódico, hídrico o anegamiento, incluyendo inoculación con rizobios.
Los trabajos reflejan un avance en la adaptación de prácticas productivas y el manejo del riego en contextos afectados por salinidad y sodicidad, destacando enfoques regionales y uso de recursos genéticos adaptados. Se subraya la necesidad de integrar manejo hídrico, mejoramiento forrajero y fertilidad edáfica para lograr sistemas resilientes en estos ambientes.

TALLER EJE 3: "TECNOLOGÍAS DE MANEJO APLICADAS A LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN SUELOS SALINOS Y ALCALINOS"
Dra. Vanesa Pegoraro (INTA Marcos Juárez)

Los trabajos presentados en este eje se incluyeron dentro de tres subtemas: tecnologías para el manejo, mapeo y modelización de suelos salinos (4 trabajos), uso de enmiendas, efluentes y compost para mitigar efectos de salinidad y alcalinidad en cultivos (13 trabajos), tecnologías aplicadas a cultivos para mitigar efectos negativos de la salinidad y alcalinidad (9 trabajos).
La salinización y sodificación de suelos agrícolas es un problema creciente y multifactorial, que compromete la productividad y sustentabilidad de los sistemas agropecuarios en diversas regiones de Argentina y Latinoamérica. Se presentaron estudios provenientes de Argentina y Brasil.

1. Tecnologías de manejo, mapeo y modelización

Los trabajos coincidieron en la necesidad de herramientas modernas para abordar la alta variabilidad espacial y temporal de la salinidad. La combinación de tecnologías como sensores de conductividad, teledetección (satélites, drones), geomorfometría, modelos de machine learning y ensayos productivos permite:

- Detectar y mapear zonas de riesgo con mayor precisión y menor costo.
- Identificar factores que favorecen la acumulación de sales (relieve, napa, textura, clima).
- Delimitar zonas de manejo y ajustar prácticas según la severidad del ambiente.

Estos enfoques integrados permiten un diagnóstico más preciso, favoreciendo el diseño de estrategias de manejo adaptativo y recuperación del suelo a distintas escalas.

2. Uso de enmiendas, efluentes y compost

Los trabajos resaltaron que una gestión sostenible de la salinidad exige combinar monitoreo, aplicación de enmiendas (orgánicas y químicas), uso racional de efluentes y tecnologías de riego. Se priorizan prácticas que equilibren productividad, conservación del suelo y adaptación al déficit hídrico. Las soluciones son viables, pero requieren ajustes locales y seguimiento de largo plazo para evitar degradación irreversible.

3. Tecnologías aplicadas a cultivos

Se analizaron estrategias para aumentar la resiliencia y productividad en ambientes marginales, mediante manejo nutricional, selección varietal y tecnologías de implantación. Los estudios destacaron que las combinaciones integradas de prácticas (suelo + clima + manejo) son más efectivas que las acciones aisladas.

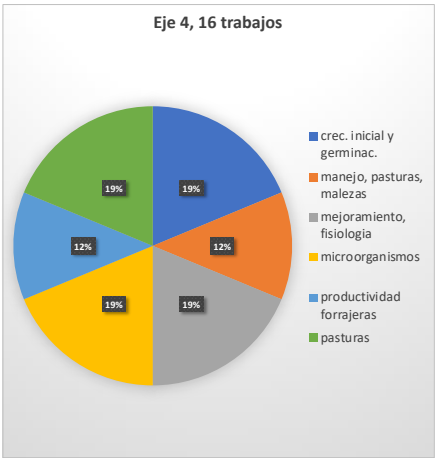
Como conclusión del taller resultó que la integración de tecnologías de monitoreo con prácticas de manejo adaptadas es clave para mitigar la degradación en suelos salinos y alcalinos. Las soluciones existen, pero demandan un enfoque integral suelo-agua-clima, ajustes locales y monitoreo continuo para sostener la resiliencia productiva de los sistemas.

TALLER EJE 4: "LA VEGETACIÓN, LOS CULTIVOS Y LA MICROFLORA EN SUELOS AFECTADOS POR SALINIDAD Y ALCALINIDAD"

Dra. Edith Taleisnik (ANAV)

La dinámica del taller incluyó la descripción de la naturaleza de los trabajos presentados, el análisis de los trabajos por sub-temática y áreas de vacancia y perspectivas de la temática. En el taller participaron Rosalba Pemán (Pemán Semillas), Karina Grunberg (directora CIAP INTA) y Guillermo Santa María (investigador de CONICET) como parte del panel de opinión.

En este eje se presentaron 16 trabajos, que abordaron aproximadamente las temáticas que figuran en el siguiente gráfico:



Distribución temática de los trabajos presentados en el eje 4

En la mayoría de los trabajos, al menos uno de los autores estuvo presente, varios en muchos de los casos, y pudieron compartir un resumen de 5 minutos con la audiencia. Cada presentación estuvo seguida de preguntas del público, en un ambiente muy cordial y constructivo.

Luego de las presentaciones, los panelistas invitados comentaron impresiones personales, centrándose sobre todo en miradas a futuro. Sus comentarios pusieron de relieve, entre otros, que es importante considerar la problemática de la salinidad de manera integral y con miradas múltiples. Se sugirió incorporar a los análisis también profesionales de otras áreas, mencionando a economistas. Con respecto a los objetivos planteados inicialmente para la RAS, reflexionaron era necesario seguir trabajando a fin de lograr que la temática de la salinidad sea instalada en las políticas públicas.

RECORRIDA

GIRA A CAMPO CON CAPACITACIÓN TÉCNICA

MSc. Nicolas Bertram (INTA Balcarce), MSc. Sebastián Chiachiera (INTA Marcos Juárez), el Dr. Cristian Álvarez (INTA General Pico), Geol. Mauro Lanfranco (INTA Manfredi), MSc. Cecilia Milán (UNVM), MSc. Manuel Vicondo (INTA Manfredi), Dra. Analía Becker (UNVM).

Parada 1: Establecimiento ganadero en la localidad de Noetinger (Grama-Panicum)



Los suelos de las 2 calicatas (1-Grama y 2- Panicum) corresponden a la unidad cartográfica ECd2, formado por un complejo de suelos de Series EL CANDIL 10%; VILLA FRANCISCA 25%; SANTA ELENA 40% y ACHALAY 25%, con una capacidad de uso 7ws, y un índice de productividad del 9%.

En superficie (0-20 cm) a nivel general y en promedio del lote el pH es de 8-9,5 y la CE1:2,5 fluctúa entre 0,3 a 2,5 dS/m, valores iniciales medidos al momento de la siembra de las pasturas. Son suelos anegables donde la dinámica del agua es lenta y limitada por la elevada sodicidad.

El lote con Grama fue sembrado en 2009, con uso de la pastura en verano, en diciembre se da un aprovechamiento (período de crecimiento 600 grados días), el segundo en mitad de enero y el ultimo a fines de febrero. El pulso de crecimiento entre marzo y mayo se deja como remanente para la protección de la pastura ante las heladas. En años secos se pastorea solo dos veces. La producción va de 6000 kg MS a 16000 kg de MS (150 kg de N).

Calicata 1:

Tabla 1. Datos analíticos actuales realizados por docentes y estudiantes del curso de Postgrado en el marco del Congreso RAS. Calicata en lote con Grama (Análisis realizado el 29/7/2025).

Horizonte	Prof. (cm)	pH 1:2,5	CE 1:2,5	Frasco	$C0_3^=$	Tipo Dispersión	Clasificación completa
1-	0-10	8,00	0,53	Turbidez dudosa	-	Débil	Salino sódico
2-	10-30	8,87	1,31	Turbio	-	Fuerte	Salino sódico
3-	30-55	8,79	3,24	Turbio	-	Fuerte	Salino sódico
4-	55-70	9,57	1,01	Turbio	-	Fuerte	Salino sódico

El H4 se intentó filtrar para medir CEe y no pudo hacerse (ver imágenes a continuación).

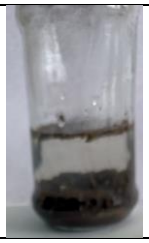
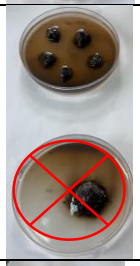


Ausencia de extracto con H4.



Tapado del filtro con H4

Tabla 2. Clasificación de los horizontes de la calicata Noetinger: Grama

Horizonte	Frasco	Placas	Mediciones/observaciones	Clasificación
H1 A			Dispersión Débil GF=4 $pH_{1:2,5}$ =8,00 $CE_{1:2,5}$=0,53 CEe est=2,74	SALINO SÓDICO Grado 4
H2 A			Dispersión Fuerte GF=9 $pH_{1:2,5}$ =8,87 $CE_{1:2,5}$=1,31 CEe est=6,42	SALINO SÓDICO Grado 9
H3 E			Dispersión Fuerte GF=9 $pH_{1:2,5}$ =8,79 $CE_{1:2,5}$=3,24 CEe est=16,03	SALINO SÓDICO Grado 9
H4 Btn			Dispersión Fuerte GF=10 $pH_{1:2,5}$ =9,57 $CE_{1:2,5}$=1,01 CEe est=4,92	SALINO SÓDICO Grado 10

En el lote con Panicum el suelo es aún más inundable (no hay vía de escurrimiento), el mismo fue sembrado en 2017. Las napas son fluctuantes cuya distribución en el lote varia en cuanto a pH y CE. La producción de pasto va de 5000 kg de MS a 15000 kg de MS.
En la recorrida comentaron que en ambos casos se iniciaron las pasturas con una fertilización con Sulfato de Ca (de 150-200 kg/ha).

Observaciones y comentarios en la recorrida a campo
Es común encontrar problemas de alcalinidad en este tipo de UC con complejo de varios suelos, siendo un problema de escala, que el suelo de la calicata no esté cartografiado o pudiendo ser una inclusión.
Se llegó a ver la napa freática que estaba a 1,50 m (libre) y a 1 m aproximadamente ya se observaba saturación de agua (ascenso capilar de la napa). Se midió la CE de la napa en el lugar y dio unos 2dS/m, la misma no clasificaría como salina (para riego) pero seguramente tiene el RAS muy alto, como otras aguas subterráneas de la zona que le dan la característica de sodicidad a estos suelos a partir de la variación de su ascenso y descenso.
También se observaron carbonatos a mayor profundidad de los horizontes que fueron llevados al laboratorio (ver tabla de análisis que hasta los 70 cm no estaban presentes).
Se comentó que el aporte de sales es a partir de este acuífero y no por fallas geológicas que estarían a muchísima profundidad y por lo tanto no tendrían influencia.
El perfil de horizontes encontrado fue un A, un E, un Btn y otro Btn más abajo. La capa A, (que consiste en los H1 y H2 de la tabla de análisis de Laboratorio) era muy esponjosa, muy bien estructurada, con humedad, oscura, con abundante arcilla, se infiere la presencia de arcilla, además, por tener esta buena cobertura, pues si no tuviera suficiente arcilla sería un planchón con sales en superficie. Se observaron también muchas raíces y de color oscuro y de color blanco, estas últimas señalan que son nuevas y tienen vitalidad y buen desarrollo, este

horizonte o capa A, en este momento parece no tener limitaciones, ni de espacio, ni de aireación. Y se definió como un MOLISOL.
A los 30 cm había un segundo horizonte, era un E (el H3 de la tabla de análisis) de color más claro y se notó una textura con mayor cantidad de arena que el superior, típico de sitios deprimidos y con mal drenaje. Se deberían ver moteados, pero como estaba muy húmedo no pudieron observarse.
Luego aparece un horizonte Btn, en el corte de la calicata se observan grietas verticales (Figura 1) que marcan su estructura en forma de prismas, no se observan columnas. Pero se sacó una porción de este horizonte y se observa que la Grama pudo penetrar los prismas (Figura 2). Y clasificamos este suelo por los horizontes diagnósticos observados como un NATRALBOL.


Figura 1: Corte calicata


Figura 2: Horizonte Btn con raíces

En estos suelos se necesitan cultivos perennes para que vayan colonizando y estructurando estos suelos en el tiempo. Contaron la historia de este campo, que antes había peladales con escasa vegetación y no productiva. Cuando se implantó la Grama tuvo épocas que se le realizó sobrepastoreo con los animales y eso no fue bueno. Así que, recurrieron a proteger más la pastura con el manejo, para que en invierno haya siempre cobertura.
Se comentó que se midió infiltración, que está aumentó en el transcurso del tiempo desde que se implantó la pastura. Lo miden con el equipo automático (Figura 3) y también se mostró como medir con anillo simple (Figura *4*), en la recorrida a campo, observándose una velocidad alta al inicio que luego se iba haciendo más lenta, coincidiendo con el horizonte Btn, que impide la entrada del agua.
Se detectó que tienen salinidad moderada desde la superficie, luego va aumentando a salino y altamente salino a partir de los 30 cm, luego salino nuevamente más abajo (mayor a 4 dS/m), pero como es una pastura tolerante a las sales pudo desarrollarse perfectamente. Otro factor que estaría favoreciendo la infiltración, es que cuando hay más sales puede ser que la dispersión no sea tan alta, es decir las sales (no sódicas) ayudan a flocular, como así también se pensó que el agregado de yeso que se hizo al inicio de la pastura permitió mayor floculación en el primer horizonte. Todo esto resulta en una mejor estructuración y mayor infiltración (ver en la tabla de análisis que el H1 tiene un grado muy bajo de dispersión).



Figura 3: Equipo para medir infiltración



Figura 4: Anillo para medir infiltración

Calicata 2:

Tabla 3. Muestras extraídas de la calicata lote con Panicum (Análisis realizado el 29/7/2025).

Horizonte	Prof. (cm)	pH 1:2,5	CE 1:2,5	Frasco	$C0_3^=$	Tipo Dispersión	Clasificación completa
1-	0-10	8,02	0,57	Turbio	-	Fuerte	Salino sódico
2-	10-40	7,92	0,16	Turbio	-	Fuerte	Sódico neutro
3-	40-70	8,67	0,29	Turbio	-	Fuerte	Sódico alcalino

Observaciones y comentarios en la recorrida a campo

El lote donde está la calicata se encuentra en un sitio más bajo que el anterior, a pesar de estar tan cercanos los lotes. Por ello, nos encontramos con otro suelo, más fino en su textura, con un horizonte E superficial, de colores más claros que el de calicata 1. La cobertura de la pastura Panicum era buena, pero las raíces no estaban tan desarrolladas como en Grama. Tiene además un horizonte Btn donde no observan columnas en su estructura. Este suelo podría clasificarse como un NATRACUALF.

Se notaba más húmedo aun, no se podían observar los moteados que seguramente tenía y se supone la napa más cercana que la calicata 1, por la gran saturación que tenía.

La infiltración fue más baja que la de la calicata 1, frenándose en el Btn. Se realizó resistencia a la penetración (Tabla 5) con un penetrómetro de golpes o Villegas. Se debe tener en cuenta que cuando supera los 7-8 golpes, se supera el umbral que tienen las raíces para poder penetrar en el suelo (2 dS/m) , por ello coincidió la dureza con el comienzo del horizonte Btn. Si, además, observamos los análisis de laboratorio, este suelo tiene mayor dispersión en superficie (dispersión fuerte o espontanea de grado 8) que el de la calicata 1. Esto es lo que limita en mayor medida a la entrada de agua al suelo y por ende al desarrollo radicular. Las mediciones de RM se deben hacer a capacidad de campo, en este momento este suelo estaba húmedo, este resultado empeora cuando el suelo está seco, impidiendo aún más la penetración de las raíces. Es de esperar que, si esta medición se hubiera realizado en la calicata 1, hubiera dado resultados con menores golpes o menores RM.

Tabla 4. Clasificación de los horizontes de la Calicata Noetinger: Panicum

Horiz	Frasco	Placas	Mediciones/observaciones	Clasificación
H1			Dispersión fuerte GF=8 $pH_{1:2,5}$ =8,02 $CE_{1:2,5}$=0,57 CEe est=2,96	SALINO SÓDICO Grado 8
H2			Dispersión fuerte GF=9 $pH_{1:2,5}$ =7,92 $CE_{1:2,5}$=0,16 CEe est=0,70	SÓDICO NEUTRO Grado 9
H3			Dispersión fuerte GF=8 $pH_{1:2,5}$ =8,67 $CE_{1:2,5}$=0,29 CEe est=1,34	SÓDICO ALCALINO Grado 8

Tabla 5. Medición con penetrómetro

Prof. (cm)	N° de golpes	RM (MPa)
0-5	4	1,12
5-10	6	1,68
10-15	6	1,68
15-20	9	2,52
20-25	11	3,08
25-30	12	3,36

Al observar la salinidad que comienza superficialmente con una moderada salinidad (similar al H1 de la calicata 1 con CEe=2,7-3dS/m), en profundidad va disminuyendo y se los clasificó como horizontes no salinos, por ello también podemos inferir al no haber tantas sales se manifiesta más la dispersión, por lo tanto, hace que la infiltración sea menor.

Consideraciones finales

La UC ECd2 es un complejo de 4 series: 1 Natrustol, 1 Natrutalf y 2 Natracualf. La única serie que no tiene “n” con más del 15% de PSI superficialmente es el Natrustol (serie El Candil). A la calicata1 la reconocimos como un Natralbol y coincide con El Candil en no tener un PSI mayor al 15% a nivel superficial y que es un molisol, pero en la calicata 1 encontramos un E subsuperficial (álbico) que El Candil no lo tiene. La calicata 2 es un Natrustalf pero a diferencia de los Natrustalfs descriptos en la carta de suelo, no contiene PSI mayor al 15% a nivel superficial. No encontrar las series descriptas en la carta, tal como mencionamos anteriormente puede tratarse de un tema de escala, ya que no han sido cartografiadas a nivel de lote. Otra causa podría ser por la pérdida de sodio de los primeros horizontes que tuvieron estos suelos. Inferimos que dicha pérdida podría responder al uso y manejo que le asignaron a estos lotes: la implantación de pasturas perennes (tolerantes a salinidad y alcalinidad) con yeso inicial, que fueron colonizando el suelo, formando una importante red de raíces que lograron una buena estructuración del suelo, que dieron una cobertura permanente impidiendo el ascenso capilar de sales y favoreciendo la infiltración, que posiblemente en consecuencia permitió que esa entrada de agua al suelo lavara sales y sodio a nivel superficial.

Ahora que este suelo ya está “mejorado” están pensando en introducir a las pasturas (sin roturarlas) una intersiembra con alfalfa con el objetivo de mejorar la productividad forrajera en

cuanto a proteínas, asumiendo que con esta práctica podrían tener un retroceso en la misma pastura perenne y por lo tanto en los suelos.

Parada 2: Establecimiento con agricultura continua.



No se pudo realizar la recorrida de la parada 2, debido a precipitaciones en la fecha. No obstante a continuación se presenta la descripción del sitio y los análisis realizados.
Es un establecimiento en el área rural de San Marcos Sud, departamento Marcos Juárez, provincia de Córdoba (32°61'63" S, 62° 44'14" W, a 115 msnm). La temperatura media anual es 17,05°C y la precipitación media anual es de 793 milímetros. El suelo es un complejo de suelos que pueden ser Co5, Co9, Co10 y ECd (ver características en anexo) formados por suelos alcalino-sódicos en diferentes proporciones. Puntualmente en el Co10 el 50% de los suelos que lo forman son alcalino-sódicos, se ubican en planos bajos y deprimidos con pendientes de entre 0 y 0,5% y poseen escurrimiento lento (INTA, 1979).
El lote donde se realizó la experiencia tiene una historia ganadera previa, pasando al manejo agrícola en el año 2005.

Parcelas demostrativas Vicia/Trigo
Diseño en bloques al azar con dos repeticiones, en parcelas de 1,4 m x 10 m. La fecha de siembra fue el 30 de abril de 2025, con trigo (variedad MSINTA 1.22) 107 kg/ha y Vicia villosa (variedad INTA Ascasubi) con 20 kg/ha (Tabla 6).

Tabla 6. Plano ensayo parcelas demostrativas

5	1	3	6	12	13	9	11	10	14	8	4	7	2	11	12	13	14	1	3	6	9	10	11	2	4	7	8
Repetición I														Repetición II													

1) Trigo testigo
2) Trigo con Sinergia
3) Trigo con Supervia
4) Trigo con yeso
5) Trigo con compost
6) Trigo con Humiplex
7) Trigo con yeso líquido
8) Vicia testigo
9) Vicia con Sinergia
10) Vicia con Supervia
11) Vicia con compost
12) Vicia con yeso
13) Vicia con Humiplex
14) Vicia con yeso líquido

Tratamientos:

- Sinergia (Biosoluciones): Es un compost solido pelletizado aplicando 300 kg/ha en la línea de siembra.
- Supervia (Amauta): es un fertilizante con aminoácidos para la bioestimulación foliar aplicando 300 g/100 kg de semilla.
- Sulfato de calcio: en forma granulada aplicada en la línea de siembra 55 kg/ha y aplicado en forma de polvo superficialmente a razón de 2000 kg/ha
- Compost de feed lot: aplicado superficialmente a razón de 20000 kg/ha.
- Humiplex (UPL): aplicado en la línea de siembra a razón de 60 kg/ha
- Yeso liquido TPS 78 (Kioshi Stone): aplicado sobre la superficie del suelo a la simbra a razón de 4 l/ha.

Tabla 7. Análisis químico de suelo de las parcelas demostrativas Vicia/Trigo (21/5/2025).

Repetición	Profundidad (cm)	pH	CE (1:2,5 dS/m)	Materia Orgánica (%)	Fosforo (ppm)	Nitrato (ppm)	Azufre de Sulfatos (ppm)	Zinc (ppm)
1	0-20	8,6	0,30	1,16	45	95	36,5	0,2
1	20-30	9,6	0,60					
2	0-20	8,5	0,28	1,11	56	145	32,2	0,3
2	20-30	9,5	0,50					

Tabla 8. Muestras extraídas de la calicata San Marcos (Análisis realizados el 29/7/2025).

Horizonte	Prof. (cm)	pH 1:2,5	CE 1:2,5	Frasco	$C0_3^=$	Tipo Dispersión	Clasificación completa
1-	0-12	6,94	0,52	Turbidez dudosa	-	Débil	Salino sódico
2-	12-35	8,69	0,16	Turbio	-	Fuerte	Sódico alcalino
3-	35-55	9,17	0,39	Turbio	-	Fuerte	Sódico alcalino
4-	55-65	9,51	0,54	Turbio	+	Fuerte	Salino sódico

Da positivo el Sulfato en H2 y H3

En H1 se midió CEe (filtrado al vacio) =2,54dS/m y CEe (centrifugado)=2,71dS/m

TRABAJOS Y RESÚMENES EJE 1:
SALINIDAD Y ALCALINIDAD EN SUELOS



ANÁLISIS DEL NIVEL Y CALIDAD DE LA FREÁTICA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA AER INTA LA CARLOTA

Allovatti, S.[1*]; M. Martinelli[1]; P. Feresin[1]; C. Álvarez[2-3]

[1]AER INTA La Carlota; J. Ross 46, (2670) La Carlota, Córdoba.
[2] AER INTA Gral. Pico.
[3] Facultad de Agronomía (UNLPam).
* allovatti.sofia@inta.gob.ar

RESUMEN: Conocer las oscilaciones espacio-temporales del nivel freático (NF) es relevante para el manejo estratégico del cultivo y suelo, para incrementar el rendimiento y la estabilidad de estos. Por tal motivo, en el marco del PE I024 - Innovaciones tecnológicas y organizacionales para la gestión integrada de los recursos naturales, se realiza periódicamente el monitoreo del nivel freático de 22 freatímetros dispuestos en establecimientos rurales. El objetivo fue sistematizar y analizar preliminarmente la dinámica y contenido de sales del nivel freático en el área de influencia de la Agencia de Extensión Rural de La Carlota. Se seleccionaron 12 freatímetros evaluados con una frecuencia trimestral desde el año 2011 al 2025. Estos datos fueron sistematizados generando una capa vectorial en un Sistema de Información Geográfica, representados por un punto geoposicionado con acceso digital, complementariamente se les adicionó los campos de clase y tipo de suelo obtenidos a partir del mapa de IDECOR; este procedimiento se realizó empleando el software Qgis. Se realizó un análisis preliminar de los datos recopilados, considerando el comportamiento del nivel freático mediante indicadores estadísticos como el desvío estándar, la varianza, el promedio, los máximos y mínimos, el coeficiente de variación y los percentiles. Además, de su relación con la capacidad de uso del suelo y las precipitaciones acumuladas anuales e históricas. Se encontró que el nivel freático promedio osciló entre 1.23 y 3.40 m con una concentración salina de 0.24 a 3.49 gL^{-1}. El desvío presentó valores entre 0.44 y 0.62, sales de 374 a 1668 mg L^{-1}. El percentil indicó que el 50% de la totalidad de los datos presentaron NF dentro de los 2.16 m. La concentración máxima registrada fue de 6.78 g l^{-1} mientras que la mínima fue de 0.11 g l^{-1}. El percentil indicó que el 50% de la totalidad de los datos presentaron concentraciones por debajo de 2.11 g l^{-1}. Estos resultados preliminares sugieren un ascenso y descenso gradual sin variaciones extremas en cortos períodos de tiempo debido al uso de cultivos agrícolas representativos de la zona. Por tal motivo, el manejo de cultivos no se restringe en suelos con capacidad de uso III y IV ya que no presentan variabilidad en sus tenores salinos. No obstante, en suelos clasificados con capacidad de uso VI podrían manifestar limitaciones en producción por causa de un incremento significativo de la concentración salina observadas a escasos cm en la profundidad del nivel freático. Finalmente, este análisis muestra las variaciones del NF en dinámica y concentración de sales de la cuenca del Río Carcarañá, permitiendo identificar el impacto sobre la productividad de los cultivos y en los indicadores de los suelos. Futuros trabajos permitirán generar mapas del nivel freático a escala de lote y planificar secuencias de cultivos aportando a la sustentabilidad de los sistemas.

PALABRAS CLAVE: nivel freático, dinámica, calidad.

UTILIDAD DE LA CROMATOGRAFÍA DE PFEIFFER EN SUELOS SALINOS DE LA LLANURA DEPRIMIDA SALINA DE TUCUMÁN

Andina, G. D. P.[1*]; A. M. Plasencia[1]; R. D. Corbella[1] (ex aequo)

[1] Facultad de Agronomía, Zootecnia y Veterinaria de la UNT. Av. Kirchner 1900, CP: 4000 S.M de Tucumán.
* dorkasandinaguevara@gmail.com

RESUMEN: En este estudio se aplicó la cromatografía de Pfeiffer (CPF) a cinco muestras de suelo de la Llanura Deprimida Salina de Tucumán, con el fin de relacionar los patrones cromatográficos con la conductividad eléctrica (CE) del suelo. Se midió la CE en extracto de saturación y se prepararon cromatogramas siguiendo el método estándar (suelo con NaOH, difusión en papel de filtro, observación de zonas según su coloración y morfología). Los resultados mostraron que los suelos con CE más alta (5,0-7,3 dS/m) presentaron cromatogramas dominados por tonos claros en la zona externa y escasa coloración en la zona orgánica, estos patrones sugieren baja actividad biológica. Los suelos con CE más baja (3 dS/m) exhibieron zonas más definidas e integradas entre ellas con tonalidades marrones, indicando buena actividad biológica. La CPF presenta limitaciones significativas para ser considerada un método directo y definitivo para reconocer suelos salinos. Los patrones visuales que produce no son exclusivos de la salinidad, pudiendo ser causados por otras formas de degradación del suelo. Es decir, para un diagnóstico preciso de salinidad es indispensable un análisis cuantitativo como la Conductividad Eléctrica. El mayor valor de la CPF reside en su accesibilidad y bajo costo, lo que la convierte en una herramienta práctica para el reconocimiento del estado general del suelo.

PALABRAS CLAVE: salinidad, cromatografía circular en papel, pictograma.

INTRODUCCIÓN:

La salinidad del suelo constituye una de las principales limitaciones para la productividad agrícola a nivel global, afectando aproximadamente mil millones de hectáreas, especialmente en regiones áridas y semiáridas. La Llanura Deprimida de Tucumán es en general de una planicie con pendientes menores del 0,5 %, afectada por la presencia de una capa freática a poca profundidad. La misma presenta dos subregiones (salina y no salina). La Subregión Salina, destinada mayormente a la actividad pecuaria, muestra texturas heterogéneas entre sus características constitutivas. Se caracterizan por una capa freática de naturaleza salina debido principalmente al menor régimen pluviométrico, a la mayor evapotranspiración potencial y a la existencia de una escasa red natural de drenaje (EEAOC, 2018). En estas condiciones, la conductividad eléctrica en el extracto de saturación (CE) del suelo se utiliza para determinar el grado de salinidad de los. Valores mayores o iguales a 4dS/m de CE indican acumulación de sales solubles en el perfil siendo clasificados como moderadamente salinos. Dado que los análisis químicos convencionales son costosos y lentos, se explora la cromatografía de Pfeiffer (CPF) como alternativa rápida y de bajo costo. La CPF es una técnica analítica cualitativa utilizada en agricultura biodinámica para evaluar la calidad del suelo, compost y biofertilizantes. Consiste en un método simple, rápido y económico para obtener una imagen del suelo, revelando información sobre su fertilidad y dinámica biológica (Hernández Rodríguez, A. *et al* 2021). Este tipo de análisis está destinado a una visión integradora de la vida del suelo; el diagnóstico es expresado a través de un lenguaje visual codificado por colores y dibujos, que exponen las deficiencias y debilidades del suelo (Barahona, L.A., & Andrade Ortiz, Y. 2023). El cromatograma es una imagen formada en un papel de filtro circular, donde la solución del suelo se distribuye por zonas formadoras de capilaridad. Estas zonas son vinculadas a indicadores de calidad (Barros, & Silveira Franco

2022). Estudios previos han descrito la CPF como un método cualitativo efectivo para evaluar la salud del suelo (Cercado Quiñónez, E. A. 2021). Aunque la CPF se aplica tradicionalmente para una evaluación holística de la salud del suelo, su potencial para reflejar los cambios inducidos por la salinidad, particularmente en la actividad biológica y la dinámica de la materia orgánica, podría establecerla como un indicador preliminar. El objetivo de este trabajo fue analizar la utilidad de la cromatografía de Pfeiffer como método cualitativo para el reconocimiento de suelos salinos en la Llanura Deprimida Salina de Tucumán, basándose en la interpretación de los patrones visuales en relación con la conductividad eléctrica del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Se tomaron muestras compuestas de la capa superficial (0–20 cm) en 5 (cinco) sitios representativos de la Llanura Deprimida Salina.

Análisis cuantitativos: se determinó CE (dS/m) en el extracto de saturación del suelo a 25°C usando un conductímetro; pH (método potenciométrico) y Carbono orgánico (CO%) por el método de Walkley-Black (Oxidación húmeda en dicromato de potasio).

Cromatograma de Pfeiffer (Martínez Pérez, M. A. *et al*. 2021): el procedimiento general consiste en 4 etapas (Fig.1) en donde la muestra finamente molida se sometió con hidróxido de sodio; se colocó una solución de nitrato de plata sobre un papel de filtro. El extracto de suelo difundió en el papel de filtro por capilaridad. Las sustancias migran desde el centro hacia la periferia del papel formando anillos, zonas radiales, colores y formas.

Análisis cualitativo: Se compararon los cromatogramas visualmente, buscando diferencias en la coloración y morfología de las zonas formadas en el cromatograma (Fig. 2) en función de las variables analizadas. Se consideraron indicadores de fertilidad/empobrecimiento: presencia de tonos oscuros en zona orgánica, grado de integración zonal y trama radial que da cuenta de la actividad biológica (Cercado Quiñónez, E. A. 2021).

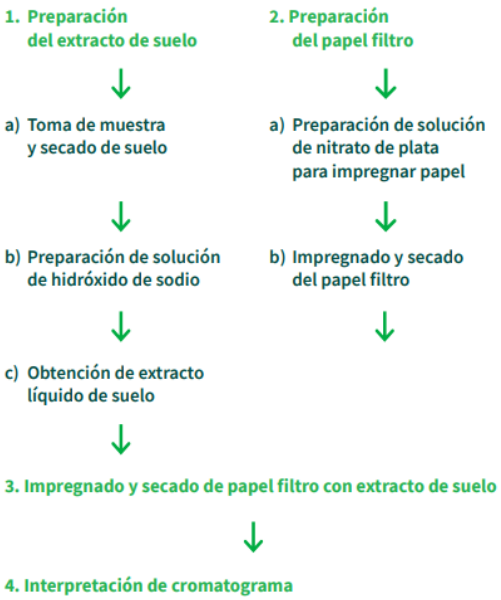


Figura 1. Etapas del procedimiento general para obtener y analizar el Cromatograma de Pfeiffer (tomado del Manual para la elaboración de cromatografía de suelos mediante el método Pfeiffer - Martínez Pérez, M. A. *et al*. 2021).

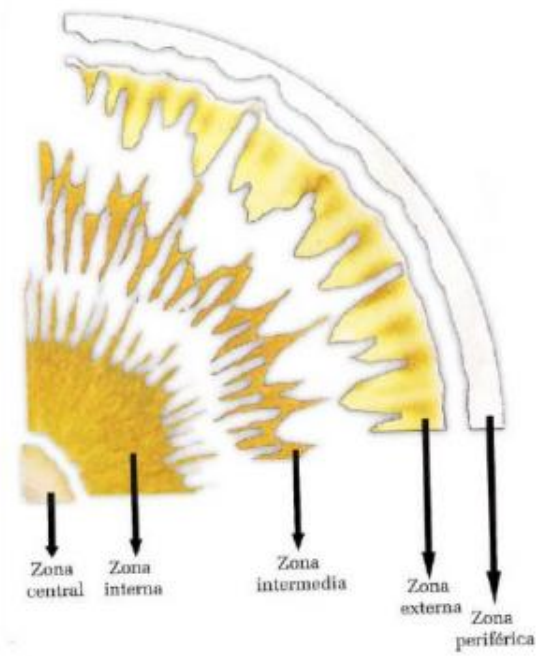


Figura 2. Zonas de interpretación del cromatograma (Restrepo y Pinheiro 2011).

Zonas de interpretación del cromatograma

Zona Central (ZC) / Zona de Aireación/Oxigenación (Zona 1**):** refleja la estructura, aireación y compactación del suelo. Una representación ideal es un color blanco cremoso, beige o amarillo con límites difusos que se integran de manera fluida con la zona adyacente. Zona Interna (ZI) / Zona Mineral (Zona 2): representa el contenido mineral y sus transformaciones. Un suelo sano mostrará una coloración cremosa que se extiende desde la zona central, integrándose armoniosamente, lo que significa minerales disponibles y procesos microbianos activos.

Zona Intermedia (ZIN) / Zona de Materia Orgánica/Proteína (Zona 3): Esta zona es indicativa de la cantidad y el estado de descomposición de la materia orgánica. Un tono dorado que se integra con otras zonas sugiere actividad biológica y un ciclo activo de la materia orgánica.

Zona Externa (ZE) / Zona Enzimática/Nutricional (Zona 4): refleja la actividad enzimática y la disponibilidad de nutrientes en el suelo. La presencia de manchas suaves, nubes onduladas o patrones ramificados y plumosos ("penacho de plumas") significa una calidad de suelo ideal, procesos biológicos activos y regeneración.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Los valores de las determinaciones analíticas (CE, pH y CO) y las características observadas en los cromatogramas (Fig. 3) se resumen en la Tabla 1.

Entre los suelos estudiados no se ven diferencias significativas entre los valores de pH y contenido de CO. En cuanto a la CE y el análisis pictográfico de los CPF se identificaron dos patrones generales:

Suelos con alta CE (5,0-7,3 dS/m, suelos 3, 2 y 1): Estos cromatogramas mostraron una amplia **zona externa pálida** (aireación) y zonas internas (enzimática) poco desarrolladas, con escasa coloración oscura. La trama radial fue tenue o ausente. Este patrón indica una limitada actividad microbiana, coincidente con suelos salinos.

Suelos con menor CE (3,0-3,3 dS/m, suelos 4 y 5): En estos casos las zonas cromatográficas fueron más nítidas e integradas, destacando tonos más marrones en la zona orgánica central y una mayor continuidad radial. Esto sugiere una presencia activa de la materia orgánica y una alta actividad biológica comparada con los suelos más salinos.

Tabla 1. Conductividad eléctrica (CE), pH, Carbono orgánico (CO%) y características observadas en los cromatogramas de Pfeiffer de los suelos analizados.

Suelo/identificación	CE (dS/m)	pH	C.O (%)	Observaciones del cromatograma Pfeiffer
1 (5/24)	7,3	7,5	2,8	Zona externa amplia y clara; casi ausencia de color en zona enzimática; sin trama radial visible. Zona interna presenta un color violáceo
2 (6/24)	6,4	7,5	2,9	Predominan tonalidades pálidas; zona orgánica poco marcada.
3 (7/24)	5,0	7,5	2,8	Zona externa clara; leve aparición de coloración verdosa en zona intermedia; escasa sombra en centro.
4 (8/24)	3,3	7,6	2.8	Zonas cromatográficas mejor definidas; tonos más acordes a una buena actividad biológica; mayor integración zonal.
5 (9/24)	3.0	7,6	2,9	Cromatograma más homogéneo; tonos marrones en zona orgánica; buena trama radial (sugiere alta biodiversidad).

Comparativamente entre ambos patrones podemos generalizar que la zona interna, en los suelos de alta CE, predominaron los colores azulados-violáceos, esta evidencia desapareció en los suelos con menor CE. Asimismo, fue disminuyendo el radio a medida que la CE se redujo. Características no deseadas en los pictogramas. Los colores que reflejan el buen estado evolutivo y saludable de los suelos como de los abonos son: amarillo, dorado, anaranjado, rojizo o marrón claro y tonalidades verdosas. Cuando en un croma encontramos la combinación de marrón claro y muy oscuro, estamos ante un proceso intermedio de desarrollo, en el cual la materia orgánica está cruda, acumulada o en etapa de maduración e integración en el abono o al suelo (Restrepo y Pinheiro, 2011).



Figura 3. Cromatogramas de Pfeiffer de los suelos estudiados de la Llanura Deprimida Salina de Tucumán.

La dinámica de la materia orgánica del suelo (MOS) en suelos salinos se puede ver afectada por la alta concentración de sales, lo que puede disminuir la actividad microbiana, alterar la estructura del suelo y limitar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. La salinidad puede influir en la biodegradación y transformación de la MOS, afectando la formación de compuestos húmicos componentes esenciales de la fertilidad química y biológica del suelo.
La cromatografía de Pfeiffer es un buen método para obtener una evaluación cualitativa holística de la salud del suelo y puede actuar como un indicador indirecto del estrés salino al reflejar sus consecuencias en la biología edáfica.

CONCLUSIONES:
La cromatografía de Pfeiffer es una técnica cualitativa valiosa y de bajo costo para evaluar la salud general del suelo, proporcionando una representación visual de la actividad biológica, el contenido de materia orgánica y el estado mineral. En el contexto de los suelos salinos de la Llanura Deprimida Salina de Tucumán, el método se revela como una herramienta útil para

identificar el impacto de la salinidad en la vitalidad del suelo, más que para reconocer la salinidad. Es decir que, para suelos con alta salinidad, se anticiparía que los cromatogramas exhibirían patrones visuales coincidentes con un suelo deteriorado y con baja actividad biológica sin ser necesariamente un buen indicador de salinidad.

BIBLIOGRAFÍA:

Barahona, L.A. & Andrade Ortiz, Y. 2023. ABI: Aplicación de cromatografía de Pfeiffer en el laboratorio de química como herramienta para el análisis de suelo de parcela. Ceiba, 56(2), P. 90–98. doi: 10.5377/ceiba.v56i2.17119.

Barros, C. E. & Silveira Franco, F. 2022. Contribuciones de la cromatografía circular de Pfeiffer en el análisis de la salud del suelo. Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr.[online]. vol.31, N°.2, pp.395-413. ISSN 0121-215X. https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n2.90067.

Cercado Quiñónez, E. A. 2021. Evaluación cualitativa de suelos de la parroquia Colonche mediante cromatografía de Pfeiffer. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 79p.

Estación Experimental Obispo Colombres (EEAOC). 2018. Suelos Productivos de Tucumán. Avance Agroindustrial N°40-1. https://www.eeaoc.gob.ar/wp-content/uploads/2019/06/avance40-1-suelos-productivos-de-tucuman.pdf.

Hernández Rodríguez, A., Ochoa Rodríguez, B., Ojeda Barrios, D., Jiménez Castro, J., Sánchez Rosales, R., Rodríguez Roque, MJ, & Sánchez-Chávez, E. 2021. Patrones para estimar la fertilidad del suelo mediante la técnica de cromatografía de Pfeiffer. REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 39. https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.844.

Martínez Pérez, M. A.,S. A. Carcoba Pérez, O. Montes Colmenares, A J. Aguilar Marquez, A Montero Díaz, J. M. Castro Reyes. 2021. Manual para la elaboración de cromatografía de suelos mediante el método Pfeiffer.

Restrepo & Pinheiro. 2011. Cromatografía imágenes de vida y destrucción del suelo. Cali, Colombia: Feriva.

LOS IONES DEL SUELO Y SU RELACION CON LA VEGETACION DE UN HUMEDAL SALINO

Barbosa, O. A.[1*]; R. S. Lavado[2]; J. Álvarez-Rogel[3]

[1] Depto de Cs. Agropecuarias, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, UNSL. Av. 25 de mayo 384, 5730 Villa Mercedes (SL), Argentina.
[2] Facultad de Agronomía - INBA, UBA. Av. San Martín 4453, 1417, Buenos Aires, Argentina.
[3] Depto de Tecnología y Ciencia Agraria, ETSIA, UPCT, Cartagena, España.
* baldibarbosa@yahoo.com.ar

RESUMEN: La salinidad es una limitación ambiental que afecta a las características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas y moleculares de los vegetales. Las causas son efectos osmóticos, toxicidad y desequilibrios nutricionales. Cada especie presenta diferente tolerancia a las sales, siendo un factor determinante el mantenimiento de las relaciones potasio (K^+) / sodio (Na^+) y calcio (Ca^{2+}) / Na^+ óptimas. En un humedal salino las especies se distribuyen siguiendo patrones de salinidad, pero la distribución de la vegetación no siempre se relaciona claramente con determinaciones como la conductividad eléctrica (CE) y otras. Se intentó incrementar el conocimiento de las causas de la distribución de diferentes especies en un humedal salino. Se vincularon las relaciones iónicas y se establecieron las estrategias de las especies representativas de distintas comunidades para prosperar en medios salinos. Se trabajó en la depresión "Bajo Las Saladas", ubicada al norte de Villa Mercedes (San Luis). El humedal está integrado por los subpaisajes denominados sector alto y sector bajo, en todos los casos con salinidad en superficie. En el primer subpaisaje, los suelos son Ustortentes típicos y la vegetación es dominada por especies del género *Atriplex*. El sector bajo, con suelos. Epiacuentes típicos, presenta parches dominados por *Sarcocornia neei* y praderas halófilas dominadas por *Distichlis spicata.* Se ubicaron parcelas en cada tipo de vegetación, se determinaron biomasa seca y los contenidos de Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ y K^+ en extractos foliares de dichas especies, en plena época de crecimiento. Asimismo, por cada parcela se tomaron muestras de suelos (0-20 cm) para determinar su CE y su contenido de iones (en extracto 1:5). Las características edáficas no siempre explican el ordenamiento de la vegetación. Por el contrario, las relaciones iónicas de las distintas especies tendrían importancia en este sentido y deberían seguir siendo exploradas. Las proporciones y relaciones iónicas en los tejidos permiten comprender las estrategias de las especies frente a elevadas concentraciones salinas. *Atriplex ondulata*. transporta las sales y las concentra en las hojas por donde las secreta, *Sarcocornia neei* tolera altas concentraciones de sales en su interior y no gasta energía en excluirlas. *Distichlis spicata* excluye el Na^+ a través de glándulas. Estas proporciones y relaciones iónicas en los tejidos y las estrategias de las diferentes especies a la salinidad podrían representar una herramienta más exacta para explicar la distribución de los diferentes tipos fisonómicos.

PALABRAS CLAVE: relación K^+/Na^+, selectividad K^+, plantas halófitas

INTRODUCCIÓN:

La presencia de sales en el suelo es una de las principales limitaciones ambientales que afectan a las plantas. La salinidad afecta numerosas características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas y moleculares, por efecto del estrés osmótico, la toxicidad iónica y los desequilibrios nutricionales (Yadav *et al.,* 2020). Cada especie, sus cultivares o poblaciones presentan diferente tolerancia a las sales y un factor determinante de la tolerancia frente al estrés salino, es el mantenimiento de las relaciones potasio (K^+) / sodio (Na^+) y calcio (Ca^{2+}) / Na^+ óptimas (Tao *et al.,* 2021). Desde hace años se ha resaltado que pueden ser más importantes las razones iónicas K^+/Na^+, Ca^{2+}/Na^+ y Ca^{2+}/Mg^{2+} del suelo que la salinidad total de éste (Reimann & Breckle, 1993, 1995). De igual manera, se ha demostrado que la disponibilidad de Ca^{2+} contribuye a la tolerancia a la sal de las plantas. Alcaraz Ariza *et al*. (1998), indicaron que la ratio Ca^{2+}/Na^+ puede ser más importante para la distribución de la vegetación que la propia salinidad total. Además de su vinculación con la tolerancia a la salinidad, estas relaciones contribuyen a comprender las estrategias de las diferentes especies frente a elevadas concentraciones salinas del suelo.

La mayoría de las plantas presentan antagonismo K^+/Na^+ en suelos salinos; sin embargo, la exclusión de Na^+ de raíces y tallos y/o la absorción preferencial de K^+ ayudan a mantener una proporción K^+/Na^+ alta (Oi *et al*., 2022). Otros mecanismos son la compartimentación y acumulación de Na^+ en células o tejidos especiales (Munns & James, 2003; Møller *et al.,* 2009). Las plantas requieren K^+ en grandes cantidades para su metabolismo, mientras que la función del Na^+ no es actuar como un nutriente para la mayoría de las especies de plantas, sino actuar en el balance iónico (Shabala, 2003).

Las monocotiledóneas y las dicotiledóneas halófitas presentan diferentes respuestas frente a la salinidad. Esto se han atribuido a diferencias en el contenido de agua y, por lo tanto, en el volumen vacuolar. Las dicotiledóneas pueden mantener proporciones más altas de Na^+ y Na^+/K^+ en los tallos porque pueden almacenar la mayor parte del Na^+ en las vacuolas y requieren relativamente poco K^+ para el metabolismo citosólico, mientras que las monocotiledóneas pueden tener menos capacidad de almacenamiento de Na^+ y requieren más K^+ y ósmosis compatible para los compartimentos citosólicos (Test & Davenport, 2003). La absorción selectiva de K^+, reflejada en la relación entre la proporción K^+/Na^+ de la planta y la proporción K^+/Na^+ del suelo, desempeña un papel fundamental en la tolerancia a la sal (Almeida *et al.,* 2017). Muchas especies excluyen el Na^+ y mantienen alta la selectividad para la captación y transporte de K^+, y en esos casos la excreción de iones tóxicos es de importancia menor (Tattini & Gucci, 1999).

En los humedales salinos las especies se distribuyen siguiendo los patrones de salinidad del suelo, conjuntamente con sus habilidades de supervivencia. Sin embargo, en un trabajo previo, Barbosa *et al.* (2022) observaron que la distribución de la vegetación de un humedal salino no siempre se relacionaba claramente con las determinaciones analíticas efectuadas regularmente en la ciencia del suelo (CE, pH, RAS, y otras). En cambio, la presencia de las distintas comunidades se vinculaba más con la profundidad de la capa freática. Intentando explicar las causas de esta distribución de especies en un humedal salino, nuestro objetivo fue vincular las relaciones iónicas de los suelos y las especies representativas de distintas comunidades, y establecer las estrategias de ellas para prosperar en esas condiciones extremas.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El trabajo se llevó a cabo a 7 km al norte de la ciudad de Villa Mercedes (San Luis) en la depresión "Bajo Las Saladas" (33º 37´ S y 65º 25´ W) con una superficie aproximada de 87,2 ha. Las condiciones del clima semiárido y las características de los suelos franco arenosos fueron publicadas previamente (Barbosa *et al.,* 2022).

El humedal está integrado por los subpaisajes denominados sector alto y sector bajo, en todos los casos con salinidad en superficie. En el primer subpaisaje, los suelos son Ustortentes típicos (pH entre 8,1 y 8,4; CE entre 5,6 y 9,5 dS m^{-1}; profundidad de la freática entre 50 y 141 cm; Eh entre 378 y 419 mV), y la vegetación es dominada por dos especies, *Atriplex undulata* y *Atriplex lampa* casi en la misma proporción (en el estudio se eligió la primera ya que es la especie que más se desarrolla en San Luis). Continua el sector bajo con suelos Epiacuentes típicos, donde se presentan varios tipos fisonómicos de vegetación: los parches dominados por *Sarcocornia neei* (con pH entre 8,6 y 9,6; CE entre 16,8 y 24,4 dS m^{-1}; profundidad freática entre 3 y 80 cm; Eh entre 402 y 449 mV), las praderas halófilas abiertas y densas, dominadas por *Distichlis spicata* (pH entre 8,5 y 9,8; CE entre 14,4 y 26,3 dS m^{-1}, profundidad freática entre 12 y 84 cm; Eh entre 313 y 419 mV), (Barbosa, 2020).

Se ubicaron 3 parcelas en cada tipo fisonómico de vegetación, de 9 por 9 metros, en lugares sin pastoreo. En la vegetación de las mismas, se estimó la biomasa seca total, a través de tres cortes seleccionados al azar, en un área de 0,50 m^2 y se determinaron los contenidos de iones (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ y K^+, en extractos ácidos de hojas de la especie dominante), en tres muestras dentro de las parcelas determinadas en plena época de crecimiento.

Asimismo, se tomaron tres muestras suelos (hasta 20 cm de profundidad) en la misma época, para determinar su conductividad eléctrica (CE) y su contenido de iones (en extracto 1:5, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ y K^+) por cada parcela.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis ANOVA de medidas repetidas y posterior test de Bonferroni ($p \leq 0,05$). Este fue utilizado ya que el número de observaciones en cada nivel no fue el mismo, ya que los datos de *Distichlis* en praderas halófilas densas y abiertas se reunieron.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

En la tabla 1 se observa la biomasa seca determinada para cada especie estudiada. Los datos en kg ha^{-1} muestran a *Sarcocornia neei* como la especie con menor biomasa; *Distichlis spicata* se encuentra intermedia, si bien es la que posee la mayor desviación estándar debido a que se presenta dominando las praderas halófilas con características abiertas y densas. *Atriplex undulata* presenta la mayor acumulación de biomasa.

Tabla 1. Promedio de Biomasa seca (kg ha^{-1}). Letras diferentes indican diferencias significativas (Bonferroni, p<0,05).

Especie	Biomasa seca (kg ha^{-1})
Sarcocornia neei	540,0 a
Distichlis spicata	680,4 a
Atriplex undulata	1350,6 b

En la tabla 2 se presentan las concentraciones iónicas determinadas en el suelo de la zona radical de cada especie, siendo el Na^+ el catión mayoritario con marcada diferencia sobre los demás iones en los suelos de las tres especies. Las concentraciones de Na^+ más elevadas se registraron en los parches de *Sarcocornia neei*. Las praderas de *Distichlis spicata* tuvieron concentraciones medias, algo inferiores, y los suelos bajo *Atriplex undulata* las más bajas. El segundo catión más abundante fue el K^+. El Ca^{2+} ocupó el tercer lugar en orden de abundancia. Por último, el Mg^{2+} fue el ión menos abundante.

Tabla 2. Valores máximos y mínimos (mg kg^{-1} de suelo seco) para los iones medidos en la zona radical para cada especie estudiada. Letras diferentes indican diferencias significativas (Bonferroni, p<0,05).

Especie	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Distichlis spicata	6106-4542 b	113-86 a	47-32 a	23-13 a
Sarcocornia neei	8913-6934 c	234-185 b	46-37 a	41-31 b
Atriplex undulata	2358-1782 a	115-93 a	52-39 b	22-18 a

En la Tabla 3 se observa las concentraciones iónicas en las hojas de las especies dominantes estudiadas. En general, las concentraciones foliares de Na^+ aumentan con el incremento en la salinidad, mientras que las concentraciones de K^+, Ca^{2+} y Mg^{2+} son claramente menores, registrándose diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los casos. En detalle, las plantas presentaron patrones de acumulación diferentes para los distintos iones. Las hojas de *Atriplex undulata* acumularon más iones, particularmente Na^+ que *Sarcocornia* y ésta más que *Distichlis.*

Mantinzadeh *et al.* (2019) encontraron en especies similares (*Salicornia iranica* y *S. sinuspersica, y Atriplex canescens* y *A. leucoclada*), contenidos de cationes dentro del mismo orden de magnitud o aún mayores.

Las Figuras 1 y 2 muestran las relaciones K^+/Na^+ y Ca^{2+}/Na^+ en las hojas de las tres especies. Se presentan las estrategias de tolerancia a la salinidad: en *Distichlis* la relación K^+/Na^+ tiende a disminuir, en *Atriplex* tiende a aumentar y en Sarcocornia no hay ninguna tendencia con respecto a la salinidad (CE, dS m^{-1}). La relación Ca^{2+}/Na^+ también tiende a disminuir en *Distichlis* y en *Sarcocornia*, mientras para *Atriplex* no se observa tendencia. Las relaciones entre estos cationes en el suelo (datos no mostrados), coinciden en general con las encontradas en la vegetación.

Tabla 3. Valores máximos y mínimos (mg kg^{-1} de materia seca) medidos en las partes aéreas de las especies analizadas en los tipos fisonómicos de vegetación.

Especie	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
Distichlis spicata	31560-13410 a	4988-3421 b	424-161 a	297-139 a
Sarcocornia neei	55864-41083 b	3851-2444 a	501-293 b	475-303 b
Atriplex undulata	79805-60375 c	9790-7087 c	852-587 c	651-495 c

Los ajustes de ambas relaciones iónicas muestran, en general, mayor ajuste para *Distichlis* (R^2 de 0,71 y 0,62 respectivamente), *Atriplex* (R^2 de 0,66 y 0,13 respectivamente), mientras *Sarcocornia* presento valores de R^2 de 0,0 y 0,37.

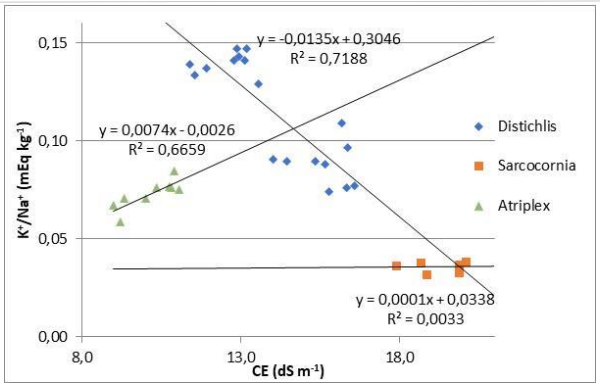


Figura 1. Relación K^+/Na^+ (mEq kg^{-1}) en las hojas de las tres especies dominantes con respecto a la salinidad (CE, en dS m^{-1}). Las fórmulas indican los ajustes lineales y los R^2 de cada una de estas especies.

La selectividad del K^+ en la biomasa aérea (Figura 3) tiende a aumentar a medida que aumenta la salinidad, para *Atriplex* y levemente para *Sarcocornia*, mientras disminuye en *Distichlis*. Por el contrario, la selectividad del Ca^{2+} no varió significativamente.
Los ajustes lineales de esta selectividad muestran que Distichlis presenta el mayor R^2 (0,60), *Atriplex* el intermedio (0,42) y *Sarcocornia* el menor (0,36).
Las relaciones K^+/Na^+ y Ca^{2+}/Na^+ disminuyen, como es habitual, en plantas sometidas a salinidad (Oi *et al*., 2022; Nleya *et al*., 2024), pero la selectividad K^+ indicó la capacidad de acumulación de K^+ en los tejidos vegetales de las distintas especies. La capacidad de las plantas para excluir Na^+ o aumentar la concentración de K^+ en la biomasa radicular y aérea, conduce a mantener una relación K^+/Na^+ adecuada en los tejidos para soportar los efectos de la salinidad en el crecimiento de las plantas (Tao *et al.,* 2021). La influencia conocida de Ca^{2+}/Na^+ en el crecimiento de las plantas en condiciones salinas no fue clara ni definitiva en el presente caso.
Se puede observar que las proporciones y relaciones iónicas en los tejidos vegetales son una manera de comprender las estrategias de las diferentes especies a las elevadas concentraciones salinas del medio en el que se desarrollan. Se demuestra que *Atriplex spp*. acumula Na^+ y tiene capacidad selectiva para acumular K^+, transportando las sales en las hojas por donde las secreta a través de Tricomas (Malpassi *et al.*, 2004). *Sarcocornia neei* también posee capacidad selectiva para acumular K^+, pero presenta una clara estrategia de tolerar las altas concentraciones de sales en su interior y no gasta energía en excluirlas. *Distichlis spicata* no presenta selectividad frente al K^+ y tiene la estrategia de excluir el Na^+ a través de glándulas que secretan sal al exterior en forma similar a *Atriplex* (Barbosa, 2020).

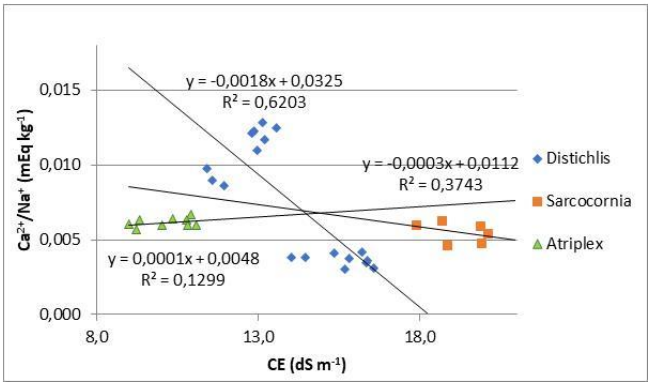


Figura 2. Relación Ca^{2+}/Na^+ (mEq kg^{-1}) en las hojas de las tres especies dominantes con respecto a la salinidad (CE, en dS m^{-1}). Las fórmulas indican los ajustes lineales y los R^2 de cada una de estas especies.

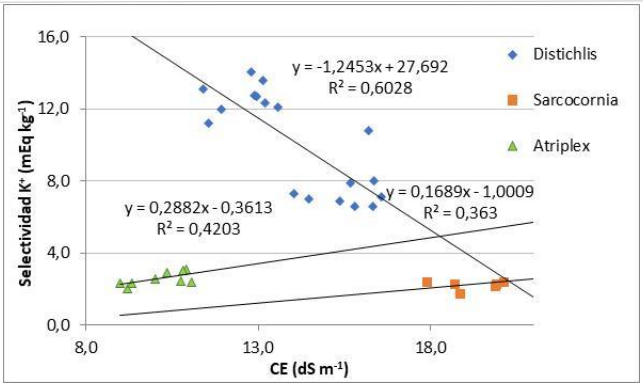


Figura 3. Selectividad K^+ (mEq kg^{-1}) en las hojas de las tres especies dominantes con respecto a la salinidad (CE, en dS m^{-1}). Las fórmulas indican los ajustes lineales y los R^2 de cada una de estas especies.

CONCLUSIONES:

Un mismo suelo sostiene varios tipos fisionómicos, lo cual indica que las características edáficas que ordenan la vegetación no surgen claramente de los análisis y determinaciones efectuadas regularmente en la ciencia del suelo. Por el contrario, las relaciones iónicas de las distintas especies tendrían importancia en este sentido y deberían seguir siendo exploradas. Estas proporciones y relaciones iónicas en los tejidos son una manera de comprender las estrategias de las diferentes especies frente a las elevadas concentraciones salinas del medio y podrían representar una herramienta más exacta para explicar la separación de los diferentes tipos fisonómicos.

BIBLIOGRAFÍA:

Alcaraz Ariza F, J Álvarez-Rogel, R Ortiz Silla & N Vela de Oro. 1998. The role of salt tipology and ionic balance in the zonation of halophytic vegetation: example of a salt marsh in SE Spain. 16 th World Congress of Soil Science. 20 al 26 de agosto, Montepellier, Francia.

Almeida DM, MM Oliveira & NJ Saibo. 2017. Regulation of Na^+ and K^+ homeostasis in plants: towards improved salt stress tolerance in crop plants. Genetics and molecular biology, 40(1 suppl 1):326-345.

Barbosa OA. 2020. Relaciones entre los tipos fisonómicos de vegetación y los suelos de un bajo salino del centro este de San Luis (Argentina). Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Rio Cuarto (UNRC). 450 p.

Barbosa OA, J Álvarez-Rogel, RS Lavado & DA Riscosa. 2022. Variaciones estacionales de salinidad y humedad y su influencia en la génesis de los suelos de un humedal salino del centro de San Luis. Ciencia de Suelo, 40 (1): 237-256.

Malpassi R, M Grosso & S Basconsuelo. 2004. Capítulo 7: Anatomía ecológica. Bianco CA, TA Kraus & AC Vegetti (Ed.). La Hoja. Morfología externa y anatomía. 199 pp.

Matinzadeh Z, H Akhani, M Abedi & S Palacio. 2019. The elemental composition of halophytes correlates with key morphological adaptations and taxonomic groups. Plant Physiology and Biochemistry, 141:259-278.

Møller IS, M Gilliham, D Jha, GM Mayo, SJ Roy, JC Coates, J Haseloff & M Tester. 2009. Shoot Na^+ exclusion and increased salinity tolerance engineered by cell type-specific alteration of Na^+ transport in Arabidopsis. Plant Cell, 21:2163-2178.

Munns R & RA James. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil, 253:201-218.

Nleya T, SA Clay, L Perkins & C Mertz. 2024. Plant Reponses to Salt Stress. In Salinity and Sodicity, A Global Challenge to Food Security, Environmental Quality, and Soil Resilience. Eds. Clay, DE; DeSutter, TM; Clay, SA; Nleya, T. Copublication by ASA/ CSSA/ SSSA and Wiley & Sons, Inc. Madison, WI. p. 73-83.

Oi T, PI Clode, M Taniguchi, TD Colmer & L Lukasz Kotula. 2022. Salt tolerance in relation to elemental concentrations in leaf cell vacuoles and chloroplasts of a C_4 monocotyledonous halophyte. Plant, Cell and Environment: 45 :1490-1506. doi.org/10.1111/pce.14279.

Reimann C. & S.W. Breckle. 1993. Sodium relations in *Chenopodiaceae*: a comparative approach. Plant, Cell and Environment, 16:323-328.

Reimann C. & S.W. Breckle. 1995. Salt tolerance and ion relations of *Salsola kali* L.: differences between ssp. *tragus* (L.) Nyman and ssp. *ruthenica* (Iljin) Soó. New Phytologist, 130:37-45.

Shabala S. 2003. Regulation of potassium transport in leaves: from molecular to tissue level. Ann. Bot., 92:627-634.

Tao R, J Ding, C Li, X Zhu, W Guo & M Zhu. 2021. Evaluating and Screening of Agro-Physiological Indices for Salinity Stress Tolerance in Wheat at the Seedling Stage. Front. Plant Sci., 30 Sec. Plant Abiotic Stress. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.646175.

Tattini M & R Gucci. 1999. Ionic relations of *Phillyrea latifolia* L. plants during NaCl stress and relief from stress. Canadian Journal of Botany, 77:969-975.

Test M. & R Davenport. 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants.Annals of Botany, Volume 91 (5):503-527. https://doi.org/10.1093/aob/mcg058.

Yadav S & N Atri. 2020. Impact of Salinity Stress in Crop Plants and Mitigation Strategies. In: Amitava R, Sing HB, Singh AK, Singh US, Fraceto L, editors. New Frontiers in Stress Management for Durable Agriculture. Singapore. Springer Nature. p 49-64.

MAPA DE SUELOS SEGÚN SU CAPACIDAD DE USO EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Barragán, M.[1*]; M. Barraco[2]; C. Alvarez[3]

[1] INTA AER Lincoln.
[2] INTA EEA General Villegas.
[3] INTA AER General Pico.
* barragan.mariano@inta.gob.ar

RESUMEN: El noroeste de la provincia de buenos aires se halla dentro de la "Pampa Arenosa", es una región subhúmeda, comprendida dentro de una gran cuenca arreica, de escasa pendiente. La dinámica hídrica se caracteriza por un deficitario escurrimiento superficial, predominando los movimientos verticales del agua. En épocas lluviosas favorece el ascenso de la napa freática y eventuales inundaciones, en épocas de alta demanda atmosférica ocurren procesos de salinización por evaporación en la superficie del suelo en ciertas posiciones del relieve. La región de estudio se conforma por un mosaico heterogéneo de diferentes tipos de suelos que van desde aquellos con mayor potencial, sin limitaciones productivas, más apropiados para la producción agrícola y los suelos de menor potencial, con algunas o severas limitaciones productivas generalmente destinados a la producción ganadera.
El área estudiada comprende aproximadamente 4,5 millones de hectáreas, el 55.9% de esa superficie está ocupada por suelos de capacidad de uso IV a VII, con algún tipo de limitante.
Esta característica requiere estrategias de manejo adecuada en estos tipos de suelos, favoreciendo su conservación, mitigando procesos de degradación, obteniendo mejores rendimientos productivos que achiquen las brechas productivas.

PALABRAS CLAVE: suelos, capacidad de uso, pampa arenosa.

INTRODUCCIÓN:

El presente trabajo se realizó con el objetivo de caracterizar y cuantificar la distribución y participación absoluta y relativa de los diferentes tipos de suelos según su capacidad de uso en el territorio de influencia de la EEA INTA General Villegas, comprendida por 13 partidos ubicados en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. La zona se caracteriza por una incidencia cíclica de inundaciones y de sequías (Alconada Magliano *et al.,* 2009). Los suelos de la región noroeste de la provincia de buenos aires se caracterizan por conformar un mosaico heterogéneo alternando suelos de buena capacidad productiva con suelos que presentan limitaciones para la producción en los principales cultivos agrícolas. En sectores deprimidos o con mal drenaje, y con napas salinas por concentraciones de la misma y tipos de sales, la acumulación de las mismas puede generar suelos salino-sódicos que afectan la estructura del suelo, disminuyen la infiltración y provocan toxicidad para las plantas (Álvarez y Rogel, 2022). Las series nodales de suelos con mayor participación en la región están representadas por Hapludoles típicos, Hapludoles thapto-argicos, Hapludoles enticos y en menor medida Ustipsamentes típicos (Barraco 2009).
A partir de la utilización de herramientas GIS (Sistemas de Información Geográfica) se analizaron distintas capas de información y se cuantificó el área absoluta/relativa ocupada por distintos tipos de suelos, enfocando un análisis más detallado sobre aquellos suelos comprendidos en el rango que va desde clase IV a clase VII que determinan condiciones limitantes en las producciones agrícola/ganadera, afectando el desarrollo de los principales cultivos de la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Para abordar el análisis y cuantificación territorial de suelos representativos de la zona de influencia de la EEA General Villegas se implementaron herramientas en entorno GIS (sistemas de información geográfico) utilizando principalmente el software Q-Gis para el procesamiento y análisis de imágenes satelitales (archivos ráster) e información georreferenciada (archivos vectoriales). QGis es de licencia abierta y permite analizar en simultáneo diferentes capas con información geoespacial.

Las capas utilizadas fueron:

- Mapas digitalizados de la Carta de Suelos de la República Argentina (INTA, 1993) Escala 1:50000, en formato shape (.shp). Analizando la tabla de atributos se filtró y seleccionó las unidades cartográficas en función de la capacidad de uso (I a VIII)
- Recurrencia de agua en superficie o riesgo hídrico, en el periodo comprendido entre los años 1996-2023. A partir de imágenes satelitales de la misión LANDSAT 7,8 y 9. Resolución espacial de 30 metros x 30 metros de pixel. Se incorporaron al stack (apilado temporal) de procesamiento, dos imágenes por año, en dos épocas del año invierno (junio-julio) y verano (diciembre-enero) Se realizaron clasificaciones supervisadas para determinar la cobertura y/o ocupación del suelo en esos dos momentos del año, haciendo énfasis en la clase "Agua Superficial". Este análisis se realizó con el objetivo de validar la recurrencia hídrica y la distribución geoespacial de los suelos de capacidad de uso VI y VII. (elaboración propia)
- Límite de Partidos de la provincia de Buenos Aires en formato shape (.shp) de la plataforma de geo servicios de IDERA (IGN).
- Imágenes satelitales de Google Earth.

El análisis y la cuantificación de superficies se realizó mediante operadores algebraicos y de modelación de atributos, utilizando los algoritmos que ofrece el software QGIS. El SRC (sistema de referencia de coordenadas) seleccionado fue POSGAR 94 Argentina 5.

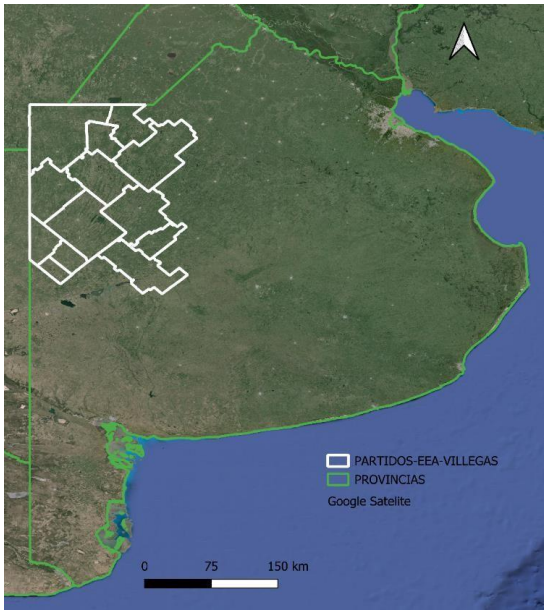


Figura 1. Ubicación geográfica y representación de limites departamentales de los partidos comprendidos en la EEA-Gral. Villegas, Limites interprovinciales.

Tabla 1. Partidos del área de influencia del INTA EEA General Villegas y su superficie.

PARTIDO	SUPERFICIE (Hectáreas)
Carlos Tejedor	391673,80
Daireaux	382646,23
Florentino Ameghino	181299,35
General Pinto	254375,39
General Villegas	725115,71
Hipólito Yrigoyen	164626,14
Lincoln	578259,37
Pehuajó	452528,40
Pellegrini	182312,60
Rivadavia	396287,22
Salliqueló	79768,71
Trenque Lauquen	550804,09
Tres Lomas	125509,97
TOTAL	4465206,98

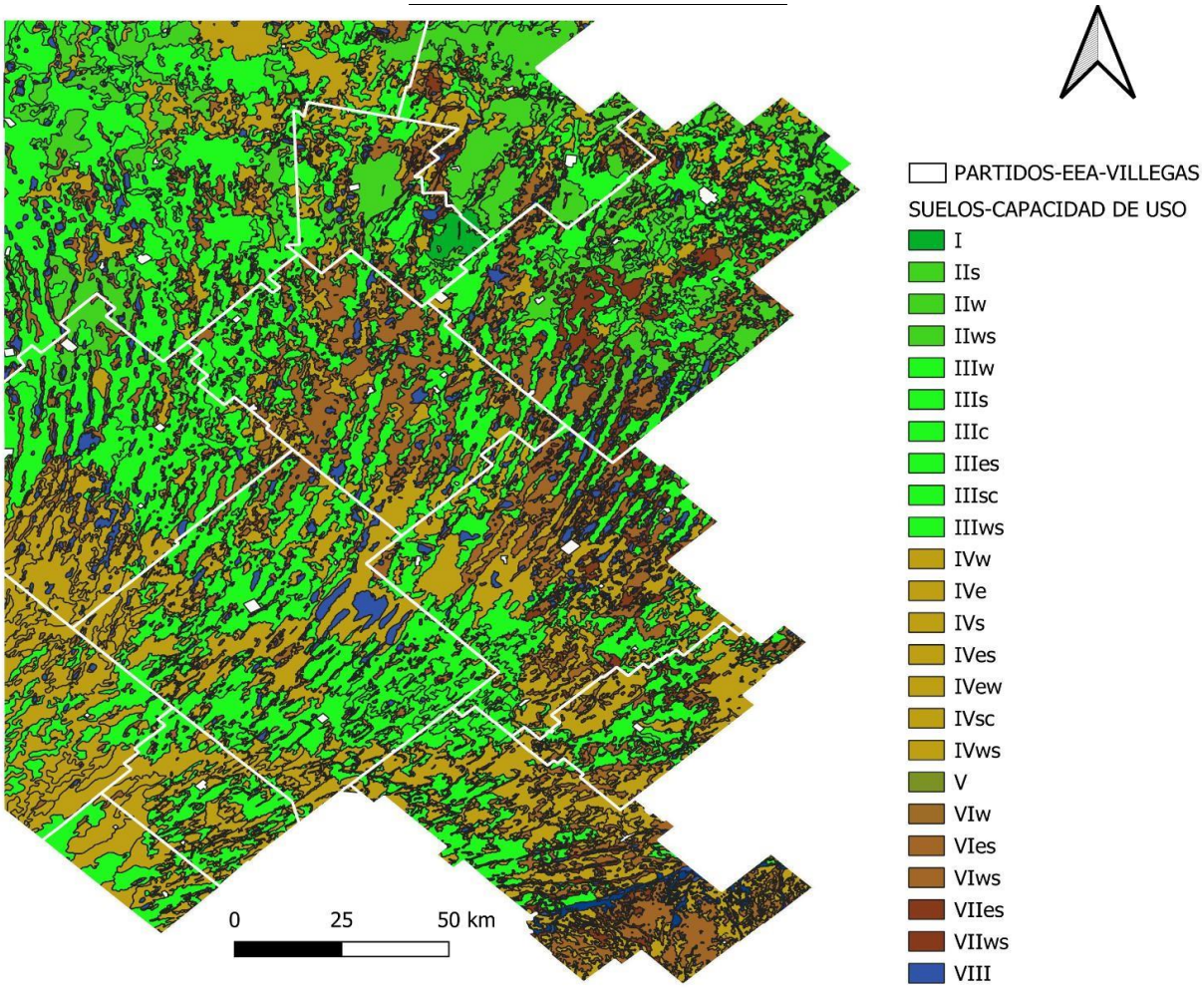


Figura 2. Distribución geoespacial de las diferentes unidades cartográficas según la capacidad de uso de suelo, correspondiente a los 13 partidos de influencia de la EEA-General Villegas.

Tabla 2. Detalle de la superficie de suelos según su capacidad de uso y su participación relativa respecto del total de la superficie que comprende el territorio de influencia de la EEA INTA General Villegas.

CAPACIDAD DE USO	SUPERFICIE (ha)	%
I	14933	0,34
IIs	281240	6,34
IIw	125399	2,83
IIws	21024	0,47
IIIc	5123	0,12
IIIes	381854	8,61
IIIs	524291	11,82
IIIsc	11965	0,27
IIIw	58615	1,32
IIIws	531782	11,99
IVe	303403	6,84
IVes	243991	5,50
IVew	79	0,00
IVs	92847	2,09
IVsc	19255	0,43
IVw	100632	2,27
IVws	650127	14,66
V	204642	4,61
VIes	29335	0,66
VIw	1432	0,03
VIws	521385	11,75
VIIes	3914	0,09
VIIws	131886	2,97
VIII	176429	3,98
TOTAL	4435596	100,00

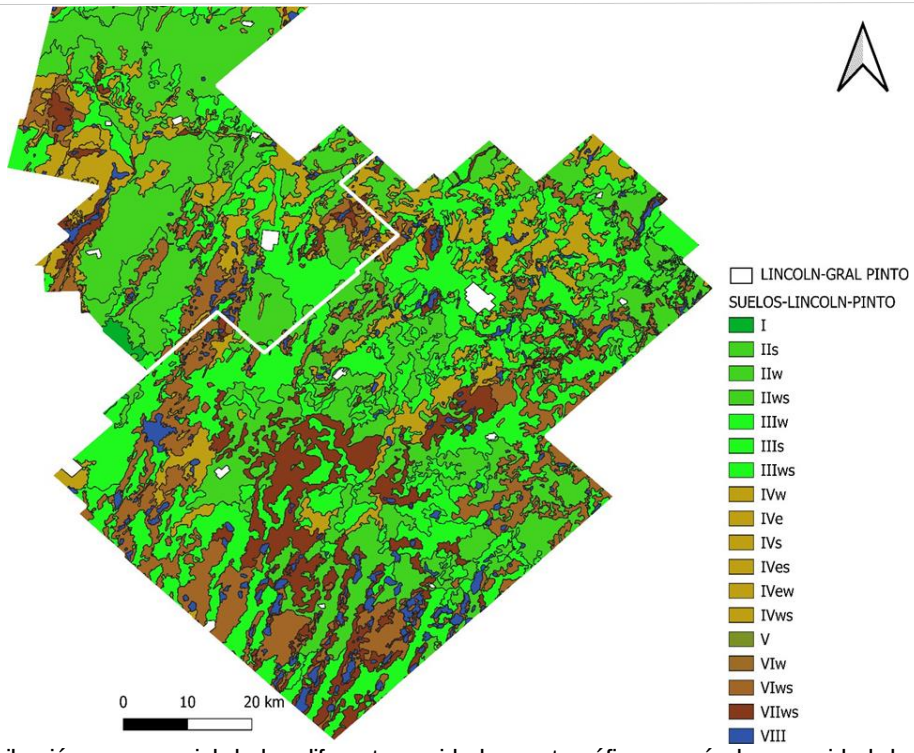


Figura 3. Distribución geoespacial de las diferentes unidades cartográficas según la capacidad de uso de suelo; correspondiente al partido de Lincoln y General Pinto.

Tabla 3. Detalle de la superficie de suelos según su capacidad de uso y su participación relativa respecto del total de la superficie de los partidos de Lincoln y General Pinto.

CAPACIDAD DE USO	SUPERFICIE (ha)	%
I	1229	0,1
IIs	72604	8,8
IIw	120016	14,5
IIws	14573	1,8
IIIs	103097	12,5
IIIw	13065	1,6
IIIws	124676	15,1
IVe	15170	1,8
IVes	6505	0,8
IVew	3986	0,5
IVs	34437	4,2
IVw	60139	7,3
IVws	123050	14,9
V	232	0,03
VIw	13872	1,7
VIws	53865	6,5
VIIws	40475	4,9
VIII	24742	3,0
TOTAL	825734	100,0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

En el área de influencia de la EEA General Villegas abarca aproximadamente 4,5 millones de hectáreas el 55% es ocupada por suelos que presentan algún tipo de limitación.

Tabla 4. Agrupamiento y discriminación de superficie parcial de suelos sin limitantes o ligeras limitaciones (clase I a III) y suelos con limitantes o limitantes severas (clase IV a VIII) para la zona de influencia de la EEA-INTA General Villegas

CAPACIDAD DE USO	SUPERFICIE (ha)	%
I - III	1956230	44,10
IV - VIII	2479365	55,90
TOTAL	4435596	100,00

El área de influencia de la AER Lincoln abarca 825734 ha. En esa superficie los suelos con limitantes productivas representan el 45% del total, de los partidos de Lincoln y General Pinto.

Tabla 5. Agrupamiento y discriminación de superficie parcial de suelos sin limitantes o ligeras limitaciones (clase I a III) y suelos con limitantes o limitantes severas (clase IV a VIII) para los partidos de Lincoln y General Pinto.

CAPACIDAD DE USO	SUPERFICIE (ha)	%
I - III	449260	54.4
IV - VIII	376474	45.6
TOTAL	825734	100

CONCLUSIONES:

En el noroeste de la provincia de buenos aires los suelos con limitantes productivas tienen una participación relevante, ocupando aproximadamente la mitad de todo el territorio. Este aspecto debe ser considerado a la hora planificar el manejo de los recursos en los sistemas productivos de la región. Es importante generar estrategias que apuntes a obtener buenos logros productivos, disminuyendo las brechas de rendimiento, conservando el recurso suelo y mitigando procesos de degradación.

BIBLIOGRAFÍA:

Alconada M. y Lanfranco J., 2020. Suelo en el paisaje. Universidad Nacional de La Plata. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Argentina.

Álvarez-Rogel, J. B., (2022). La variabilidad de la salinidad y humedad en la génesis de suelos de un humedal. Ciencia del Suelo, 40(2), 237-249.

Barraco M., 2009. Productividad de soja según propiedades edáficas de Hapludoles de la región de la Pampa Arenosa. Tesis de Maestría. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Cartas de Suelos de la República Argentina ISSN 0327-781X., 1993. Centro de Investigaciones de recursos Naturales. Instituto de Suelos área de Investigación en Cartografía de Suelos y Evaluación de Tierras. INTA

ESTIMACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL EXTRACTO DE SATURACIÓN A PARTIR DE MÉTODOS ALTERNATIVOS EN SUELOS DEL CENTRO ESTE DE CÓRDOBA

Bauk, L.[1*]; C. Milán[1*]

[1] I.A.P. Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Nacional de Villa María, Arturo Jauretche 1555, Villa María, (5903), Córdoba.
* lbauk@unvm.edu.ar, cmilan@unvm.edu.ar

RESUMEN: En el centro-este de la provincia de Córdoba, la presencia de suelos con características sódicas y dispersivas plantea necesidades específicas para la evaluación precisa de la salinidad. La medición de la conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe) es el método de referencia para diagnosticar la salinidad del suelo; sin embargo, su aplicación presenta dificultades debido al tiempo, volumen de muestra requeridos, así como al uso de instrumentos complejos para la obtención de extractos de pasta saturada mediante filtrado al vacío. Este estudio tuvo como objetivo validar el uso de la centrífuga como método alternativo para la obtención del extracto de saturación y encontrar ecuaciones que permitan estimar la conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe) a partir de la conductividad eléctrica en suspensión 1:2,5 ($CE_{1:2,5}$). Se analizaron 43 muestras de suelos de diferentes profundidades (0–20 cm, 20–40 cm y 40–60 cm) con texturas franco limosa, franca y franco arcillo limosa. Se compararon los valores de CEe obtenidos por filtración al vacío y por centrifugación, encontrándose una correlación muy alta (r = 0,99). La ecuación CEe = 0,15 + 0,91 × CEc mostró un buen ajuste (R^2 = 0,97), confirmando que la centrífuga es una alternativa válida. Posteriormente, se ajustaron modelos de regresión para estimar CEe a partir de $CE_{1:2,5}$. El modelo general mostró buena precisión (R^2 = 0,92), aunque se mejoró significativamente al analizar los datos particionados por profundidad: (0–20 cm) CEe = 5,51 × $CE_{1:2,5}$ – 0,18 (R^2 = 0,96) y (20–60 cm) CEe = 4,98 × $CE_{1:2,5}$– 0,10 (R^2 = 0,94). Los resultados obtenidos permiten concluir que el uso de la centrífuga constituye una alternativa válida para reemplazar la filtración por vacío en suelos dispersivos, y que la $CE_{1:2,5}$ es un predictor confiable de la CEe, especialmente considerando la profundidad de muestreo. Estas herramientas ofrecerán a laboratorios y asesores agropecuarios una base más precisa para la interpretación de la salinidad y la toma de decisiones en el manejo productivo de estos suelos.

PALABRAS CLAVE: salinidad del suelo, centrifugación, suelos dispersivos

INTRODUCCIÓN:

En la provincia de Córdoba, aproximadamente 28.000 km² (2.803.000 ha) de suelos presentan afección sódica, de los cuales 93.000 ha se encuentran en el departamento San Martín (INTA, 1993). Estos suelos se caracterizan por una alta variabilidad espacial, evidenciada en el crecimiento desigual de cultivos y pasturas, un fenómeno conocido como "manchoneo". La principal causa de esta irregularidad es la variación en la profundidad a la que se encuentran el sodio de intercambio y/o las sales, cuyas concentraciones superan los umbrales de tolerancia establecidos para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas. Diagnosticar las causas de esta variabilidad espacial dentro de un lote implica realizar mediciones en una gran cantidad de sitios de muestreo, lo cual resalta la necesidad de investigar y desarrollar técnicas de evaluación que sean rápidas, simples y de bajo costo. (Bonadeo *et al*., 2006, Milán, 2016).

En cuanto a la caracterización y evaluación de la salinidad del suelo se realiza mediante la medición de la conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe), método que permite considerar el efecto de la textura del suelo al integrar la cantidad de agua necesaria para formar la pasta saturada. Esto posibilita una mejor reproducción de las condiciones de salinidad en el campo (Porta *et al.*, 2013). Además, cuando el estudio de la salinidad está vinculado al desarrollo de las plantas, el uso de la CEe es especialmente recomendado, ya que sus valores pueden relacionarse directamente con la respuesta vegetal, permitiendo así una evaluación más precisa del impacto de la salinidad en los cultivos (Richards *et al.,* 1994).

El procedimiento más utilizado para la determinación de CEe es el de la obtención del extracto saturado a partir de una filtración al vacío, Rhoades (1982), Norma IRAM/SAGyP 29579 (2021). Sin embargo, una limitación inherente a este método es la necesidad de contar con dispositivos específicos o disponer de una cantidad suficiente de muestra de suelo para obtener el volumen necesario de extracto (Nijensohn, 1988). En suelos sódicos y/o dispersivos, el filtrado de la pasta saturada es realmente dificultoso y muchas veces las cantidades de extracto obtenidas son insuficientes o nulas para la determinación por conductimetría (Bauk *et al.,* 2016). Si bien el filtrado al vacío es el método más aceptado, existen trabajos publicados que utilizan la centrifugación como alternativa para la obtención de extractos de suelo (Somavilla *et al.,* 2017; Alves *et al.,* 2022). En los laboratorios comerciales de salinidad del suelo, se mide la CE en diferentes proporciones suelo-agua, debido a su simplicidad, bajo costo y menor tiempo de determinación (Sonmez, 2008; Franzen, 2007; Zhang *et al.*, 2005). Las estimaciones de CEe dependen del tipo y concentración de sales presentes en el suelo (Richards *et al.,* 1994), y requieren una calibración adecuada, así como la aplicación de modelos específicos según las condiciones edáficas particulares (Merani *et al*., 2017).

La conductividad de estos extractos o suspensiones se usan para estimar la salinidad (CEe). Investigadores como Smith y Doran (1996) han propuesto simplificaciones metodológicas, correlacionando la $CE_{1:1}$ con la CEe, como se indica en los estudios del laboratorio de salinidad de Riverside, USA (Richards, 1954).

Generalmente en Argentina, los laboratorios de servicio agropecuario miden la CE en suspensiones 1:2,5 (suelo:agua) porque aprovechan la misma preparación para la determinación del pH actual. Sin embargo, es necesario convertir el resultado de la medición a CEe o estimarla para abordar a diagnósticos precisos, lo cual depende de las características específicas de los suelos de cada región, así como de las sales presentes en dichos suelos.

Dado que el método tradicional de filtrado al vacío para obtener extractos de saturación presenta serias dificultades en suelos dispersivos y, en muchos casos, resulta inviable, el primer objetivo de este estudio fue evaluar el uso de la centrífuga como alternativa metodológica. Como segundo objetivo, se planteó establecer una relación adecuada para estimar la CEe a partir de una suspensión suelo:agua 1:2,5 en suelos franco-limosos de la zona de Villa María. De este modo, se busca aportar herramientas que permitan a los laboratorios mejorar la calidad de sus informes y a productores y asesores realizar diagnósticos más precisos sobre la salinidad, contribuyendo a una mejora en la toma de decisiones.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Se utilizaron 43 muestras de suelos de textura franca, franco limosa y franco arcillo limosa, provenientes del centro este de la provincia de Córdoba, de diferentes profundidades: 0-20 cm, 20-40 y 40-60 cm

Para la determinación de la CE del extracto de saturación, todas las muestras fueron sometidas a la preparación de pasta saturada siguiendo la norma argentina IRAM/SAGyP 29579. Posteriormente, cada muestra se dividió en dos partes: una se destinó a la medición de CEe mediante filtración al vacío, conforme a lo establecido por IRAM/SAGyP 29579 (2021), Richards (1954) y Rhoades (1982), aplicando una succión de 0,7 atm; la otra parte se utilizó para medir la conductividad eléctrica del extracto obtenido por centrifugación (CEc), con una velocidad de rotación de 3000 rpm.

La técnica de centrifugación aplicada fue similar a la empleada en los laboratorios de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria (ETSEA), Universidad de Lleida (datos no publicados), aunque en estos laboratorios se utilizan ultracentrífugas con mayores velocidades de rotación.

La diferencia observada entre estas metodologías es que por filtrado se obtiene una solución límpida, en cambio por centrifugación se obtiene una suspensión con turbidez.

Para la determinación de la $CE_{1:2,5}$ se siguió la Norma IRAM/SAGyP 29579 (2021) y en la misma suspensión se determinó el pH.

Otra determinación realizada a todas las muestras fue la Dispersión de los agregados (Rengasamy, 1997).

El análisis de datos consistió en realizar una correlación entre la CEe y la CEc y una regresión lineal para estimar la CEe a partir de la CEc. Con la ecuación obtenida, se estimaron los datos de CEe que no pudieron medirse (por tratarse de suelos con características dispersivas), para luego proseguir con la estimación de la CEe a partir de la $CE_{1:2,5}$. Para todos los análisis estadísticos se utilizó el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Estimación de la Conductividad eléctrica del extracto de saturación a partir de la centrifugación

Al relacionar las CE a partir de los extractos de pasta de saturación, se comprobó que los resultados de ambas metodologías fueron similares, con una correlación positiva muy significativa ($p<0,0001$) y $r=0,99$ (Figura 1).

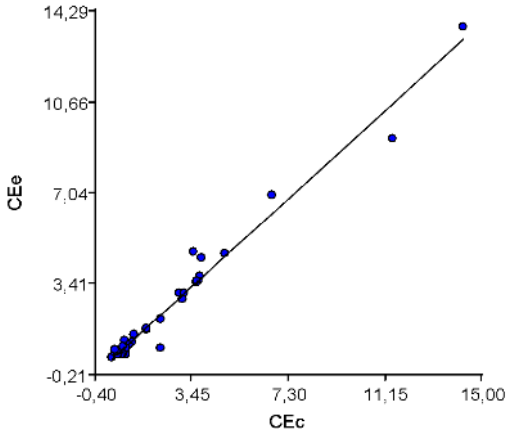


Figura 1. Relación entre la conductividad eléctrica del extracto de saturación por filtración (CEe) y por centrifugación (CEc).

El modelo de la regresión se basó en 33 observaciones totales, debido a que no se pudieron filtrar 10 muestras con características dispersivas. La regresión mostró un ajuste excelente, con un coeficiente de determinación R^2 y un R^2 ajustado de 0,97, indicando que el 97% de la variabilidad en CEe puede explicarse por la CEc. El análisis de la varianza (ANAVA) confirmó la significancia del modelo, con una suma de cuadrados del modelo de 248,29, un valor F de 1057,91 y un p-valor < 0,0001. La ecuación resultante:

$$CEe = 0,15 + 0,91 \times CEc \qquad \text{(Ec.1)}$$

A partir de esta ecuación, se advierte que los valores de CEc tienden a ser superiores a los de CEe en una misma muestra. Esta diferencia podría atribuirse a la turbidez del extracto obtenido por centrifugación, con partículas de suelo en suspensión que liberan sales a la solución, incrementando así su conductividad eléctrica. Además, los resultados evidencian que fue posible obtener extractos empleando centrífugas de laboratorio convencionales, operando a velocidades inferiores a las requeridas por las ultracentrífugas. Esta condición implica un beneficio relevante, considerando la mayor disponibilidad de estos equipos en los laboratorios agropecuarios argentinos.

Si bien el método de extracción y los tipos de suelos no fueron los mismos que en el presente trabajo, Alves *et al.* (2022) encontraron una correlación lineal similar, cercana a 1:1, entre CEe y CEc, para los horizontes superficiales y de diagnóstico de suelos Gleysol, Luvisol y Nitisol.

Estos resultados sugieren que CEc es un predictor confiable de CEe, comprobando que el método por centrifugación podría utilizarse como método alternativo al de CEe por filtrado al vacío.

Estimación de la conductividad eléctrica del extracto de saturación a partir de la suspensión 1:2,5.

En primer lugar, se utilizó la Ecuación 1 para estimar el dato de CEe en aquellas muestras que no pudieron ser filtradas por sus características dispersivas.

Con todos los datos, se prosiguió con la estimación de la CEe a partir de $CE_{1:2,5}$, obteniéndose una regresión lineal con un coeficiente de determinación R^2 de 0,92 y un R^2 ajustado de 0,93. La ecuación resultante (Ec.2) podría ser utilizada en forma general y sin demasiada precisión para estimar la CEe a partir de la $CE_{1:2,5}$.

$$CEe = -0,23 + 5,21 \times CE_{1:2,5} \quad \text{(Ec.2)}$$

Con el objetivo de mejorar el ajuste en la estimación de la CEe y obtener una ecuación de conversión más representativa de los suelos de la zona, se eliminaron los dos datos con mayor valor de conductividad (Figura 2). Posteriormente, se realizaron distintas pruebas a partir del análisis de los residuos studentizados de la variable dependiente (CEe) en función de los valores predichos por el modelo de regresión lineal. Este análisis permitió identificar tres observaciones fuera de los umbrales de confiabilidad, las cuales fueron consideradas valores atípicos y, en consecuencia, excluidas del conjunto de datos.

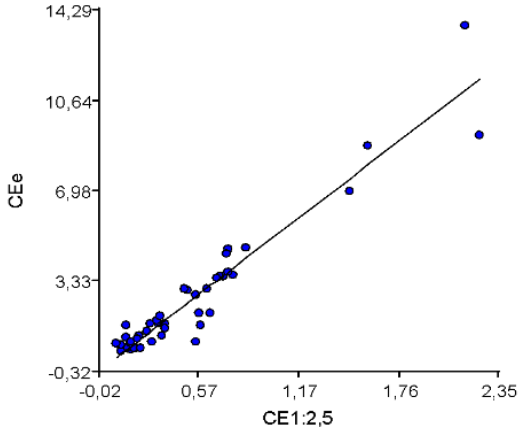


Figura 2. Relación entre la conductividad eléctrica del extracto de saturación y la conductividad eléctrica en suspensión 1:2,5 ($CE_{1:2,5}$).

Se evaluó la inclusión del pH actual como variable regresora; sin embargo, debido a su falta de significancia estadística y a que no mejoraba el ajuste del modelo, se decidió descartarlo. No obstante, se lograron mejoras significativas en la precisión del modelo al particionar los datos según las profundidades del muestreo (0–20 cm y 20–60 cm). Para la partición 20-60 cm se unificó la segunda y tercera profundidad de muestreo debido a que no había diferencias significativas en los resultados de las mismas. Los resultados de estos análisis se presentan en las tablas 2 y 3, y las ecuaciones correspondientes se expresan en las Ecuaciones 3 y 4, respectivamente.
La mejora en el ajuste al particionar a diferentes profundidades podría atribuirse a que el contenido de arcilla en estos suelos es mayor subsuperficialmente y no todas las sales pueden eliminarse fácilmente del suelo cuando el contenido de arcilla es alto. Las superficies arcillosas tienen carga negativa y pueden adsorber iones con mayor facilidad que los suelos arenosos. Como la conductividad eléctrica es un parámetro que depende de la cantidad de iones en la solución y la mayoría de las sales presentes en los suelos arenosos se incorporan a la solución, resulta en valores más altos de conductividad eléctrica (Sonmez *et al*., 2008).

Tabla 2. Análisis de regresión lineal para estimar la CEe a partir de la $CE_{1:2,5}$ en la profundidad 0-20 cm.

Profundidad	Variable	N	R^2	R^2 Aj	ECMP	AIC	BIC
1	CEe	22	0,96	0,96	0,19	24,72	28,00

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	-0,18	0,13	-0,45	0,09	-1,37	0,1872		
$CE_{1:2,5}$	5,51	0,24	5,00	6,01	22,77	<0,0001	495,03	1,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	78,24	1	78,24	518,68	<0,0001
CE1:2,5	78,24	1	78,24	518,68	<0,0001
Error	3,02	20	0,15		
Total	81,26	21			

Tabla 3. Análisis de regresión lineal para estimar la CEe a partir de la $CE_{1:2,5}$ en la profundidad 20-60 cm.

Profundidad	Variable	N	R^2	R^2 Aj	ECMP	AIC	BIC
2	CEe	16	0,94	0,94	0,27	22,63	24,95

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Const	-0,10	0,20	-0,53	0,33	-0,49	0,6307		
$CE_{1:2,5}$	4,98	0,33	4,28	5,69	15,07	<0,0001	212,98	1,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	42,96	1	42,96	227,05	<0,0001
CE1:2,5	42,96	1	42,96	227,05	<0,0001
Error	2,65	14	0,19		
Total	45,61	15			

Para la profundidad 0-20 cm $CEe = -0,18 + 5,51 \times CE_{1:2,5}$ (Ec.3)
Para la profundidad 20-60 cm $CEe = -0,10 + 4,98 \times CE_{1:2,5}$ (Ec.4)

Otros autores que hallaron alta correlación entre la conductividad de diferentes suspensiones (1:1, 1:2, 1:2,5 y 1:5) y la CEe, mejoraron los ajustes cuando utilizaron relaciones basadas en las texturas de suelo. En sus publicaciones presentan ecuaciones de regresión combinadas y específicas para cada suelo, aunque diferentes a las encontradas en este trabajo y sostienen que para obtener resultados de mayor precisión se podrían utilizar las ecuaciones basadas en la textura del suelo (Hogg, 1984; Sonmez *et al.,* 2008). También mencionan que la alta correlación entre la conductividad de las suspensiones y la CEe permitiría reemplazar al extracto de saturación como estándar de comparación y que la conductividad de las suspensiones al no requerir de un aparato de extracción al vacío puede determinarse fácilmente en un laboratorio de campo. De este modo, los laboratorios pueden minimizar el costo y el tiempo asociados con el análisis de salinidad del suelo manteniendo al mismo tiempo un alto nivel de exactitud y precisión. Una ventaja específica de emplear suspensiones suelo-agua (1:2,5) para medir la conductividad eléctrica es que se aprovechan las mismas muestras preparadas para el análisis de pH.

CONCLUSIONES:

Los resultados obtenidos permiten inferir que el uso de una centrífuga, en reemplazo del filtrado por bomba de vacío para la obtención del extracto saturado, representa una alternativa viable para mejorar la determinación de la CEe en suelos dispersivos, donde el método tradicional presenta serias limitaciones. Esta metodología no solo permite superar las dificultades asociadas al filtrado en este tipo de suelos, sino que además optimiza el trabajo del laboratorista, reduciendo tiempos y simplificando el procedimiento.

Por otra parte, una ventaja específica del uso de suspensiones suelo:agua en relación 1:2,5 para la medición de conductividad eléctrica y concentración de iones es que estas determinaciones pueden realizarse sobre las mismas muestras utilizadas para el análisis de pH, lo que contribuye a disminuir el tiempo y los costos en estudios de salinidad.

En cuanto a la estimación de la CEe a partir de la $CE_{1:2,5}$ los mejores resultados se obtuvieron al analizar los datos según la profundidad del muestreo. Esta partición permitió mejorar notablemente el ajuste y la precisión de los modelos y se presenta como una herramienta útil para realizar diagnósticos más confiables sobre la salinidad de los suelos en la región.

Estos modelos de regresión demostraron que la $CE_{1:2,5}$ es un predictor confiable y significativo de CEe en los suelos de la zona de Villa María con un alto grado de precisión y ajuste.

AGRADECIMIENTOS:
Al laboratorio privado Análisis Agropecuarios de la ciudad de Villa Nueva por permitir el uso de las instalaciones, equipos y por proveer muestras de suelo para este estudio.

BIBLIOGRAFÍA:

Alves AC, de Souza E R, de Melo H F, Pinto J G O, Junior F E D A R, de Souza Júnior V S, & Gheyi H R (2022). Comparison of solution extraction methods for estimating electrical conductivity in soils with contrasting mineralogical assemblages and textures.*Catena*, *218*, 106581.

Bauk L, Bonadeo E, Milán C, & Dell'Oso A. 2016. Criterios para la selección de técnicas de evaluación de sodicidad en suelos de Córdoba. En *Actas del XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo* (434-97). Río Cuarto.

Bonadeo E, Hampp ER, Bongiovanni MD, Moreno I S, & Odorizzi A. 2006. Relaciones entre propiedades físicas y químicas del suelo y raíces de alfalfa (Medicago sativa L.) afectada por" manchoneo". *Ciencia del suelo*, *24*(2), 101-107.

Di Rienzo JA, F Casanoves MG Balzarini, L González & M Tablada. 2020. InfoStat versión 2020. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. www.infostat.com.ar

Franzen D. 2007. Managing saline soils in North Dakota (Publication No. SF-1087). North Dakota State University Extension Service. https://www.ndsu.edu/agriculture/extension/ publications/managing-saline-soils-north-dakota

Hogg TJ & JL Henry. 1984. Comparison of 1:1 and 1:2 suspensions and extracts with the saturation extract in estimating salinity in Saskatchewan soils. Can. J. Soil Sci. 64, 669–704.

INTA. 1993. Atlas de Suelos de la República Argentina. 2 tomos. 677 pp

Merani V, D Ferro, L Larrieu, D Bennardi, L Nughes, L Juan L & G Millán. 2017. Comparación de valores de conductividad eléctrica obtenidos utilizando diferentes metodologías y tiempos de reposo en suelos de regiones templado húmedas. En V Reunión de la Red Argentina de Salinidad. San Luis, Argentina.

Milán C. 2016. Variabilidad espacial de suelos sódicos "manchoneados" y su mejora". Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias de la Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Villa María.

Nijensohn L. 1988. Determinación del nivel de salinidad edáfica a partir del quíntuple extracto de saturación. Cienc Suelo. 6 (1):8-13

IRAM & SAGyP. 2021. Determinación de la conductividad eléctrica del extracto de saturación en suelos. Norma IRAM 29579. Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) y Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

Porta JM, M López-Acevedo & RM Poch. 2013. Edafología. Uso y protección de suelos. Ediciones Mundi Prensa.

Rengasamy P. 1997. Sodic soils. En: Rengasamy Lal R.; Blum WH ; Valentine C and A Stewart.1997. Methods for assessment of soil degradation, R. Lal *et al.* (Eds.) Advances in Soil Science (USA) 558 pp

Rhoades JD. 1982. Soluble salts. *Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties*, *9*, 167-179.

Richards LA, LE Allison, JW Brown, HE Hayward, L Berenstein, M Fireman, GA Pearson, LV Wilcox, CA Bower, JT Hatcher & RCReeve. 1994. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Editorial Limusa, SA.

Richards LA (Ed.). 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils (USDA Handbook No. 60). United States Department of Agriculture.

Smith JL & JW Doran. 1996. 10 Measurement and Use of pH and Electrical Conductivity for Soil Quality Analysis.

Somavilla A, A Dessbesell, & Dos Santos DR. 2017. Centrifugation methodology to extract soil solution. Scientia Agraria, 18(3), 44–47. https://doi.org/10.5380/rsa.v18i3. 52734

Sonmez S, Buyuktas D, Okturen F & Citak S. 2008. Assessment of different soil to water ratios (1: 1, 1: 2.5, 1: 5) in soil salinity studies. *Geoderma*, *144*(1-2), 361-369.

Zhang H, JL Schroder & JJ Pittman. 2005. Soil salinity using saturated paste and 1:1 soil to water extracts. *Soil Science Society of America Journal, 69*(4), 1146–1151. https://doi.org/ 10.2136/sssaj2004.0267

¿ES ACEPTABLE ESTIMAR LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO A PARTIR DE LA MEDICIÓN EN SUSPENSIÓN SUELO:AGUA 1:2,5 PARA SUELOS DE ARGENTINA?

De Dios Herrero, J.[1-2*]; N. Kloster[1-2]

[1] INTA EEA Anguil "Ing. Agr. G. Covas"; Ruta Nacional Nº5, km 580, La Pampa.
[2] Facultad de Agronomía, UNLPam.
* dediosherrero.juan@inta.gob.ar

RESUMEN: La salinidad del suelo representa una problemática importante en Argentina ya que afecta tanto la productividad de los cultivos como la estructura del suelo. La metodología estándar para el análisis de la salinidad de suelos es la determinación de la conductividad eléctrica del extracto de la pasta saturada del suelo (CE_E). Como procedimiento alternativo se realiza la medición de la conductividad eléctrica en la relación suelo:agua 1:2,5 ($CE_{1:2,5}$). El objetivo de este trabajo es comparar la CE_E y $CE_{1:2,5}$, para 1) determinar si es aceptable la estimación de la CE_E a partir de la medición de $CE_{1:2,5}$ y 2) establecer valores umbrales que posibiliten la interpretación de los resultados obtenidos por ambos métodos. Se recolectaron muestras de suelo superficiales y subsuperficiales de 126 puntos de muestreo de diferentes sitios del país, obteniendo un total de 248 muestras de suelo a las que se determinó la conductividad eléctrica por los dos métodos. Para el análisis estadístico se separaron las muestras en dos grupos, un grupo de calibración (n=186), y un grupo de validación (n=62). Existió una alta correlación entre la CE_E y $CE_{1:2,5}$ (R^2=0,91; p<0,001), según el modelo de calibración obtenido, una CE_E de 4 dS m^{-1} es equivalente a una $CE_{1:2,5}$ 0,82 dS m^{-1}. En los suelos analizados, y que cubren una gran variabilidad, la alta correlación entre las metodologías con la que se mide la conductividad eléctrica del suelo permite la estimación de CE_E a partir de $CE_{1:2,5}$ con propósitos orientativos de la situación de salinidad a campo. Las muestras de suelo con $CE_{1:2,5}$ superior a 0,82 dS m^{-1} se sospecha que proceden de suelos salinos, con CE_E superior a 4 dS m^{-1}, lo cual debería corroborarse a partir de la determinación en laboratorio.

PALABRAS CLAVE: salinidad, Argentina, suelos agrícolas

INTRODUCCIÓN:

La salinidad del suelo es causada por elevados niveles de iones disueltos en la solución del suelo. Afecta tanto la productividad de los cultivos como la estructura del suelo, causando efectos adversos sobre la estabilidad, infiltración de agua y drenaje. Está registrado que aproximadamente el 33,5% del área de Argentina presenta problemas de salinidad en la superficie del suelo, y asciende a 43% a nivel subsuperficial (Rodríguez *et al.* 2022).

La metodología estándar para el análisis de la salinidad de suelos es la determinación de la conductividad eléctrica del extracto de la pasta saturada del suelo (CE_E). La pasta saturada de suelo intenta simular el ambiente natural del suelo saturado de humedad o en su máxima capacidad de retención de agua. Un suelo salino se define como aquel cuya CE_E es igual o mayor a 4 dS m^{-1} (USDA, 1993). El procedimiento para la determinación de la CE_E en Argentina se encuentra normalizado (IRAM/SAGyP 29579). El mismo requiere la preparación de la pasta saturada de suelo, el tiempo de estabilización de 2 h, la filtración utilizando vacío y la posterior medición de la CE. Esto hace que el método sea laborioso y requiera de algunas horas para la obtención del resultado final. A pesar de las dificultades técnicas para su obtención, se considera que la CE_E es el mejor indicador de la respuesta de los cultivos a la salinidad del suelo, por lo que los valores de referencia para interpretar resultados de tolerancia a salinidad están expresados de acuerdo con la CE_E (Miller & Curtain, 2007).

Como procedimiento alternativo a la CE_E, la norma IRAM/SAGyP 29579 indica la medición de la conductividad eléctrica en la relación suelo:agua 1:2,5 ($CE_{1:2,5}$). Este procedimiento requiere de un menor tiempo para la preparación y medición de la CE, alrededor de 1 h y es de menor costo. A su vez, debido a que requiere menor cantidad de muestra, permite la realización de ensayos de interlaboratorio comparativos. En Argentina, el programa de interlaboratorios de suelos agropecuarios (PROINSA) organizado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, monitorea los resultados de $CE_{1:2,5}$, determinados en la misma preparación donde se realiza la medición de pH (1:2,5). Aunque

no se ha informado a la fecha la relación entre la CE_E y el resultado obtenido de $CE_{1:2,5}$. Se conoce que el resultado obtenido de $CE_{1:2,5}$ es menos representativo de la condición de la solución del suelo que la CE_E debido al efecto de dilución que ocurre cuando se incrementa la proporción de agua en la medición (Gharaibeh*, et al.,* 2021).
La bibliografía internacional presenta varios casos de estudio donde se estima la CE_E a partir de distintas relaciones de suspensión suelo:agua, entre ellas, la relación 1:1 y 1:2,5 (Spiteri & Sacco, 2024) y la relación 1:5 (Gharaibeh, *et al*., 2021). Las relaciones encontradas para convertir la CE de distintas suspensiones suelo:agua al valor de CE_E, en general, son lineales, y las mejores relaciones se informan con suelos de texturas similares y a nivel regional. Por lo tanto, no se recomienda generalizar factores de conversión, sino que deberían obtenerse a nivel regional (Gharaibeh, *et al.,* 2021). Sosa et al., (2023) analizaron la aptitud de la $CE_{1:2,5}$ para predecir la salinidad en muestras de suelo de lotes destinados a producción de caña de azúcar y granos en la provincia de Tucumán. Estos antecedentes son regionales, y no existe a la fecha un estudio donde se comparen distintas metodologías y que involucren suelos de distintos sitios del país. El objetivo de este trabajo es comparar la CE medida en el extracto de pasta de saturación y en la relación suelo:agua 1:2,5, para 1) determinar si es aceptable la estimación de la CE_E a partir de la medición de $CE_{1:2,5}$ y 2) establecer valores umbrales que posibiliten la interpretación de los resultados obtenidos por ambos métodos.

MATERIALES Y MÉTODOS:
Las muestras de suelo se obtuvieron a través de un trabajo colaborativo con el 'Sistema nacional para el monitoreo de la degradación de tierras' (PEi040 y PDI132 INTA). Se recolectaron muestras de suelo del horizonte superficial (0-10 cm) y subsuperficial (10-30 cm) en 126 puntos, obteniendo un total de 248 muestras de suelo. Los órdenes de suelo predominantes en el área de estudio (Figura 1) son Alfisoles, Aridisoles, Molisoles y Entisoles (Gaitán *et al.,* 2023).
Las muestras de suelo se secaron al aire y se tamizaron con malla de 2 mm. La determinación de CE_E se realizó siguiendo el procedimiento normalizado según IRAM/SAGyP 29579:2021. Se preparó la pasta de saturación a partir de 300-400 g de suelo y suficiente agua destilada para saturar la muestra. Se dejó en contacto un tiempo de 2 h, al cabo del cual se procedió a filtrar la muestra empleando un embudo Bûchner, papel de filtro tipo S&S859 y kitasato. Finalmente se midió la CE en el extracto obtenido. En tanto que la determinación de $CE_{1:2,5}$ se realizó siguiendo el procedimiento normalizado IRAM/SAGyP 29579:2021. Se preparó una suspensión a partir de 10 g de suelo y 25 mL de agua destilada, la cual se agitó y se dejó en contacto durante 1 h. Luego se midió la CE en la suspensión. En ambos casos, se utilizó un conductímetro Altronix CTXII, equipado con termosonda y celda de conductividad para la medida de CE, previamente calibrado con solución de cloruro de potasio 0,01 mol L^{-1} (CE 1,413 dS m^{-1}).
Para el análisis estadístico se separaron las muestras en dos grupos al azar, un grupo mayoritario denominado grupo de calibración, con el que se desarrolló un modelo de regresión lineal (n=186, 75% de las muestras), y un grupo de validación del modelo (n=62, 25% de las muestras). Se emplearon el software Microsoft Office Excel 2007 e INFOSTAT (Di Rienzo *et al.,* 2020).



Figura 1. Área de estudio y sitios de muestreo de suelo en Argentina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

En los suelos para la calibración del modelo, la CE_E varió entre 0,13 y 39,5 dS m^{-1} mientras que la $CE_{1:2,5}$ estuvo comprendida entre 0,01 y 7,25 dS m^{-1}, con un promedio de 2,76±5,26 dS m^{-1} y 0,57±1,12 dS m^{-1} para CE_E y $CE_{1:2,5}$ respectivamente. Tanto en el grupo de muestras de calibración como en el grupo de validación, la CE_E fue 4,8 veces mayor que $CE_{1:2,5}$, similar a los resultados de Sonmez *et al.* (2008) quienes encontraron que en el extracto la CE fue 4 veces mayor que en la suspensión 1:2,5. Esto es debido a que el agregado de agua produce una dilución de los iones en la suspensión.

Existió una alta correlación entre la CE_E y $CE_{1:2,5}$ (R^2=0,91; p<0,001) (Figura 2A). La variabilidad se incrementó con el aumento de la salinidad de los suelos, esto se observó a partir de 5 dS m^{-1} de CE_E, menor al encontrado por Sosa *et al.* (2023), quienes reportaron este comportamiento a partir de CE_E de 8 dS m^{-1}.

La dispersión de puntos en el modelo propuesto (Figura 2B), puede ser debido a la presencia de sales de diferente solubilidad, según Hogg & Henry (1984), el incremento de agua en la extracción produce la dilución de sales solubles en la pasta, dando como resultado una $CE_{1:2,5}$ menor a la esperada. Por otro lado, la solubilización de sales poco solubles en la medida de $CE_{1:2,5}$, que podría suponer un aumento del valor de CE, se compensa con la dilución (Merani *et al.* 2022).

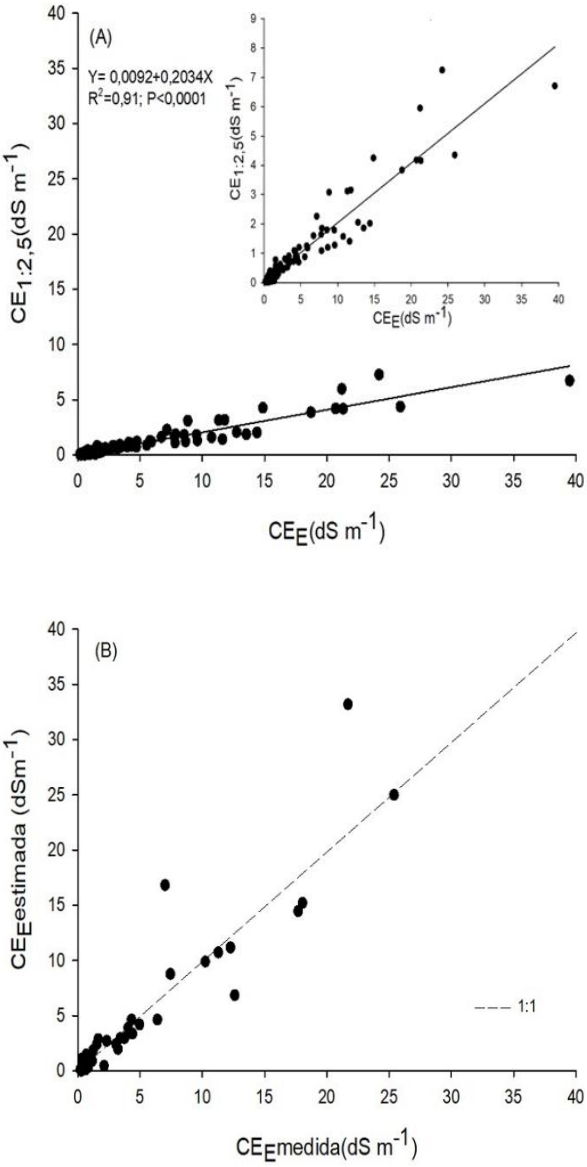


Figura 2. A) Relación entre la conductividad eléctrica en el extracto de pasta de saturación de suelo (CE_E) y en la relación suelo:agua 1:2,5 ($CE_{1:2,5}$), n=186; la figura reducida muestra la disminución de escala en el eje y. B) Relación entre la conductividad eléctrica en el extracto de pasta de suelo medida y estimada, n=62.

Según el modelo de calibración obtenido, una CE de 4 dS m^{-1} en el extracto de pasta es equivalente a 0,82 dS m^{-1} en la suspensión suelo:agua 1:2,5, este valor es inferior al presentado por Cremona & Enriquez (2020), en cuya escala, la equivalencia a 4 dS m^{-1} es de 1 dS m^{-1}. En el grupo de validación, en 14 de las 62 muestras la CE_E fue superior a 4 dS m^{-1}, en 10 de estas muestras, el error en la estimación de CE fue inferior al 20 %. Esto quiere decir que, a pesar de que la precisión en la estimación disminuye a medida que el suelo es más salino, el resultado de $CE_{1:2,5}$ obtenido en la suspensión, puede resultar de utilidad para estimar la CE_E. De todos modos, en dicho caso el valor real de la CE_E debería corroborarse a partir del análisis en laboratorio.

CONCLUSIONES:

En los suelos analizados, y que cubren una gran variabilidad, la alta correlación entre las metodologías con la que se mide la conductividad eléctrica del suelo permite la estimación de CE_E a partir de $CE_{1:2,5}$ con propósitos orientativos de la situación de salinidad a campo. Las muestras de suelo con valores

inferiores a 0,82 dS m^{-1} de $CE_{1:2,5}$ se consideran poco salinos y equivalentes a una CE_E inferior a 4 dS m^{-1}. Las muestras de suelo con valores superiores a 0,82 dS m^{-1} de $CE_{1:2,5}$ se sospecha que proceden de suelos salinos, con CE_E superior a 4 dS m^{-1}, lo cual debería corroborarse a partir de la determinación en laboratorio. Así, la $CE_{1:2,5}$ es una herramienta útil para una evaluación rápida, pero en casos que supere el umbral (0,82 dS m^{-1}), su interpretación debe complementarse con CE_E.

AGRADECIMIENTOS:
Los autores agradecen al proyecto PEi040 y PDI132-INTA por proveer las muestras de suelo. Este trabajo fue financiado por INTA.

BIBLIOGRAFÍA:

Di Rienzo JA, M Balzarini, F Casanoves, L González, M Tablada & CW Robledo. 2020. Infostat/Profesional version 1.1.

Cremona MV & AS Enriquez. 2020. Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: El pH y la conductividad eléctrica. Presencia N° 73.

Gaitán JJ, AB Wingeyer, P Peri, E Moavro, G Peralta, F Fritz, G Berhongaray, E Adema, S Albarracin, C Álvarez, DJ Álvarez Cortés, S Bacigaluppo, E Balducci, M Ballón, N Banegas, S Barbaro, P Barral, SJ Behr, AM Beider, & MC Sasal. 2023. Mapa de almacenamiento de C en los suelos de la República Argentina. Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (Aapresid), Consorcio Regional de Experimentación Agrícola (CREA), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

Gharaibeh MA, AA Albalasmeh & A El Hanandeh. 2021. Estimation of saturated paste electrical conductivity using three modelling approaches: Traditional dilution extracts; saturation percentage and artificial neural networks. Catena 200, 105141. https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.105141

Hogg TJ & JL Henry. 1984. Comparison of 1:1 and 1:2 suspension and extracts with the saturation extract in estimating salinity in Saskatchewan soils. Can. J. soil Sci. 642:699-704.

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. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNR, No 34 (19).

Miller JJ & D Curtain. 2008. Electrical conductivity and soluble ions. En Soil Sampling and Methods of Analysis, 2nd ed.; Carter MR, EG Gregorich Eds.; CRC Press, Taylor & Francis Group: Oxfordshire, UK; pp. 161–171.

Rodríguez DM, GA Schulz, LM Tenti Vuegen, ME Angelini, GF Olmedo & RS Lavado. 2022. Mapa de suelos afectados por sales en Argentina. Boletín informativo de la Red Argentina de Salinidad. http://hdl.handle.net/20.500.12123/15392

Sonmez S, D Buyuktas, F Okturen & S Citak. 2008. Assessment of different soil to water ratios (1:1, 1:2.5, 1:5) in soil salinity studies. Geoderma 144:361–369. doi:10.1016/j.geoderma.2007.12.005

Spiteri K & AT Sacco. 2024. Estimating the electrical conductivity of a saturated soil paste extract (ECe) from 1:1(EC1:1), 1:2(EC1:2) and 1:5(EC1:5) soil:water suspension ratios, in calcareous soils from the Mediterranean Islands of Malta. Communication in soil science and plant analysis, Vol. 55, N° 9, 1302–1312. https://doi.org/10.1080/00103624.2024.2304636

Sosa FA, OR Correa, EP Díaz, GA Sanzano, RD Corbella & H Rojas. 2023. *Conductividad eléctrica en extracto en saturación y en suspensión suelo agua 1:2,5 del departamento Leales, Tucumán.* Presentación de trabajo. VII Congreso de la Red Argentina de Salinidad.

USDA, 1993. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. In: Richards L A (ed). Riverside. California.

EVALUACIÓN DE AGUAS Y TIERRAS PARA LA IRRIGACIÓN EN EL SUR DE SANTA CRUZ (PATAGONIA AUSTRAL CONTINENTAL, ARGENTINA)

Diaz Boris, G.[1-2*]; S. Toledo[1]; M. C. Monserrat[1]; P. L. Peri[1-2-3]

[1] INTA EEA Santa Cruz, Mahatma Gandhi 1322 (CP9400) Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina.
[2] Universidad Nacional de la Patagonia Austral.
[3] CONICET – CIT Santa Cruz.
* diaz.boris@inta.gob.ar

RESUMEN: En años recientes, el sur de la provincia de Santa Cruz ha experimentado una presión extractiva creciente de agua superficial para el riego extensivo de planicies aluviales, destinado a incrementar la producción de pastizales que sustentan la producción ganadera. El conocimiento sobre las aptitudes de agua y suelo para esta práctica es escasa. Los riesgos sódico y salino del agua suelen ser bajos, aunque pueden potenciarse bajo ciertas condiciones ambientales propias de zonas áridas. En este trabajo se ensayó un mapeo preliminar de riesgo salino y sódico en suelos de la región hidrográfica del río Coyle (29.424 km^2) con aptitud para la irrigación.

Se elaboró un mapa de potencialidad de tierras para la irrigación a partir del DEM ALOS de 30m de resolución, del cual se obtuvo (a) un mapa de pendientes y un mapa de curvatura de terreno para restringir tierras solo al piso de valles. A partir de cartografía de ríos perennes, se ensayó un buffer de 2.000 m y se cruzaron con mapas de cobertura de suelos. Luego, las zonas obtenidas, se cruzaron con inventarios y bases de datos de suelos para extraer parámetros fisicoquímicos de interés para su análisis particular y combinado con atributos de las aguas de superficie, a través de los indicadores: conductividad eléctrica específica (CE), porcentaje de sodio de intercambio (PSI) y relación de adsorción de Sodio (RAS). El riesgo para los suelos, definido como la susceptibilidad de manifestar salinidad o sodicidad, se evaluó cualitativamente a partir de una escala combinada entre ambos, propuesta por FAO y USDA.

Se detectaron 1.319 km^2 de tierras con buenos atributos para el riego (4,5% de la región). Los riesgos salinos y sódicos resultaron bajos en estos suelos, de pH promedio 6,4±0,5, CE<1.600 µS/cm y PSI<5,0% con la excepción del tramo medio de la RH12 (PSI=10,1% equivalente a un riesgo moderado). Las aguas demostraron un pH promedio 8,3±0,4 con 89,0<CE<673,0 µS/cm y una RAS de 1,5±1,1 con extremos de 2,5-2,8. Estos valores permiten clasificarlas con buena aptitud para el riego de un amplio espectro de cultivos. Sin embargo, estudios recientes evidencian riesgos de sodicidad para la estabilidad estructural de suelos debido al tipo de sales predominantes y las condiciones ambientales fuertemente áridas. La evaluación de los riesgos combinados PSI_{suelo} y RAS_{agua}, resultaron en un bajo a nulo riesgo de sodicidad, con una relativa seguridad para la irrigación (PSI<6%; RAS<3), con la sola excepción de una porción de valles en la zona central baja de la cuenca, con riesgo moderado de sodificación (6%<PSI<15%; RAS<3).

La buena aptitud de las aguas de superficie disponible demostró una buena interacción con los suelos predominantes, determinando bajos riesgos combinados de salinidad y sodicidad. Hallazgos recientes confirman también la existencia de riesgos asociados al tipo de sales presentes en el agua en combinación con las características propias de los ambientes áridos y semiáridos de la RH12. Resulta necesario considerar el estudio y monitoreo de parámetros asociados a estos riesgos, antes del inicios de proyectos de irrigación.

PALABRAS CLAVE: Salinidad, Sodicidad, Coyle

INTRODUCCIÓN:

La Patagonia ocupa un extenso territorio en el sur de Argentina y Chile, comprendiendo una gran diversidad de áreas ecológicas heterogéneas, con el predominio de zonas bioclimáticas áridas, semiáridas y muy áridas (Almonacid *et al.,* 2023). Las estepas herbáceas y arbustivas, ubicadas en planicies onduladas y valles de origen glacifluvial, representan los principales paisajes en términos del potencial para la producción ovina y bovina), así como para la agricultura bajo riego (Cibils y Borrelli,

2005). Estos ambientes han experimentado en años recientes, una presión extractiva creciente de agua superficial para uso consuntivo, a través de prácticas tradicionales de riego por inundación complementando los balances hídricos estacionales deficitarios propios de la región, necesario para la producción de los pastizales (Serio *et al.,* 2019). Luego de poco más de un siglo de ocupación y utilización de las tierras para la ganadería extensiva, la región ha experimentado un constante deterioro principalmente por una desafortunada combinación de malas prácticas de sobrepastoreo, recurrentes eventos de sequía y, en algunas zonas, debido a malas prácticas de gestión del riego, en particular con la generalizada técnica de inundación (Golluscio *et al.,* 1998).

En las zonas áridas de la Patagonia, el riego complementario mejora significativamente la producción de los pastizales, pudiendo incrementarse entre 2 (Toledo *et al*., 2023) y hasta 10-20 veces los rendimientos naturales en mallines (Ayesa *et al.,* 1999). Sin embargo, como resultado de inadecuadas prácticas del manejo del riego también pueden producirse consecuencias no deseadas, como el desarrollo de sodicidad en el suelo, salinidad o toxicidad iónica (Richards, 1954). La apropiada comprensión de las calidades del agua de irrigación, de los atributos del suelo en que se aplican y el constante monitoreo son herramientas esenciales para dimensionar sus interacciones, anticipar efectos negativos y asegurar la productividad de la vegetación, y de tal forma, asegurar las mejores decisiones de uso, gestión y conservación de estos recursos (Malakar *et al*., 2019).

A medida que algunos efectos negativos del cambio climático comienzan a manifestarse décadas recientes en la región, como la multiplicación de eventos de sequía, su intensidad y duración (Almonacid *et al.,* 2024), la irrigación de pastizales representa una presión creciente de uso consuntivo de las aguas superficiales. Los proyectos de riego deben considerar tanto la *apropiada* aplicación del agua requerida, su adecuada distribución, y el control permanente de los riesgos de salinidad y sodicidad (Richards, 1954). Mientras que la aptitud de uso para el riego determina en el corto plazo los efectos potenciales en la productividad de los cultivos, en el mediano y largo plazo condiciona los efectos sobre las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo (Wilcox, 1955; Malakar *et al.,* 2019).

Las aguas de superficie predominantes en la región son del tipo bicarbonatadas cálcico-magnésicas y, si bien determinan bajos riesgos sódicos y salinos, en los ambientes con altas tasas evapotranspirativas durante la estación de crecimiento pueden determinar la precipitación de bicarbonato, con la consecuente exacerbación del riesgo de sodicidad (Diaz *et al.,* 2024). Este escenario representa un importante riesgo para la estabilidad estructural de los suelos de la región sobre los cuales aún se desconoce su aptitud y vulnerabilidad frente a prácticas de riego complementario.

En el presente trabajo se ensayó un mapeo preliminar de la vulnerabilidad salina y sódica en suelos con aptitud para la irrigación en la región hidrográfica del río Coyle, una zona con gran potencial para la ganadería extensiva en el extremo sur de la provincia de Santa Cruz.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Se trabajó en la Región Hidrográfica del río Coyle, identificada como RH12 (Diaz *et al.,* 2021). Ésta, se extiende a lo largo de 29.424 km^2 en el extremo sur de la provincia de Santa Cruz, entre los -50,25° y -51,67° Lat. y -68,50° a -72,25° Long. (Figura 1).

Se elaboró un mapa preliminar de potencialidad de tierras para la irrigación a partir del modelo de elevación ALOS World-3Dv3.1 (Tadono *et al*., 2016) de 30m de resolución, del cual se obtuvieron: (1) un mapa de pendientes no erosivas para la conducción y aplicación de riego gravitacional <3%, y (2) un mapa de curvatura de terreno para restringir tierras solo al piso de valles glacifluviales. Se ajustó (3) un mapa de ríos perennes, y (4) se ensayó un buffer de 2.000 m a cada lado de éstos, con potencial de aprovechamiento gravitacional, siempre que se constatasen las consideraciones previas. Estos mapas se cruzaron con (5) la cobertura de suelos y (6) humedales a fin de validar y corregir zonas de aptitud conocida en términos de la producción de pastizales. Las zonas obtenidas, se cruzaron con (7) cartografía de inventarios y bases de datos de características de suelos regionales disponibles en INTA (Tabla 1), para extraer parámetros fisicoquímicos de interés para su análisis particular y luego combinado con atributos de las aguas de superficie con potencial para irrigación, a través de la conductividad eléctrica específica (CE), el porcentaje de sodio de intercambio (PSI) y la relación de adsorción de Sodio (RAS). La vulnerabilidad de los suelos, definida como la susceptibilidad de manifestar salinidad o sodicidad sobre la base de los indicadores propuestos, se evaluó cualitativamente a partir de una escala

combinada entre atributos propios de aguas y suelos, propuesta por FAO (Ayers y Westcot, 1994) y USDA (Richards, 1954), (Tabla 2).

Tabla 1. Bases de datos utilizadas.

Tipo	Comentario	Fuente
Estratigrafía	Litología, edad; tipo de depósitos; E 1:750.000	Servicio Geológico Minero Argentino (2003)
Suelos	Fisicoquímica de suelos; textura; estructura; E 1:1.000.000 – 1:250.000	SAGyP e INTA (2013); Godagnone y otros (1990); Peri *et al*. (2016)
Topografía	Pendiente DEM ALOSWorld-3Dv3.1 30 m	Tadono *et al.* (2016)
Hidrografía	Ríos perennes E 1:100.000	IGN (2024)
Calidad agua	RAS, CE, clasificaciones de Richards (1954) y Australian and New Zealand Guidelines for Freshwater and Marine Water Quality (2000)	Diaz *et al.* (2024)
Cobertura de suelos	Humedales; Cobertura y uso E 1:100.000	Navarro *et al*. (2022); Peri *et al.* (2024)

Los datos de calidad de las aguas de superficie se obtuvieron de Diaz *et al*. (2024), a partir de 32 monitoreos distribuidos en 17 ríos perennes, realizados en momentos de alta y baja oferta natural de caudales, entre los años 2017 y 2019 (Figura 1). Los analitos evaluados permitieron el cálculo de diferentes indicadores de riesgos de salinidad y sodicidad: (1) la Relación de Adsorción de Sodio (RAS), (2) la Conductividad Eléctrica estandarizada a 25°C (CE), así como (3) clasificaciones de su aptitud para el riego (Richards, 1954) y (4) riesgos de estabilidad estructural de suelos (Australian and New Zealand Guidelines for Freshwater and Marine Water Quality, 2000).

Tabla 2. Evaluación de riesgos combinados de salinidad y sodicidad de aguas y suelos.

Agua	Suelo	Diagnóstico	Riesgo
RAS <3	CE < 2 dS/m; PSI < 6%	No salino, no sódico	Bajo
3 < RAS < 6	CE 2–4 dS/m; PSI 6–15%	Ligeramente salino, moderado sódico	Moderado
6 < RAS < 12	CE 4–8 dS/m; PSI 15–25%	Salino - sódico	Alto
RAS > 12	CE > 8 dS/m; PSI > 25%	Altamente salino - sódico	Severo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Los valles aluviales de la región cubren unos 1.850 km^2 (6,3% de RH12), formados principalmente durante el Holoceno (<11.700 años), tras la más reciente glaciación. Unos 3.297 km^2 consisten mayormente en terrazas fluviales asociadas a diferentes formaciones geológicas y niveles de agradación pedemontana (11,2% de RH12), de igual forma que unos 550 km^2 (1.9%) correspondientes a depósitos de sedimentos fluviales y piroclásticos, todos ambientes usualmente utilizados en proyectos regionales de irrigación. De estas superficies, las que presentaron una pendiente general promedio inferior a 3%, (asumido como umbral no erosivo y máximo valor implementado habitualmente para la conducción gravitacional en proyectos de riego, se acotaron a unos 1.323 km^2 (4,5% de RH12). Los suelos predominantes en las zonas de interés se concentraron en 12 grandes grupos; Arente, Argiborol, Argixerol, Cambortid, Crioborol, Criortente, Haplacuol, Haplargid, Haproborol, Natriborol, Paleoargid y Udortente (Godagnone *et al.,* 1990; SAGyP e INTA. 2013), en general la mayoría con una moderada capacidad de almacenamiento de humedad (12-15 mm/dm), con un fuerte predominio de grupos hidrológicos de permeabilidad lenta (grupos C y D), entre 1,1 y 2,6 cm/h.

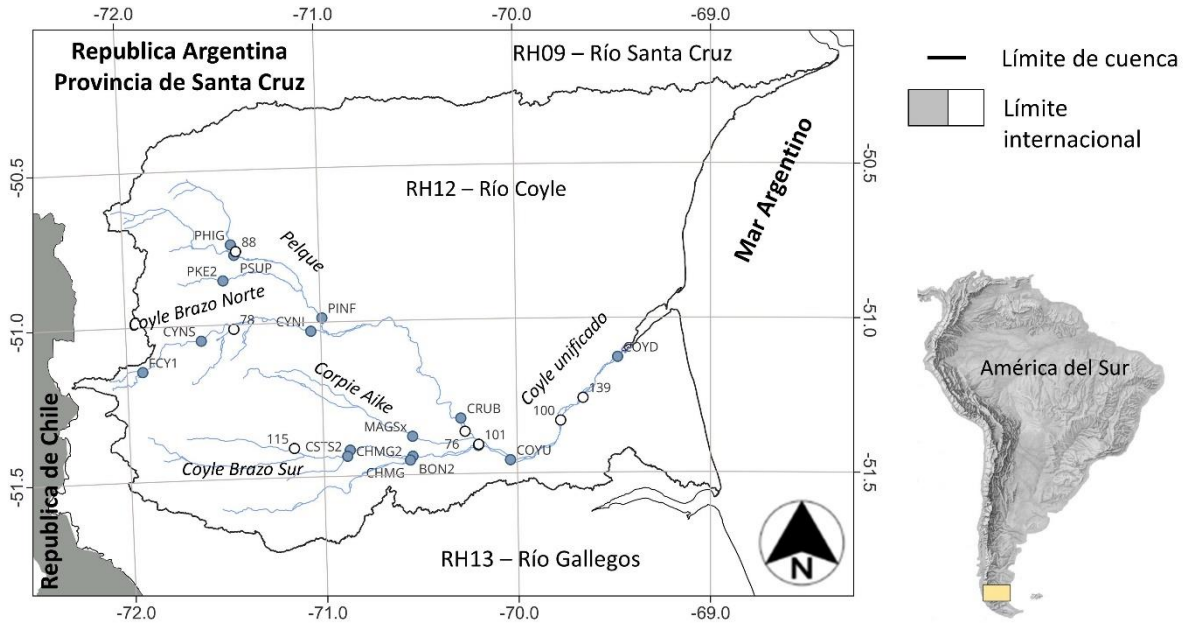


Figura 1. Región Hidrográfica del Río Coyle (RH12), en el extremo sur de la provincia de Santa Cruz (Argentina). Red de ríos perennes, ubicación de sitios de análisis de agua de superficie (códigos alfabéticos) y de suelos (códigos numéricos).

La facie predominante en las aguas de superficie de RH12 es del tipo $Ca(Mg)HCO_3$, si bien el Na^+ tiende a predominar entre los cationes en tramos medios y bajos de la cuenca, determinando la coexistencia de una segunda facie mixta con $Na(K)HCO_3$ (Diaz *et al.,* 2024). Sobre 32 muestras de agua analizadas por los autores en momentos de mínima (final de verano) y máxima oferta de caudales (inicio - mediados de primavera), un 71% demostró representar riesgos variables para la estabilidad estructural y permeabilidad de suelos, en términos de la relación RAS/CE de las aguas. Sin embargo, todas presentaron buenas categorías de aptitud (C1S1, C2S1 y C3S1) desde el punto de vista de su aplicación en cultivos de acuerdo con la propuesta de Richards (1954).
En general, los riesgos salinos y sódicos resultaron bajos en estos suelos, en términos de la clasificación propuesta por USDA, con pH promedio 6,4±0,5, CE<1.600 µS/cm y PSI<5,0% con la excepción de un tramo medio de la RH12 en la confluencia de todos los tributarios principales del río (PSI=10,1% equivalente a un riesgo moderado), entre las secciones PINF y COYU (Figura 1). Según clasificaciones de FAO, los suelos resultaron de bajo a muy bajo riesgo de salinidad. Las aguas regionales de superficie con potencial para el aprovechamiento en riego promediaron un pH de 8,3±0,4 con 89,0<CE<673,0 µS/cm y RAS promedio de 1,5±1,1 con valores extremos absolutos entre 2,5-2,8. Mediante la clasificación de USDA, todas las aguas de la región resultaron de buena aptitud para el riego de un amplio espectro de cultivos, respecto a sales y concentración de Na^+.
Sin embargo, estudios recientes evidencian un riesgo importante de sodicidad para la estabilidad estructural de los suelos debido al predominio de los bicarbonatos en agua que, en ambientes altamente evapotranspirativos como los que presenta la región, pueden potenciar los efectos del Na^+ aún con una baja presencia relativa. La evaluación de los riesgos combinados PSI-suelo y RAS-agua, mediante rangos propuestos por FAO y USDA resultaron en un bajo a nulo riesgo de sodicidad, con una relativa seguridad para la irrigación (PSI<6%; RAS<3), con la sola excepción de una porción de valles en la zona central baja de la RH12, con riesgo moderado de sodificación (6%<PSI<15%; RAS<3).

CONCLUSIONES:
La metodología propuesta permitió una cuantificación preliminar de tierras con potencial para la implementación de riego complementario, en valles aluviales la Región Hidrográfica del Río Coyle, superficies que podrían ser utilizadas para incrementar la producción de los pastizales en ambientes altamente productivos y valorados por el sector agropecuario para la ganadería extensiva de ovinos y bovinos. La buena aptitud general de las aguas de superficie disponible en los ríos perennes de la región

demostró una buena interacción preliminar con los tipos de suelos predominantes en los valles, determinando en general, bajos riesgos combinados de salinidad y sodicidad. Solo la porción media de la RH12 evidenció un riesgo moderado de sodicidad. Sin embargo, hallazgos recientes confirman también la existencia de riesgos de sodicidad asociadas al tipo de sales presentes en el agua en combinación con las características propias de los ambientes áridos y semiáridos de la RH12. Ello permite proponer la necesidad de considerar el estudio y monitoreo de parámetros asociados a estos riesgos, antes del inicio de proyectos de irrigación, de igual forma que profundizar en su investigación a escala regional.

BIBLIOGRAFÍA:

Almonacid, L., Pessacg, N., Diaz, B. G. & Peri, P. L. (2023). Climate regionalization of Santa Cruz province, Argentina. *Atmósfera* 37, 245–258. DOI: 10.20937/ATM.53166

Almonacid, R. L., Pessacg, N., Diaz, B. G. y Peri P. L. (2024). Caracterización espacio temporal de las sequías meteorológicas en Santa Cruz en el contexto de Cambio Climático. *Meteorologica*. DOI: 10.24215/1850468Xe035

Australian and New Zealand Guidelines for Freshwater & Marine Water Quality (2000). National Water Quality Management Strategy. Paper No.4 ANZECC & ARMCANS. Vol.1, Chap.1-7, 314p.

Ayers, R. S. & Westcot, D. W. (1994). Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev.1. Roma, Italia. 174p.

Ayesa, J., Bran, D., López, C., Marcolín, A. y Barrios, D. (1999). Aplicación de la teledetección para la caracterización y clasificación utilitaria de valles y mallines. *Rev. Arg. Producción Animal* 19, 133–138.

Cibils, A. F. & Borrelli, P. R. (2005). Grasslands of Patagonia. In: Suttie J.M., Reynolds J.M., Batello C. (Ed.) Grasslands of the world, FAO Plan Production and Protection Series 34, 121-170.

Diaz, B. G., Giménez, M., Almonacid, L. R., Gaspari, M. F., Bertinat, M. y Peri P. L. (2021). Delineación y codificación de cuencas hidrográficas en la Patagonia Austral. Boletín Geográfico, Universidad Nacional del Comahue 43(2), 51-69. En: https://revele.uncoma.edu.ar/index.php/geografia/article/view/3264/pdf

Diaz, B. G., Acuña, A. J., Almonacid, L. R., Gaspari, M. F., Bertinat, M., Bertoni, O. & Peri P. L. (2024). Water quality assessment of streams and rivers for irrigation in Southern Continental Patagonia. *Rev. FCA UNCuyo* 57(1), 28-40. DOI: 10.48162/rev.39.149.

Godagnone, R. E., Humano, G. y Nakama, V. (1990). Mapa de suelos de la cuenca del río Coyle, evaluación de tierras e índice de productividad. Instituto de Suelos (Castelar) – INTA EEA Santa Cruz. 118p.

Golluscio, R. A., Deregibus, V. A. & Paruelo, J. M. (1998). Sustainability and range management in the Patagonian steppes. *Ecología Austral* 8, 265-284.

IGN (2024). Capas SIG, Sistema de Información GeoEspacial. Instituto Geográfico Nacional. En: https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG

Malakar, A., Snow, D. D. & Ray, C. (2019). Irrigation water quality – A contemporary perspective. Water 11(7), 1-24. DOI: 10.3390/w11071482.

Navarro, M. F., Navarro, C. S., Barrios, R., Calamari, N., Dieta, V., García Martínez, G., Iturralde Elortegui M.R., Kurtz D.B., Michard N.J., Paredes P., Saucedo G., Alday S., Cianfagna, F., Curcio, M., Enriquez, A., López, A., Miranda, F., Pezzola, A., Umaña, F., Vidal, C., Winschel, C., Albarracín, F. S., Alvarenga, F., Behr, S., Cremona, M. F., …, Sica, Y. (2022). Mapa de distribución potencial de humedales en Argentina. Informe técnico. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 66p.

Peri, P. L, Gaitán, J., Díaz Boris, G., Almonacid, R. L., Morales, C., Ferrer, F., Lasagno, R., Rodríguez-Souilla, J. & Martínez Pastur G. (2024). Vegetation type mapping in Southern Patagonia and its

relationship with ecosystem services, soil carbon stock and biodiversity. *Sustainability 16*(2025). DOI: 10.3390/su16052025

Peri, P. L., Lencinas, M. V., Bousson, J., Lasagno, R., Soler, R., Bahamonde, H., Pastur G. M. (2016). Biodiversity and ecological long-term plots in Southern Patagonia to support sustainable land management: The case of PEBANPA network. *Journal for Nature Conservation, 34*, 51-64. DOI: 10.1016/j.jnc.2016.09.003

Richards, L. A. (Ed). (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali in soils. Agriculture Handbook No.60, US Salinity Laboratory Staff. 172p.

SAGyP e INTA. (2013). Suelos de la República Argentina. Proyecto PNUD ARG/85/019, Versión digital corregida, revisada y aumentada (v9.0) de Cruzate G., Gómez L., Pizarro M.J., Mercuri P. y Banchero S., a partir del Atlas de Suelos de la República Argentina. En: https://geo-backend.inta.gob.ar/catalogue/#/document/347

Serio, L., Antelo, M. y Zalazar S. M. F. (2019). Evapotranspiración de Hargreaves en Argentina con datos grillados en alta resolución: valores medios y tendencias. *RADA 10*, 15-23.

Servicio Geológico Minero Argentino. (2003). Mapa Geológico de la Provincia de Santa Cruz. Ministerio de Economía. En: http://repositorio.segemar.gov.ar/308849217/1529

Soil Survey Staff. (2022). Keys to Soil Taxonomy, 13th Ed. USDA-Natural Resources Conservation Service. 410p.

Tadono, T., Nagai, H., Ishida, H., Oda, F., Naito, S., Minakawa, K. & Iwamoto H. (2016). Generation of the 30 m-mesh global digital surface model by ALOS PRISM. [Presentación de trabajo] The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B4, 157-162. XXIII ISPRS Congress, 12–19 July, Prague, Czech Republic. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLI-B4-157-2016, 2016.

Toledo, S., Gargaglione, V., Yahdjian, L., & Peri P. L. (2023). Differential responses of soil microorganisms to precipitation changes in austral semiarid grasslands. *Pedobiologia 97*, 150873. DOI: 10.1016/j.pedobi.2023.150873

Wilcox, L. V. (1955). Classification and use of irrigation waters. USDA Circular No.969, Washington, USA. 21p.

ESTIMACIÓN DE INDICADORES DE SALINIDAD-ALCALINIDAD DEL SUELO UTILIZANDO UN APARATO PORTÁTIL

Fernández, R.[1-2*]; C. Álvarez[1-2]; J. de Dios Herrero[1-2]; N. Kloster[1-2]

[1] INTA Anguil, Ruta 5, km 680 Anguil, INTA Anguil, La Pampa.
[2] Fac Agronomía UNLPam.
* fernandez.romina@inta.gob.ar

RESUMEN: La medida de la conductividad eléctrica (CE) y del pH requiere de equipamientos de laboratorio específicos, previamente calibrados. A campo se pueden emplear aparatos digitales portátiles para medir estos dos indicadores de salinidad-alcalinidad en una pasta de suelo con agua a saturación. Pero hasta el momento, no se conoce la relación entre las medidas realizadas en laboratorio y a campo y no se cuenta con calibraciones en ambos indicadores para los suelos de la Región Semiárida Pampeana (RSP).
Objetivo: Relacionar los valores de CE y pH medidos con aparato digital portátil en pasta saturada con los obtenidos en laboratorio a través de extracto de saturación para CE y suspensión 1:2.5 para pH. Se utilizaron 269 muestras de suelo de la RSP para la determinación de pH y 105 para determinar CE. La clase textural fue franca, franco arenosa y arenosa. Las determinaciones se realizaron en el laboratorio EEA INTA Anguil utilizando los siguientes métodos: para pH suspensión 1:2,5 y para CE sobre el extracto de la pasta saturada del suelo (CEext). Además, a cada muestra de suelo en pasta saturada, se les determinó pH y CE (pHp y CEp) mediante un pH-conductímetro portátil (Marca "HANNA" Modelo: Combo HI98130) en una pasta con agua a saturación, simulando la medida a campo. La CEp arrojó valores menores que la obtenida en el extracto de saturación. El rango para la CEp fue entre 0,10 y 20 dSm^{-1}, mientras que el rango para la CEext se encontró entre 0,17 y 52 dSm^{-1}. Se obtuvo relación lineal entre la CEext y CEp. Para los valores de CEext < 4 dSm^{-1} el coeficiente de determinación fue moderado (R^2 0,70, p<0,0001) y la función fue CEext = 3,43* CEp - 0,37. Cuando se determinó la relación para las muestras > 4 dS m^{-1} el coeficiente de determinación fue mayor (R^2 0,93, p<0,0001) y la función fue la siguiente CEext = 2,77* CEp – 4,49. Para la determinación de pH, se encontró relación aceptable entre ambos métodos (R^2=0,89, p<0,0001), con relación lineal significativa en valores de pH entre 5,5 y 10. Para el pHp el rango se encontró entre 4,8-10,1 y para el obtenido en suspensión 1:2,5 el rango fue entre 5,1 y 10,4. Los resultados permitirían emplear las relaciones para la estimación de CEext y pH 1:2,5 a partir de la CE y pH obtenidos a campo en una pasta de suelo con agua a saturación, mediante un pH-conductímetro portátil.

PALABRAS CLAVE: Conductividad eléctrica, pH, región semiárida pampeana

INTERACCIONES ENTRE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO Y LA DINÁMICA DEL NIVEL FREÁTICO EN AMBIENTES AGRÍCOLA GANADEROS DEL SUR DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Magra, S.[1*]; P. Blanco[1]; A. Salafia[1]; P. Roccia[2]; C. Barzola[3]; C. Álvarez[4]

[1] INTA AER Laboulaye.
[2] Laboratorio de Suelo y Agua LiAgro. Laboulaye, Córdoba.
[3] Gestión integral de cuencas La Picasa.
[4] INTA AER Gral Pico y Fac. Agronomia (UNLPam).
* magra.sofia@inta.gob.ar

RESUMEN: La dinámica del nivel freático (NF) es un factor clave en la evolución de la conductividad eléctrica (CE) del suelo, con implicancias directas en la salinización de los ambientes productivos (moderada a alta). El objetivo del trabajo es analizar la evolución de la CE del suelo en relación con la profundidad del NF durante el período 2017-2024 en cuatro establecimientos del sur de la provincia de Córdoba, Argentina. A partir de datos de monitoreo freático, análisis de suelos y mapas generados con software especializado, se evaluó la correlación entre ambos parámetros. Los resultados muestran variaciones significativas de CE entre años y entre sitios, con tendencias que sugieren tanto procesos de acumulación como de lavado de sales posiblemente asociados no solo a la concentración/cantidad de sales presente, sino también al tipo (calidad intrínseca). En dos establecimientos, se observó un aumento de CE asociado a NF más superficiales, mientras que, en otro, el incremento de salinidad no se vinculó directamente al NF, lo que sugiere la influencia de otros factores tipo de sales, manejo de cobertura superficial o características edáficas /paisaje (posición altimétrica). Estos resultados subrayan la necesidad de un monitoreo sistemático que permita anticipar procesos de salinización (por concentración y tipo de sales) y promover estrategias de manejo adaptativo para preservar la aptitud agrícola de los suelos (rotaciones de cultivos- secuencias, usos de fertilizantes/enmiendas).

PALABRAS CLAVE: conductividad eléctrica; suelos, napa freática

INTRODUCCIÓN:

La Región Pampeana Argentina constituye una de las llanuras más extensas y productivas del mundo, con un rol clave en la seguridad alimentaria global (Taboada *et al.,* 1998). La misma, se caracteriza por una elevada sensibilidad a las variaciones hidrológicas, ya que tanto los excesos como los déficits hídricos afectan significativamente la productividad agropecuaria y la sustentabilidad de los sistemas rurales (Cisneros *et al*., 2011; de Prada *et al.,* 2014).

En este contexto, la dinámica del nivel freático emerge como un factor determinante en el funcionamiento de los agroecosistemas. Su interacción con las características edáficas, la variabilidad climática y las prácticas de manejo condiciona la disponibilidad de agua para los cultivos, así como también procesos no deseados como el anegamiento, la salinización y la degradación de suelos (Nosetto *et al*., 2009a; Florio y Nosetto, 2022, Macchiavello 2023). Particularmente, el ascenso del NF ya sea por ascenso capilar (columna de agua influenciada por tamaño de poros y tipos de sales presentes), evaporación o infiltración pueden inducir una redistribución de sales que, en el mediano plazo, comprometa la aptitud agrícola del suelo (Gorgas y Bustos, 2008; Lavado y Taboada, 2009).

Comprender la relación entre la dinámica del NF y la conductividad eléctrica (CE) del suelo resulta esencial para anticipar procesos incipientes de salinización y proponer estrategias de manejo adaptativo. En los últimos años, el uso combinado de datos de monitoreo en campo, mapas de profundidad de NF generados mediante sistemas de información geográfica, y análisis químicos del suelo ha permitido realizar estudios más integrales sobre esta problemática (García *et al.,* 2018; Manzione *et al*., 2021; Jasechko *et al.,* 2024).

El objetivo del trabajo fue analizar la evolución de la CE del suelo en relación con la profundidad del nivel freático durante el período 2017-2024 en cuatro establecimientos del sur de la provincia de Córdoba, Argentina. En este sentido, se plantearon como objetivos específicos analizar la variabilidad de la CE en

el período de 7 años; contrastar los valores de CE del suelo con los del NF; estudiar de manera preliminar los procesos incipientes de salinización producto de la interacción NF-CE. A través de este abordaje se buscó identificar posibles tendencias de salinización y su relación con el comportamiento del nivel freático, con el fin de aportar conocimiento útil para la toma de decisiones en el manejo productivo y ambiental de la región. Se trata de un análisis preliminar que sea base para el abordaje de futuras investigaciones en estos ambientes con la incorporación de nuevas variables indicadoras de salinización de suelos (por ej., tipos de sales presente en el agua de napa).

MATERIALES Y MÉTODOS:

El estudio se realizó tomando bases de datos freáticos y de análisis químicos de suelos de 4 establecimientos ubicados al nordeste, sureste y sudoeste de la localidad de Laboulaye, en el departamento Roque Sáenz Peña, durante el período 2017-2024. Se trata de establecimientos agrícola ganaderos que fueron identificados con letras A (34°16'30.17"S; 63°39'23.74"O), B (33°59'39.59"S;63°19'57.09"O), C (34°19'46.46"S;63°07'34.25"O), D (34°03'35.1"S; 63°19'47.97"O). Se analizó la conductividad del suelo a los 20 cm de profundidad con conductímetro Adwa (Ad 1030) según la proporción suelo:agua 1:2,5. En cambio, los valores del NF fueron extraídos de los mapas de dinámica generados por una consultora privada a través del software FREOMAP y de la red de monitoreo de napas de la agencia de extensión de INTA Laboulaye.



Figura 1: Ubicación de los sitios de estudio.

Se llevó a cabo la sistematización de la información de los establecimientos que contenían mapas de napas y valores de CE en los períodos analizados. A partir de esta información, se realizó la correlación entre los parámetros.

En la mayoría de los sitios la CE cambió significativamente con el tiempo, lo cual refleja dinámicas de salinización o lavado de sales (Figura 2). El establecimiento C tuvo el valor más alto en 2017 y luego disminuyó notablemente. Por el contrario, en el sitio D, el aumento de la CE entre 2021 y 2024 podría indicar un ascenso de napa o acumulación de sales.



Figura 2: Conductividad eléctrica del suelo en los períodos estudiados.

Se compararon datos de profundidad del NF y conductividad eléctrica (CE) para el mismo período en cada sitio (Tabla 1.), estableciendo la correlación entre los parámetros (Figura 3).

Tabla 1: Valores promedios de conductividad de suelo (mS/cm) y Nivel freático (cm) para el set de años en estudio.

Establecimiento	Año	Produndidad de napa freática	CE (mS/cm)
A	2019	1,84	0,11
	2024	1,48	0,13
B	2019	2,29	0,10
	2024	2,39	0,07
C	2017	0,66	0,21
	2024	2,20	0,11
D	2021	1,98	0,07
	2024	2,39	0,11

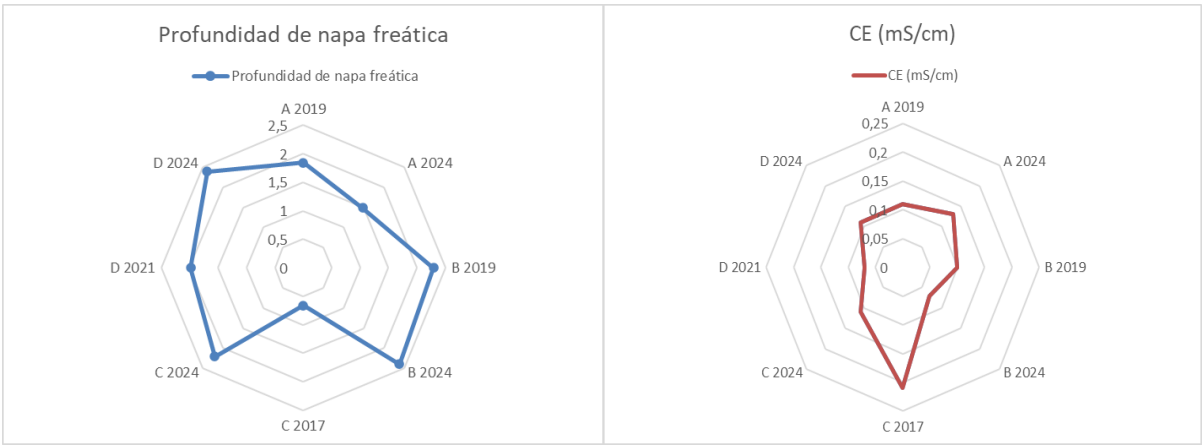


Figura 3: Gráfico radial de A) la profundidad del Nivel Freático promedio y B) la Conductividad eléctrica medida en el suelo.

El gráfico A) muestra que las profundidades mayores se observaron en los establecimientos D y B, para ambos años. Para el establecimiento A, se registraron profundidades intermedias (oscilaron entre 1.48

mt y 1.84 mt) y en el caso del establecimiento C, se relevaron las profundidades más cercanas a la superficie.
Por otra parte, el gráfico B), muestra la conductividad eléctrica del suelo (en mS/cm), asociada a la acumulación de sales solubles. El establecimiento que arrojó mayor CE, coincidió con la napa más superficial. En el sentido inverso, el resto de los casos mostros una baja CE coincidente con una napa más profunda.
Existe una relación inversa evidente entre la profundidad de la napa freática y la conductividad eléctrica del suelo. Al estar más cerca de la superficie, la napa facilita el ascenso capilar y, en consecuencia, podría estar acumulando sales en la zona radicular.
Este comportamiento es consistente con la literatura que indica que las napas superficiales favorecen la salinización del perfil edáfico, especialmente en condiciones de evaporación elevada.

CONCLUSIONES:
La variabilidad temporal de la conductividad eléctrica (CE) observada en los establecimientos sugiere que existen procesos activos de salinización y/o lavado de sales, influenciados principalmente por la dinámica de la NF.
En tres de los cuatro sitios se evidenció una correlación directa entre la profundidad del NF y la CE del suelo. Así en el punto B disminuyeron los valores de profundidad de NF y de CE, y en los sitios A y C una NF más superficial se presentó con un aumento de la CE y el ascenso capilar en la acumulación de sales en el perfil edáfico.
En otros sitios, como el establecimiento D, el aumento de CE sin ascenso del NF indica que existen otras variables involucradas como el tipo de sales, manejo agrícola, el tipo de suelo o el balance hídrico local que deben considerarse en futuros estudios.
Este análisis preliminar confirma la necesidad de un monitoreo continuo y sistemático de la CE y del NF para anticipar procesos de salinización moderada, que podrían comprometer la aptitud productiva de los suelos a mediano y largo plazo.
Además, asociado al efecto capilar dado en cada posición del relieve por textura, tipo de suelo y calidad intrínseca de la napa, podría mejorar el ajuste propuesto por Videla *et al.* 2025 y Macchiavello 2024 sobre procesos de anoxía y salinización que pueden afectar la productividad de ambientes agrícolas y ganaderos de una extensa región de la pampa arenosa

BIBLIOGRAFÍA:
Cisneros, J.M., Grau, J.B., Antón, J.M., de Prada, J.D., Cantero, A. y Degioanni, A.J. (2011). Evaluación de enfoques multicriterio con atributos ambientales, económicos y sociales: un estudio de caso en la región pampeana, Argentina. AgriculturalWater Management, 98, 1545–1556. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.05.009

De Prada, J.D., Bravo-Ureta, B.E., Cisneros, J.M. y Cantero, A. (2014). El impacto externo de la agricultura sobre humedales interiores: un estudio de caso en Argentina. European Scientific Journal, 10(2), 99–117.

Florio, E.L. y Nosetto, M.D. (2022). Enfoque de modelado para explorar la influencia de diferentes rotaciones de cultivos sobre la profundidad de la napa y los rendimientos en la región pampeana. Soil & Tillage Research, 223, 105496. https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105496.

Florio, E.L., Mercau, J.L., Jobbágy, E.G. y Nosetto, M.D. (2014). Efectos interactivos de la profundidad de la napa, la variación de lluvias y la fecha de siembra sobre el rendimiento del maíz en la pampa occidental. Agricultural Water Management, 146, 75–83. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.022

García, M., Aráoz, E. y Michel, T. (2018). Evaluación de procesos de salinización asociados al ascenso de napas en sistemas agrícolas. Revista de Suelos y Agua, 56(2), 34–43.

Gorgas, J. y Bustos, A. (2008). Salinización de suelos y evolución de napas en ambientes bajos del sudoeste de Córdoba. Serie Técnica INTA EEA Manfredi, (14), 27–35.

Jasechko, S., Schilling, K.E. y col. (2024). Seguimiento del impacto de aguas subterráneas someras en la salinización de suelos mediante datos satelitales y mediciones de campo. Journal of Hydrology, 627, 130219. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130219.

Lavado, R.S. y Taboada, M.A. (2009). Impacto de las napas freáticas sobre la calidad de los suelos y su manejo en la Región Pampeana. Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, 27(1), 55–63.

Manzione, R.L., Silva, D.J. y Peres, F.S. (2021). Dinámica de la salinidad del suelo en áreas irrigadas: variabilidad espacio-temporal y relación con la profundidad del agua subterránea. Soil and Water Research, 16, 121–130.

Nosetto, M.D., Jobbágy, E.G., Tóth, T. y Jackson, R.B. (2009a). Patrones regionales y factores de control de la salinización de ecosistemas con interacción freática en la Pampa argentina. Landscape Ecology, 24, 157–170. https://doi.org/10.1007/s10980-008-9280-7.

Taboada, M.A., Rubio, G. y Lavado, R. (1998). Deterioro de pasturas de agropiro en suelos salino-sódicos. Journal of Range Management, 51, 241–246.

Videla-Mensegue, H., M.S. Magra, C. Álvarez, A. Macchiavello, E. Noellemeyer and O.P. Caviglia.2024. A simple model for water table fluctuations for agronomic decision making in the argentinian pampas. Geoderma Reg. (41) e00956. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2025.e00956

ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE SALINIDAD SUPERFICIAL EN AMBIENTES HALOMÓRFICOS MEDIANTE SENSORES REMOTOS

Martino, A.[1]; A. J. Tarditti[1]; P. Baldassini[2-3]; C. E. Di Bella[3-4]; C. Casas[1-3*]

[1] Cátedra de Edafología - FAUBA,
[2] Departamento de Métodos Cuantitativos y Sistemas de Información - FAUBA,
[3] IFEVA - CONICET, 4 Cátedra de Forrajicultura - FAUBA. Av. San Martín 4453. Buenos Aires.
* ccasas@agro.uba.ar

RESUMEN: La caracterización e identificación de ambientes halomórficos en climas templados representan un desafío clave para su adecuada integración en sistemas agropecuarios sustentables. En este trabajo se presentan resultados preliminares de un estudio realizado en un establecimiento del sur de la provincia de Córdoba, con el objetivo de desarrollar modelos predictivos que estimen el nivel de salinidad superficial del suelo a partir de información espectral obtenida de imágenes satelitales y datos de campo. Para la calibración de los modelos, se relevaron 32 sitios representativos de la heterogeneidad edáfica del establecimiento. En cada punto se tomaron muestras compuestas de suelo a 0–20 cm de profundidad, sobre las que se determinaron la conductividad eléctrica (CEe, en extracto de saturación; $dS.m^{-1}$), el pH actual (1:2,5 en agua destilada) y la granulometría (método de Bouyoucos). Paralelamente, se procesaron imágenes Sentinel-2 (resolución espacial de 10 m) correspondientes a los períodos julio–diciembre de 2024 y diciembre–enero de 2025. Sobre estas imágenes se calcularon 15 índices espectrales relacionados con salinidad y 5 índices de vegetación, resumidos mediante sus valores medios, medianos, mínimos y máximos para cada período. Se ajustaron modelos estadísticos del tipo “stepwise regression”, “random forest”, GAM y bayesianos, empleando como variable respuesta la CEe superficial o su transformación logarítmica [log(CEe)]. Como variables predictoras se incluyeron los índices espectrales, el pH actual, la textura del suelo y la altimetría (en valores absolutos o escalados). Los resultados preliminares indican que el modelo más parsimonioso y robusto incluyó dos variables cuadráticas: el índice espectral SI3 y el índice de vegetación MCARI, alcanzando un coeficiente de determinación $R^2 = 0,87$. A partir de este modelo se generó un mapa continuo de salinidad superficial a escala de píxel Sentinel, representando espacialmente la distribución de la salinidad del suelo en $dS.m^{-1}$. Este enfoque permite discriminar zonas de manejo diferencial para la toma de decisiones agronómicas y contribuye al diseño de estrategias de uso más eficiente y sostenible en ambientes salino-sódicos. El trabajo destaca el potencial del uso combinado de sensores remotos y muestreo de suelo como herramienta clave para el diagnóstico espacial de salinidad, el ordenamiento territorial y la planificación productiva en zonas afectadas por sales.

PALABRAS CLAVE: conductividad eléctrica, índices espectrales, manejo sustentable

ÍNDICE DE DISPERSIÓN: UNA METODOLOGÍA PARA CARACTERIZAR SUELOS SALINOS Y SÓDICOS DEL CENTRO DE CÓRDOBA

Milán, C.[1*]; L. Bauk[1]; M. Manzotti[1]; L. Karlau

[1] Instituto Académico Pedagógico de Ciencias Básicas y Aplicadas. Universidad Nacional de Villa María. Arturo Jauretche 1555. Villa María, (5900) 333, Córdoba.
* cmilan@unvm.edu.ar

RESUMEN: En el centro-este de la provincia de Córdoba, la presencia de suelos con características salinas, sódicas y dispersivas genera una marcada heterogeneidad espacial en el crecimiento de los cultivos, dificultando el diagnóstico y manejo agronómico. Los métodos tradicionales de evaluación de sodicidad y salinidad, como el PSI y la CEe, si bien confiables, son costosos, requieren grandes volúmenes de muestra y equipamiento especializado. En este trabajo se aplicó la técnica del Índice de Dispersión como herramienta alternativa para la clasificación de suelos, junto con determinaciones de pH y CE en suspensión 1:2,5, adaptadas a las condiciones de análisis de laboratorios regionales. Se analizaron 250 muestras de suelos halomórficos de distintas localidades del centro de Córdoba, evaluando variables físico-químicas como pH, CE, PSI y relaciones entre cationes de intercambio. Se establecieron siete categorías de suelos: Ácido, Normal, Salino, Dispersivo Ácido, Sódico Neutro, Sódico Alcalino y Salino Sódico. Además, se aplicaron ecuaciones de regresión para estimar CEe a partir de CE1:2,5, diferenciadas por profundidad. Los resultados mostraron una clara asociación entre las categorías del índice de dispersión y propiedades como PSI, Na/Ca, Ca/Mg y CE1:2,5. En especial, los suelos sódicos alcalinos y salino-sódicos presentaron alta dispersión y relaciones catiónicas desbalanceadas. Se concluye que la clasificación por Índice de Dispersión constituye una herramienta diagnóstica útil, práctica y económica para suelos problemáticos, y una base valiosa para la toma de decisiones agronómicas y el manejo sustentable.

PALABRAS CLAVE: Diagnóstico edáfico, Conductividad eléctrica, porcentaje de sodio intercambiable

INTRODUCCIÓN:

Argentina es considerada, luego de Australia y Rusia, el tercer país a nivel mundial con mayor superficie de suelos halomórficos (Lavado y Taboada, 2009). En el centro-oeste de Santa Fe y centro-este de Córdoba, es frecuente observar un fenómeno conocido como "manchoneo", caracterizado por áreas de tamaño variable, con límites bien definidos, donde se presentan escaso desarrollo de biomasa aérea. Estas zonas contrastan con otras de vegetación normal, generando un patrón de distribución espacial heterogéneo (Panigatti *et al.,* 1971), similar al “patching” descripto por Rengasamy (1998) en suelos australianos. Una de las causas más relevantes de esta variabilidad espacial es la profundidad a la que se localizan el sodio de intercambio y/o las sales en concentraciones que afectan negativamente el desarrollo vegetal (Jarsun, 1996; Bonadeo *et al*., 2006). Este fenómeno se ve favorecido por un deficiente drenaje superficial, asociado a un relieve suavemente ondulado con pendientes menores al 0,3 % y orientación oeste-este. En muchas áreas, el patrón de drenaje es radial, con confluencia hacia depresiones donde se forman charcas permanentes o semipermanentes, que recargan la napa freática (INTA, 1993).

Los suelos sódicos presentan una severa degradación estructural, debido a su alto contenido de sodio intercambiable (PSI) y baja concentración de electrolitos, lo que favorece la dispersión de arcillas. El umbral crítico de PSI que determina esta susceptibilidad varía según el tipo de suelo (Shainberg & Letey, 1984).

La caracterización de la salinidad se realiza mediante la conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada (CEe) y la sodicidad en condiciones salinas se evalúa a partir de la relación de adsorción de sodio (RAS), calculada a partir de las concentraciones de Na^+, Ca^{2+} y Mg^{2+} en el extracto saturado (Birru *et al.*,2019). Sin embargo, estos métodos presentan limitaciones, ya que requieren procedimientos costosos, equipamiento especializado y grandes volúmenes de muestra. Por esta razón, muchos

laboratorios comerciales utilizan métodos alternativos, como suspensiones con proporciones fijas de suelo y agua.

Otra dificultad para caracterizar estos suelos es la variabilidad en los criterios de interpretación. En Estados Unidos, se considera un suelo sódico si el RAS supera 13 o el PSI es mayor al 15 %, y salino si la CEe excede los 4 dSm^{-1}. No obstante, en otras regiones del mundo se utilizan umbrales más bajos. Por ejemplo, en Australia se acepta un PSI del 6 % como valor crítico (Rengasamy, 1997), mientras que en Dakota del Sur se han identificado riesgos a la sostenibilidad con valores de porcentaje de Na tan bajos como 4 % (Carlson *et al.,* 2013). Esta disparidad refleja la necesidad de contextualizar los valores según las condiciones edafoclimáticas locales.

Las limitaciones mencionadas justifican la búsqueda de indicadores diagnósticos más simples, rápidos y accesibles, que permitan evaluar con mayor precisión la sodicidad y salinidad del suelo, y que sirvan de base para la toma de decisiones agronómicas adecuadas (Birru *et al.,* 2019).

Investigaciones previas desarrolladas por Olivo *et al.* (2013) y Milán *et al*. (2016) en las regiones de Villa María y Río Cuarto identificaron comportamientos sódico-dispersivos similares a los observados en suelos australianos (Rengasamy y Olsson, 1991), adaptando metodologías propuestas por Rengasamy (1997) y DPI, (2006). En una primera etapa, se identificaron categorías de suelos y sus propiedades distintivas, desarrollándose ecuaciones para estimar el PSI en las zonas mencionadas (Karlau, 2019; Milán *et al*., 2019). Los umbrales empleados se basaron en determinaciones de CE y pH realizadas en suspensiones suelo:agua 1:5, con un tiempo de reposo de 24 horas.

Posteriormente, considerando que en la mayoría de los laboratorios de suelos de Argentina las determinaciones de CE y pH se realizan en suspensiones 1:2,5 y con tiempos de reposo de entre 30 y 60 minutos, se propuso desarrollar una clasificación adaptada a estas condiciones analíticas, utilizando indicadores de uso común y fácil aplicación.

El objetivo de este trabajo es presentar una clasificación basada en la técnica del Índice de Dispersión para la identificación de suelos salinos y sódicos en la región centro de Córdoba, establecer los umbrales correspondientes y analizar la relación de cada categoría con propiedades físico-químicas características de cada grupo.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Se evaluaron 250 muestras de suelo recolectadas en sitios con evidencia de halomorfismo, ubicados en las localidades de Arroyo Algodón, San Basilio, San Marcos Sud y en zonas cercanas a Villa María (provincia de Córdoba). Las muestras fueron extraídas con barreno en 3 o 4 piques por sitio, en distintas profundidades. La mayoría de las muestras correspondió a suelos franco-limosos, seguidos en menor proporción por francos y franco arcillo-limosos.

A cada muestra se le realizaron las siguientes determinaciones:

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC): mediante saturación del complejo de intercambio con acetato de amonio, y posterior cuantificación del amonio por destilación y titulación (IRAM-SAGyP 29577-2:2024)

Cationes de intercambio (Na^+, K^+, Ca^{2+} y Mg^{2+}): extraídos con acetato de amonio y determinados por fotometría de llama (Na^+, K^+) y titulación con EDTA (Ca^{2+}, Mg^{2+}) (IRAM-SAGyP 29577-1:2022)

Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI): determinado según Richards (1973).

Conductividad eléctrica (CE) y pH actual: medidos en suspensión suelo:agua 1:2,5 mediante conductimetría y potenciometría, respectivamente (IRAM-SAGyP 29579:2021 y IRAM-SAGyP 29574:2021)

Índice de dispersión: aplicado según la metodología de Milán *et al.* (2016), adaptada de Rengasamy (1997) y DPI (2006). Para evaluar la dispersión, se emplearon dos observaciones complementarias:

- Turbidez del sobrenadante: se colocaron 40 g de suelo (con partículas ≤1 cm) en un frasco con 200 cm^3 de agua destilada, sin agitación, y se dejó reposar entre 12 y 24 horas. Un sobrenadante claro indica suelo no dispersivo; uno turbio, suelo dispersivo.

- Comportamiento de agregados en placas de Petri: en una primera etapa se colocaron 4 o 5 agregados sin disturbio (0,5–1 cm); en una segunda etapa, se usaron agregados reconstituidos (“bolita”) disgregados previamente en agua. En ambas etapas se agregó agua destilada y se dejó reposar entre

12 y 24 h. La dispersión se evidenció por la aparición de halos de coloides alrededor del agregado y la turbidez del agua.

- **La intensidad de la dispersión** se clasificó según la escala:

- Grados de dispersión alta (GF 10 a 7): observada en la primera etapa (dispersión espontánea o fuerte).

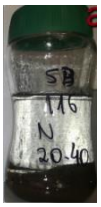
- Grados intermedios a bajos (GF 6 a 3): registrados en la segunda etapa (dispersión mecánica o leve).

- No dispersivos: cuando no se observa dispersión en ninguna etapa (GF 2 a 0).

Clasificación y análisis

Se clasificaron las muestras en función de los valores de pH y CE en suspensión 1:2,5 y del comportamiento dispersivo observado. Los umbrales para salinidad se fijaron en 2 dS/m de CEe, siguiendo el criterio de salinidad moderada, considerando la sensibilidad de numerosos cultivos entre 2 y 4 dS/m (USDA, 1999).

Tabla 1. Clasificación de suelos según el índice de dispersión.

Sobre nadante	Agregados	$CE_{1:2,5}$ (dS.m^{-1}) 0-20cm 20-60cm	CEe (dS.m^{-1})	$pH_{1:2,5}$	Tipo de suelo
 **Claro**	**Sin dispersión**	< 0,40 < 0,42	<2	<6	1. Ácido
				>6	2. Normal
		> 0,40 > 0,42	>2	No se considera	3.Salino
 **Turbio**	**Con dispersión** Fuerte o Débil	< 0,40 < 0,42	<2	<6,5	4. Dispersivo ácido
				6,5- 8,2	5.Sódico neutro
				>8,2	6.Sódico alcalino
		> 0,40 > 0,42	>2	No se considera	7.Salino sódico

Para estimar la CEe a partir de la $CE_{1:2,5}$, se utilizaron ecuaciones de conversión ajustadas por profundidad (Bauk & Milán, en prensa, Congreso RAS 2025):

- Para 0–20 cm: **$CEe = -0,18 + 5,51 \times CE_{1:2,5}$**
- Para 20–60 cm: **$CEe = -0,10 + 4,98 \times CE_{1:2,5}$**

Los umbrales de pH fueron definidos según Porta *et al.* (1991), en base a los efectos esperados de la reacción del suelo. En cuanto a la sodicidad, se utilizaron los valores de pH y la dispersión como criterio de clasificación.

Cada muestra fue clasificada en una de las siguientes categorías (Tabla 1): Ácido (1.a), Normal (2.N), Salino (3.sal), Dispersivo ácido (4.Da), Sódico neutro (SN), Sódico alcalino (SA) o Salino sódico (salS). Posteriormente, se calcularon estadísticas descriptivas para cada grupo, a fin de caracterizar sus propiedades físico-químicas. El análisis de datos se realizó con el programa InfoStat **(**Di Rienzo *et al.,* 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

En la actualización de la clasificación del Índice de Dispersión se incorporó la categoría “Ácido” y se redefinió la denominación “Dispersivo ácido”, que anteriormente habían sido mencionadas por Rengasamy (1997) como “Normal” y “Sódico ácido”, respectivamente (Tabla 1). El criterio que motivó esta modificación fue que los suelos con pH menor a 6, aunque no presenten dispersión aparente,

pueden generar restricciones al desarrollo vegetal debido a la disminución en la actividad microbiana y la posible deficiencia de nutrientes esenciales (USDA, 1999; Porta *et al*., 2013).

La categoría "Dispersivo ácido" representa casos aún más problemáticos, ya que además de la acidez, estos suelos muestran comportamiento dispersivo, lo que conduce a obstrucción de poros de aireación y reducción del drenaje. En estos suelos se observa un PSI (Tabla 2, Figura 2 A) y una relación Na/Ca de intercambio superiores a los del grupo ácido no dispersivo (Tabla 2, Figura 2 B). Por el contrario, en estos últimos, la relación Ca/Mg es más alta (Figura 2C), lo que favorece la estabilidad estructural, ya que el calcio es un floculante más eficaz que el magnesio (Yingcan Zhu, 2019; Rengasamy, 1986; Dontsova, 1999).

Dado que los sitios de muestreo fueron seleccionados por presentar características halomórficas, la mayoría de las muestras resultaron clasificadas como dispersivas, y sólo un número reducido correspondió a suelos no dispersivos (ácidos, normales o salinos) (Tabla 2). No obstante, esto no implica que dichas clases no estén presentes en la región, ya que en los laboratorios de análisis de suelo se reciben habitualmente muestras con esas características, especialmente provenientes de producciones agrícolas intensivas.

Los distintos grupos de suelos se diferenciaron claramente por su Grado Final de dispersión (GF) (Tabla 2 y Figura 1C). Los suelos Ácidos, Normales y Salinos, al ser no dispersivos, presentaron los valores más bajos de GF. En cambio, los suelos dispersivos mostraron valores crecientes de dispersión en función del pH (Figura 1A), siendo los suelos con pH más elevados los que alcanzaron mayores niveles de dispersión. Esta tendencia fue consistente con el incremento observado en el porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) (Tabla 2, Figura 2A).

En muchos casos, al no incluirse la evaluación del Índice de Dispersión en los análisis de rutina de laboratorio, los suelos dispersivos ácidos (DA) y sódicos neutros (SN) pueden ser erróneamente clasificados como "Normales". Esto se debe a que sus resultados analíticos no superan el umbral clásico de PSI del 15 %, o presentan valores de pH cercanos a la neutralidad. Sin embargo, en la práctica, los asesores detectan una marcada compactación en estos suelos, atribuida al desequilibrio en las relaciones de cationes de intercambio, particularmente Na/Ca y Ca/Mg, en comparación con un suelo verdaderamente Normal (Figuras 2B y 2C). (Yingcan Zhu, 2019, Rengasamy, 1986). Para corregir estos suelos se utiliza la aplicación de enmiendas cálcicas como estrategia correctiva, en lugar de maquinaria pesada para "romper" la compactación, ya que este tipo de intervención tiende a ser temporal y la compactación reaparece rápidamente si no se corrige el problema de fondo (Milan & Bonadeo, 2017).

Los suelos sódicos alcalinos (SA) y salino-sódicos (salS) presentan valores de PSI considerablemente elevados (Figura 2 A) y un desequilibrio en las relaciones catiónicas aún más acentuado que los grupos mencionados anteriormente (Figuras 2 B y C). Esta condición conduce a una dispersión más severa de las partículas, provocando limitaciones estructurales críticas que restringen significativamente su uso agrícola. En estos casos, las enmiendas cálcicas o las prácticas de manejo convencionales pueden ser ineficaces para mejorar sus propiedades físicas, ya que la degradación estructural es profunda y persistente (Milán & Bonadeo, 2017). Este tipo de suelos se localiza predominantemente en profundidad, y rara vez se presentan en los horizontes superficiales. Su presencia está vinculada a la influencia de napas freáticas con salinidad moderada y alta sodicidad, cuya proximidad a la superficie depende de las condiciones climáticas predominantes, como se ha reportado en estudios con ambientes similares (Milán *et al.,* 2016).

En cuanto al contenido de materia orgánica, especialmente en los horizontes superficiales, aunque en esta investigación no se realizaron todas las determinaciones correspondientes, trabajos previos han mostrado que su presencia no tiene un efecto directo en la generación de dispersión. Sin embargo, al tratarse de un coloide, la materia orgánica puede participar en el proceso, contribuyendo a la coloración más oscura del sobrenadante en muestras dispersivas (Manzotti, 2022).

Tabla 2. Valores frecuentes promedios, mínimos y máximos de propiedades en cada categoría de suelos de la región centro este de Córdoba.

	1.a n=5	**2. N** n=7	**3. sal** n=7	**4.Da** n=20	**5. SN** n=47	**6.SA** n=66	**7. salS** n=98
$pH_{1:2,5}$	x̄=6,07 Min=5,84 Máx=6,48	x̄=6,87 Min=6,57 Máx=7,20	x̄=6,70 Min=5,07 Máx=7,97	x̄=5,90 Min=4,93 Máx=6,49	x̄=7,36 Min=6,51 Máx=8,15	x̄=8,88 Min=8,23 Máx=9,69	x̄=8,80 Min=6,23 Máx=9,96
$CE_{1:2,5}$ (dS/m)	x̄=0,18 Min=0,09 Máx=0,41	x̄=0,12 Min=0,04 Máx=0,21	x̄=0,81 Min=0,12 Máx=1,01	x̄=0,15 Min=0,04 Máx=0,35	x̄=0,16 Min=0,03 Máx=0,38	x̄=0,29 Min=0,11 Máx=0,42	x̄=0,67 Min=0,41 Máx=1,51
GF	x̄=1,40 Min=1 Máx=2	x̄=1,57 Min=1 Máx=2	x̄=2 Min=2 Máx=2	x̄=4,25 Min=3 Máx=8	x̄=5,30 Min=3 Máx=10	x̄=5,86 Min=3 Máx=10	x̄=5,90 Min=3 Máx=10
PSI	x̄=1,85 Min=1,38 Máx=2,40	x̄=2,76 Min=1,11 Máx=5,30	x̄=6,04 Min=3,79 Máx=8,27	x̄=5,03 Min=1,84 Máx=16,24	x̄=9,61 Min=2,05 Máx=38,72	x̄=29,00 Min=6,58 Máx=62,17	x̄=33,64 Min=4,24 Máx=73,35
Na+K/ Ca+Mg	x̄=0,23 Min=0,12 Máx=0,35	x̄=0,25 Min=0,09 Máx=0,39	x̄=0,34 Min=0,16 Máx=0,48	x̄=0,24 Min=0,07 Máx=0,40	x̄=0,40 Min=0,10 Máx=1,28	x̄=0,73 Min=0,11 Máx=2,56	x̄=0,78 Min=0,08 Máx=2,32
Na/Ca	x̄=0,05 Min=0,03 Máx=0,08	x̄=0,07 Min=0,03 Máx=0,11	x̄=0,17 Min=0,07 Máx=0,44	x̄=0,12 Min=0,04 Máx=0,42	x̄=0,29 Min=0,03 Máx=1,13	x̄=0,76 Min=0,05 Máx=3,28	x̄=0,91 Min=0,06 Máx=3,04
Ca/Mg	x̄=3,24 Min=1,30 Máx=7,60	x̄=2,29 Min=1,00 Máx=3,80	x̄=1,85 Min=1,50 Máx=2,70	x̄=2,76 Min=1,50 Máx=5,20	x̄=2,57 Min=0,78 Máx=7,30	x̄=2,82 Min=1,10 Máx=14,8	x̄=2,45 Min=0,90 Máx=6,80

Ref. Grado final (GF), Porcentaje de Sodio intercambiable (PSI). Ácido (1.a) Normal (2.N), salino (3.sal), Dispersivo ácido (4.Da), Sódico neutro (SN), Sódico alcalino (SA) o Salino sódico (salS). Los cationes de intercambio y sus relaciones expresados en cmol/kg de suelo.

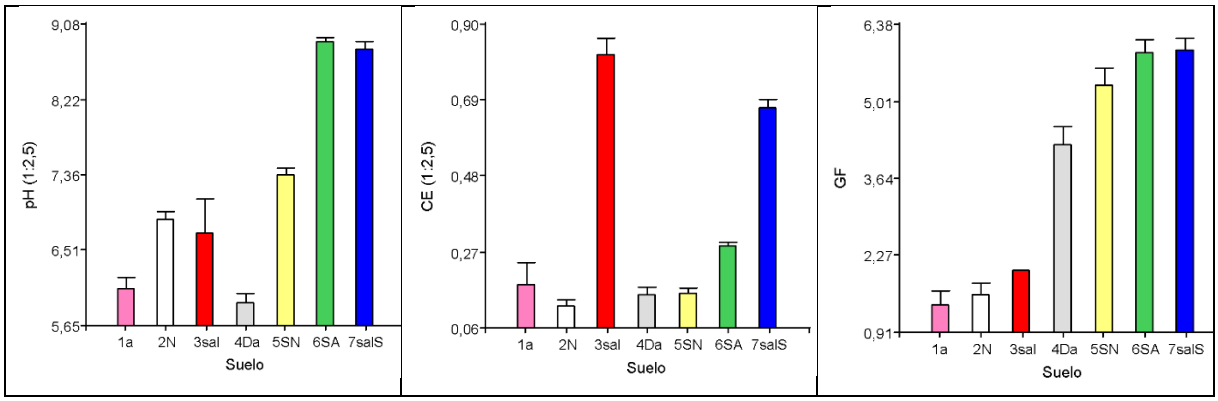


Figura 1. Valores promedio de propiedades en los diferentes tipos de suelo. A) pH1:2,5 B) CE1:2,5 C) Grado Final (GF).

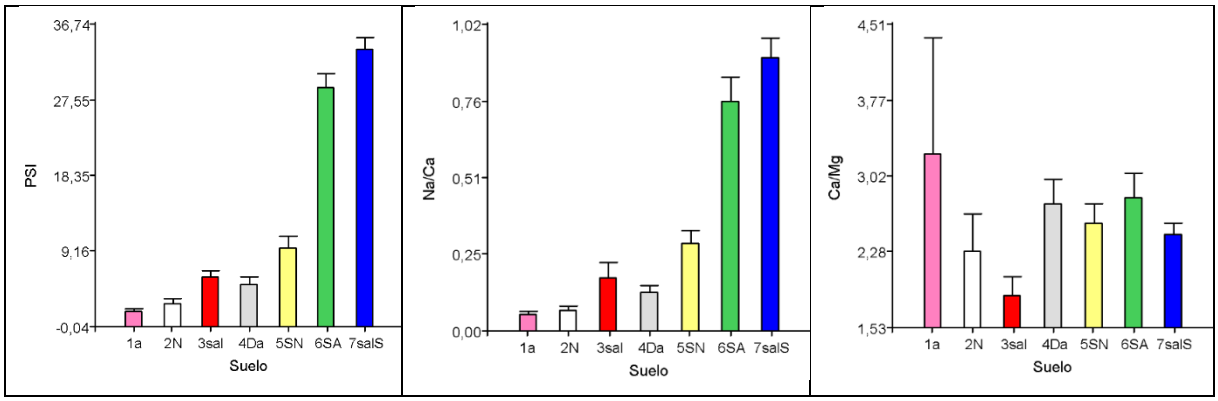


Figura 2. Valores promedio de propiedades en los diferentes tipos de suelo. A) PSI B) Relación de cationes de intercambio Na/Ca C) Relación de cationes de intercambio Ca/Mg.

CONCLUSIONES:

La clasificación de suelos mediante la técnica del Índice de Dispersión permite inferir propiedades físico-químicas características de cada grupo sin necesidad de realizar todos los análisis de laboratorio. Este enfoque no solo facilita el diagnóstico inicial de suelos afectados por salinidad y sodicidad en el centro de Córdoba, sino que también constituye una herramienta útil para el monitoreo y manejo sustentable de los recursos edáficos a lo largo del tiempo.

AGRADECIMIENTOS:

Al laboratorio privado Análisis Agropecuarios de la ciudad de Villa Nueva por permitir el uso de las instalaciones, equipos y por proveer muestras de suelo para este estudio.

BIBLIOGRAFÍA:

Birru GA, DE Clay, TM DeSutter, CL Reese, AC Kenned, SA Clay, SA Bruggeman, RK Owen & DD Malo. 2019. Chemical amendments of dryland saline–sodic soils did not enhance productivity and soil health in fields without effective drainage. Agronomy Journal, 111(2), 496-508.

Bonadeo E, E Hampp, I Moreno & A. Odorizzi. 2006**.** Relación entre Propiedades Físicas y Químicas del Suelo y Raíces de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Afectada por "Manchoneo". Ciencia del Suelo 24 (2):101-107.

Carlson CG, DE Clay, K Reistma & R Gelderman. 2013, Soybeans, salinity, and sodicity. Chapter 48. In Clay, D.E., C.G. Carlson, S.A. Clay, L. Wagner, D. Deneke, and C. Hay. (eds). Grow Soybean: Best Management Practices. South Dakota State University.

DPI (Department of environment and primary industries). 2006. Identifying, understanding and managing hostile subsoils for cropping - A reference manual for neutral-alkaline soils of south-eastern Australia. Field diagnostic. Chapter 6.

Dontsova K & L Darrell Norton. 1999. Effect of Exchangeable Ca:Mg Ratio on soil Clay Flocculation, Infiltration and Erosion. 10th International Soil Conservation Organization Meeting. May 24-29 1999 at Pardue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory.

INTA. 1993. Atlas de Suelos de la República Argentina. 2 tomos. 677 pp

IRAM-SAGyP 29574. 2021. Calidad del suelo. Determinación de pH en suelo para uso agropecuario.

IRAM-SAGyP 29579. 2021. Calidad del suelo. Determinación de la conductividad eléctrica en extracto de pasta de saturación para suelos de uso agropecuario.

IRAM-SAGyP 29577-1. 2022. Calidad de suelo. Capacidad de intercambio catiónico y cationes básicos intercambiables. Parte 1: Extracción de cationes básicos intercambiables con solución de acetato de amonio a pH 7 y su cuantificación.

IRAM-SAGyP 29577-2. 2024. Calidad del suelo. Determinación de cationes básicos extraíbles y capacidad de intercambio catiónico. Parte 2 - Determinación de la capacidad de intercambio catiónico.

Jarsun B. 1996. Condiciones del suelo para la alfalfa. V Jornadas nacionales de alfalfa en acción. INTA Manfredi- AER Villa María: 16.

Karlau L. 2019. Evaluación de una metodología para la identificación de suelos sódicos de la provincia de Córdoba. Trabajo Final de Grado para optar al Título de Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional de Villa María.

Lavado RS & MA Taboada. 2009. Alteraciones de la fertilidad del suelo causadas por halomorfismo. Cap.1. pp 1-43. En Miguel A. Taboada y Raúl S. Lavado (eds). Alteraciones de la fertilidad de los suelos. El halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones. Ed. de Facultad Agronomía. Universidad Nacional de Buenos Aires.

Manzotti M. 2022. Caracterización espacial de indicadores de calidad edáfica en suelos sódicos del centro-este de Córdoba bajo diferentes usos. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas Físico Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Río Cuarto.

Milán C & E Bonadeo. 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.

Milán C, E Bonadeo, M Manzotti & A Dell' Oso. 2016. Técnica del índice de dispersión para el reconocimiento de suelos sódicos. Trabajo completo. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Rio Cuarto. AACS. UNRC. 27 de junio al 1 de julio de 2016.

Milán C, E Bonadeo, M Manzotti A Dell' Oso & L Bauk. 2016. Características sódicas de suelos sódicos "manchoneados" en el sudeste de Córdoba- Argentina. Publicado en actas de Congreso Latinamericano y XV Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.

Milán C, L Karlau, L Bauk, G Molina, M Manzotti & E Bonadeo. 2019. Adaptación de una metodología para clasificar y predecir la sodicidad de suelos dispersivos de la provincia de Córdoba. 2do Congreso Uruguayo de Suelos y X Encuentro de la SUCS. 7 al 11 de octubre de 2019. Montevideo. Uruguay.

Olivo S, C Milán, E Bonadeo, M Manzotti, MJ Ganum & L Bauk. 2013. Identificación de suelos salinos y sódicos en la zona de Villa María, Córdoba. Actas Jornadas Argentinas de Conservación de Suelos. Buenos Aires. Julio de 2013. Eje Temático 1.

Porta J., López-Acevedo M., Poch R.M. 2013. Edafología. Uso y protección de suelo. Mundi-Prensa. 608p.

Panigatti JL, A Piñeiro & FP Mosconi. 1971. Manchones en cultivos de la zona central de Santa Fe. I. Causas edafo-climáticas- Revista de Investigaciones Agropecuarias. INTA. Buenos Aires. Rep. Argentina. Serie 3. Clima y Suelo. Vol. VIII. N°4.

Rengasamy P, RSB Greene & GW Ford. 1986. Influence of magnesium on aggregate stability in sodic red-brown earths. Soil Research 24:229-237. https://doi.org/10.1071/SR9860229.

Rengasamy P & KA Olsson. 1991. Sodicity and soil structure. Government Printing Office. Washington. Austr. J. Soil Res. 29:935-952.

Rengasamy P. 1997. Sodic soils. En: Rengasamy Lal, R.; Blum, W.H.; Valentine, C. and A. Stewart. Methods for assessment of soil degradation, R. Lal *et al*. (Eds.) Advances in Soil Science (USA) 558 pp.

Rengasamy P.1998. Sodic soils. In: Lal, R.; W.H. Blum; C. Valentine and B.A. Stewart Methods for assessment of soil degradation. CRC Press. Boca Raton. London. New York. Washington. pp 269.

Rengasamy P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. J. Exp. Bot. 57:1017–1023. doi:10.1093/jxb/erj108.

Shainberg I & J Letey. 1984. Response of soil to sodic and saline conditions. Hilgardia 52.

USDA, 1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. Servicio de. Conservación de. Recursos Naturales. Instituto de Calidad de Suelos. Disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS /stelprdb1044786.pdf.

Yingcan Zhu AA, A Dang AP Wandel & J McLean Bennett. 2019. Re-examining the flocculating power of sodium, potassium, magnesium and calcium for a broad range of soil. Geoderma. 352: 422. https://doi.org/10.1016/j.geoderma. 2019.05.041.

VARIABILIDAD TEMPORAL CLIMÁTICA Y SU RELACION CON LOS CAMBIOS EN LOS NIVELES FREÁTICOS. EL CASO DE LA CUENCA RÍO TERCERO – CARCARAÑÁ

Puricelli, M. M.[1*]; M. Eiza[1]

[1] INTA Estación Experimental Agropecuaria Balcarce; Grupo de Conservación de Suelos y Aguas, Ruta Nacional 226, km 73.5, (7620) Balcarce, Buenos Aires.
* puricelli.marino@inta.gob.ar

RESUMEN: Los acuíferos son, la mayor fuente de agua dulce, tanto en Argentina como en el mundo. En la Región Pampeana, la amplia mayoría de los cursos cuerpos de agua dependen de los acuíferos freáticos para mantener sus niveles en épocas de sequía, al igual que en gran parte del mundo. La variación temporal del nivel acuífero freático está determinada por la dinámica del balance hídrico a escala de cuenca, del cual depende la cantidad de recarga acuífera, es decir la proporción de los excesos hídricos generados que alcanzan al acuífero, provocando su ascenso. El objetivo de este trabajo fue el de explorar las relaciones entre las variables climáticas más relevantes en un balance hídrico a escala cuenca con la variación local del nivel freático. Los resultados expusieron las relaciones entre variables a lo largo del tiempo, como tendencia, autocorrelación, y correlación cruzada. Finalmente, al introducir el concepto de elasticidad climática, los resultados sugieren la relevancia relativa de las variables climáticas a escala de cuenca, sobre la variabilidad freática local.

PALABRAS CLAVE: nivel freático, Rio Tercero-Carcarañá, elasticidad climática

INTRODUCCIÓN:

Los acuíferos son la mayor fuente de agua dulce, tanto en Argentina como en el mundo (Cuthbert *et al.,* 2019). En la Región Pampeana, la amplia mayoría de los cursos cuerpos de agua dependen de los acuíferos freáticos para mantener sus niveles en épocas de sequía, al igual que en gran parte del mundo (Xie *et al.,* 2024). La variación espacial y temporal del nivel acuífero freático está determinada por la dinámica del balance hídrico a escala de cuenca, del cual depende la cantidad recarga acuífera, es decir la proporción de los excesos hídricos generados que alcanzan al acuífero, provocando su ascenso (Scanlon *et al*, 2001). A esta escala, las principales variables que afectan esta dinámica son la precipitación, que constituye la principal entrada de agua, y la evapotranspiración potencial, indicadora del retorno del agua a la atmósfera. Las fluctuaciones en los niveles de los acuíferos freáticos han sido motivo de preocupación y análisis en la Región Pampeana, debido a las dimensiones de terreno dedicado a la actividad agropecuaria, así como para las poblaciones e infraestructuras afectadas (Escolá, *et al.,* 2018). En esta región, se han desarrollado diferentes iniciativas para caracterizar o modelar esta variabilidad, mayoritariamente a escala puntual o local (Florio *et al.,* 2015, Videla Mesengue *et al.,* 2021, entre otros) y en menor medida generalizando resultados a escala de cuenca (Marcovecchio y Varni, 2020).

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la variabilidad temporal de los niveles acuíferos freáticos y su relación con las principales variables climáticas que los afectan en una cuenca hídrica importante de la Región Pampeana. Los resultados permitieron definir patrones de tendencia, ciclicidad y variabilidad espacial, así como la elasticidad de la influencia del clima sobre la variabilidad de los niveles freáticos.

MATERIALES Y MÉTODOS:

La cuenca del Río Tercero-Carcarañá (Stenta *et al.,* 2014) se localiza en el centro - sur de la provincia de córdoba y sur de la provincia de Santa Fe. Desemboca en el Río Paraná al sur de la localidad de puerto Gaboto y abarca un total de 6 millones de has. Se trata de una cuenca representativo de la Llanura Pampeana. En su desembocadura, durante el período 1980-2025, el caudal promedio diario ha sido de 86 m³/h, con picos de hasta 1400 m³/h según lo registrado en el Sistema Nacional de Información Hídrica (https://snih.hidricosargentina.gob.ar/). En el presente trabajo, el sector analizado corresponde a la subcuenca hidrográfica cuyo cierre se localiza en cercanías de la localidad de Cruz alta, en el límite entre

las provincias de Córdoba y Santa Fe (Figura 1). La superficie de esta cuenca hidrográfica es de aproximadamente 5.7 millones de has. Para la delimitación de esta cuenca se utilizó información proveniente del COHIFE (https://cohife.org/) y de IDECOR (https://www.idecor.gob.ar/) y el IGN (https://www.ign.gob.ar/). El acuífero freático está compuesto por sedimentos pampeanos y postpampeanos, compuesto por materiales predominantemente arenosos finos y limosos con abundantes niveles de cementaciones de carbonato, los cuales predominantemente presentan medianas a bajas conductividades hidráulicas (Blarasin, *et al*., 2014). La precipitación y la evapotranspiración potencial total mensual según el modelo de Penman (1948) se estimó a partir de la información provista por el Servicio Meteorológico Nacional (Córdoba Aero y Río Cuarto Aero) y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), correspondiente a Estación Agropecuaria Experimental (EEA) Marcos Juárez, localizada a unos 2.4 Km. al sur de la localidad homónima (Figura 1). Los datos faltantes fueron rellenados utilizando el algoritmo de imputación de valores faltantes desglosados estacionalmente, combinado con un filtro de Kalman, disponible en el paquete "impute TS¨, perteneciente al software R (R core Team, 2021). El período analizado comprende desde enero de 1968 y diciembre de 2022. De esta manera se obtuvieron series de tiempo, es decir: series de valores de una determinada variable separados por un determinado período de tiempo o retardo (en nuestro caso un mes). El valor de precipitación total mensual de la cuenca se estimó mediante polígonos de Thiessen (Chow et al). Se elaboró también una serie completa de niveles freatimétricos medios mensuales a partir de la información proveniente de la Estación Agrometeorológica Marcos Juárez, perteneciente al INTA, localizada en cercanías del cierre de la cuenca analizada.

Dado su impacto directo sobre la actividad humana, es necesario avanzar en el conocimiento de las relaciones existentes entre el balance hídrico superficial y la dinámica freática. Por este motivo, se avanzó en el análisis de las series de tiempo de precipitación y evapotranspiración a escala de cuenca y la respuesta agregada de la misma en un punto cercano a la desembocadura de esta importante cuenca. Así, el análisis de las series de tiempo disponibles es clave para comprender los hechos pasados y da herramientas para el pronóstico de los futuros.

Las series temporales como las de nivel freático pueden exhibir diferentes patrones en su evolución temporal. En primer lugar, la tendencia es un componente clave en las series de tiempo, que captura cambios en los valores de las series temporales a lo largo del tiempo, es decir, cambios a largo plazo en direcciones positivas o negativas (Davis, 2002). Otra característica importante de las series temporales es la relación de dependencia entre sus valores, es decir las características según una variable se desarrolla en el tiempo. En el caso de los niveles freáticos se analizó la autocorrelación entre los valores registrados en diferentes meses a lo largo de la serie de registros disponibles. La autocorrelación es una medida de dependencia que cuantifica la forma en que las observaciones de una serie temporal se relacionan entre sí. Lo anterior implica analizar la existencia de una correlación (positiva o negativa) y estadísticamente significativa, entre mediciones de una serie de tiempo que están distanciadas entre sí por diferentes intervalos de tiempo, también conocido como "retardo" o ¨lag" (Davis, 2002). Según este autor, dada una serie temporal de valores Y, la autotorrelación de un valor respecto de otro separa por un lag τ puede definirse como la diferencia entre la covariaza para diferentes lags τ y la varianza de los valores de la serie que se analiza Y (Ec. 1).

$$r_\tau = \frac{cov_\tau}{varY} \quad (1)$$

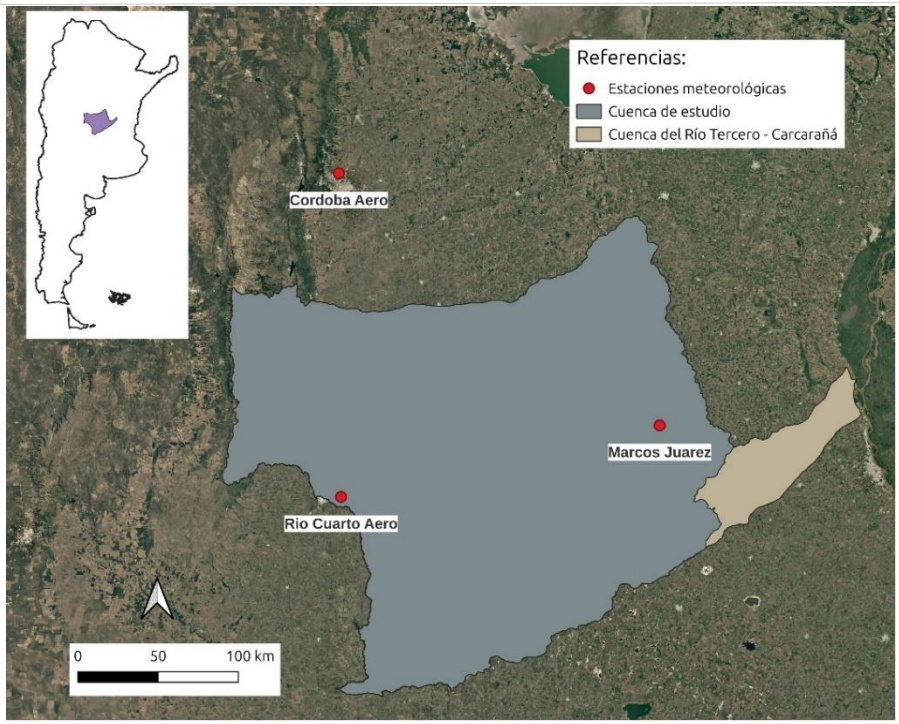


Figura 1. Localización de la cuenca de estudio y estaciones meteorológicas involucradas.

Así cómo es posible comparar los valores de una serie de tiempo con otros valores de la misma separados entre sí por un determinado retardo para detectar dependencias de la variable que se analiza a lo largo del tiempo, es posible comparar entre sí a dos series de tiempo a fin de determinar la fuerza de una relación entre variables diferentes y la diferencia en el tiempo en la cual esta relación (positiva o negativa) es máxima, es decir: la correlación cruzada (Davis, 2002). Así, la autocorrelación entre dos series Y y Z, es el cociente entre la covarianza entre las series, y el producto de los desvíos estándares de cada serie (Ec. 2).

$$r_{Y,Z} = \frac{cov_{Y,Z}}{sY\ sZ} \quad (2)$$

En el presente trabajo, las variables analizadas mediante estas herramientas fueron: el déficit de precipitación (diferencia ente precipitación y evapotranspiración potencial), una variable indicadora del estado del balance hídrico (Cisneros, *et al.,* 2011), y el nivel freático medio, ambos a escala mensual. De esta manera se exploró con qué retardo en el tiempo (meses, años) el balance hídrico afecta a los niveles freáticos. Sumado a lo anterior, se analizó desde otro enfoque la sensibilidad de la variabilidad del nivel freático a los cambios históricos de la precipitación y la evapotranspiración. Aflora así el concepto de elasticidad, el cual se utiliza ampliamente para describir la sensibilidad de la oferta, por ejemplo: de un bien escaso, a la demanda (Garrone *et al*., 2019). Según Deusdará-Leal *et al.* (2022), la elasticidad climática de una variable, como el nivel freático, es una medida del cambio relativo de esta para un cambio relativo en cualquier variable climática dada. En el presente trabajo se estimó así la elasticidad del nivel freático respecto a la precipitación ε_P (Ec. 3) y a la evapotranspiración ε_{ETP} (Ec. 4), donde z_i representa a los valores de nivel freático medio mensual, $\bar{z}$ el promedio global del conjunto de valore de freatimetría, P_i representa a los valores individuales de precipitación o $PETP_i$ en el caso de la evapotranspiración y $\bar{P}$ y $\overline{ETP}$ los promedios globales de cada variable analizada.

$$\varepsilon_P = mediana\left(\frac{Z_i - \bar{z}}{\bar{z}} \frac{\bar{P}}{P_i - \bar{P}}\right) \quad (3)$$

$$\varepsilon_{ETP} = mediana\left(\frac{Z_i - \bar{z}}{\bar{z}} \frac{\overline{ETP}}{ETP_i - \overline{ETP}}\right) \quad (4)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

La Figura 2 expone la evolución histórica de los valores medios mensuales del nivel freático, en metros bajo boca de pozo (mbbp), junto con la tendencia histórica que la caracteriza. La pendiente detectada entre los años 1968 y 2022 es de aproximadamente 17 cm por año de crecimiento de los niveles.

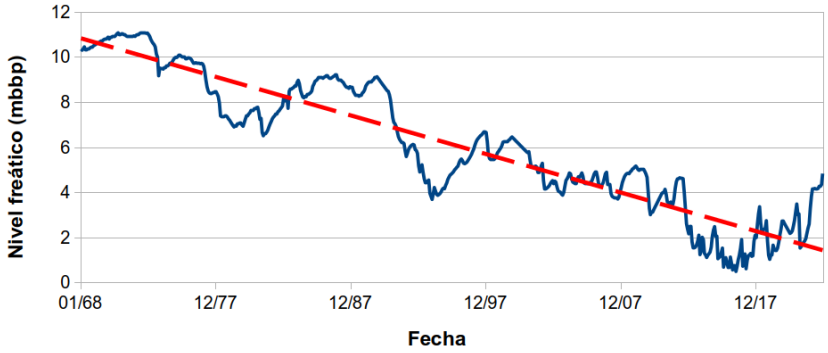


Figura 2. Evolución del nivel freático en EEA Marcos Juárez y su tendencia histórica.

El análisis de la autocorrelación de valores de nivel freático en Marcos Juárez mostró la existencia, estadísticamente significativa al 95%, de patrones definidos en la evolución de esta variable. En primer lugar, se detectó un mínimo negativo en el lag 83 y dos máximos positivos en los lags 164 y 266, respectivamente (Figura 3), lo cual indica que, dado un valor, éste se correlaciona negativamente con el existente 83 meses después (cada 7 años, aproximadamente), mientas que se correlaciona positivamente con valores separados 13,7 y 22 años, respectivamente.

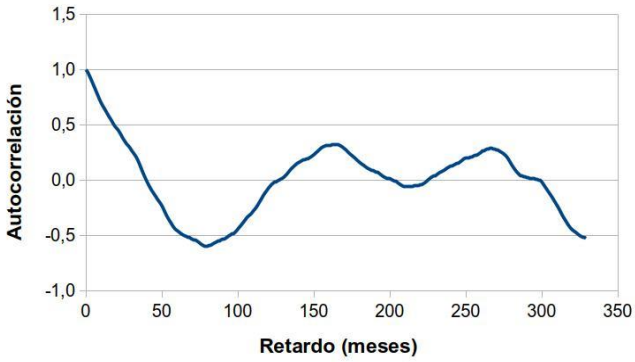


Figura 3. Autocorrelación de los valores del nivel freático en EEA Marcos Juárez.

El análisis de la correlación cruzada entre el déficit de precipitación de la cuenca y el nivel freático en Marcos Juárez (Figura 4) mostró también claros patrones de correlación temporal de ambas variables, confirmando su relación mutua, donde un valor de déficit de precipitación afecta a los niveles freáticos tiempo después. Si bien los valores de correlación son bajos, se detectaron correlaciones positivas y estadísticamente significativas al 95%) en los lags 88 (7,3 años), 182 (aprox. 15 años) y 327 (27,3 años), siendo éste el valor de correlación más alto de todos, respectivamente. La cercanía entre los picos de la correlación cruzada y la autocorrelación, indicarían que los patrones detectados en la autocorrelación muestran la influencia climática regional. Así, tratándose de un punto de medición que se encuentra al final de una extensa cuenca vertiente y de un acuífero de baja conductividad hidráulica, queda claro que el reflejo en el nivel freático local del balance hídrico global de la cuenca se refleja de forma cíclica pero retrasada en el tiempo, más allá del efecto que pueda asignarse a las lluvias locales en un relieve determinado. Esto significa que la gestión de los efectos de un ascenso del nivel freático debe ser planeada en función del análisis de la evolución histórica del balance hídrico global de la cuenca.

Finalmente, el análisis de la elasticidad climática de los niveles freáticos mostró que la elasticidad de los niveles freáticos respecto a la precipitación es de 0.36, mientras que, a la evapotranspiración es de 0.93,

lo cual indica con claridad que, sería esta última variable la más gravitante, a escala de cuenca, respecto a la variabilidad de los niveles freáticos en Marcos Juárez.

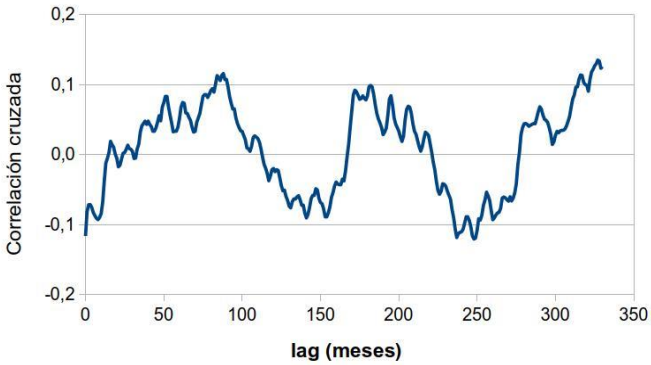


Figura 4. Correlación cruzada entre el déficit de precipitación de la cuenca y los niveles freáticos en Marcos Juárez.

CONCLUSIONES:

Se concluye que el análisis de las series temporales de precipitación, evapotranspiración potencial a escala de cuenca, contrastados con la variación de los niveles freáticos localizados en cercanías de su cierre, permiten comprender mejor la dinámica temporal de los fenómenos hidrológicos regionales que afectaron y afectaran a una localidad en concreto. En el presente trabajo, se expuso con claridad que la evolución histórica de los niveles freáticos muestra una clara tendencia a la disminución de la distancia entre el nivel freático y la superficie del terreno. Además, se detectaron claros patrones de correlación en el tiempo entre los diferentes valores de freatimetría, y de ésta con el balance hídrico de la cuenca, brindando herramientas para la planificación de emergencias futuras. Complementariamente, se pudo comprobar que la evapotranspiración es la variable más gravitante, a escala de cuenca, respecto a la variabilidad de los nivele freáticos en Marcos Juárez.

BIBLIOGRAFÍA:

Blarasin M, A Cabrera & E Matteoda. 2014. Aguas subterráneas de la Provincia de Córdoba. UniRío Editora. 148 p.

Chow, VT, DR Maidment & LW Mays. 1994. Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill Colombia. 584 p.

Cisneros J, A Degioanni, A Cantero A & H Videla. 2011. Modelos de comportamiento de la napa freática en ambientes afectados por sales. 2º Reunión de la red argentina de salinidad. Tucumán. Actas.

Cuthbert MO, Gleeson T, Moosdorf N, Befus K M, Schneider A., Hartmann J. & B Lehner. 2019. Global patterns and dynamics of climate-groundwater interactions. Nature Climate Change 9 :137-141. DOI 10.1038/s41558-018-0386-4.

Davis JC. 2002. Statistic and Data Analysis in Geology. John Willey & Sons. 638 p.

Deusdará-Leal K, G Samprogna Mohor, LA Cuartas, ME Seluchi, JA Marengo, R Zhang, E Broedel, DJ Amore, RCS Alvalá, APMA Cunha & JAC Gonçalves. 2022. Trends and Climate Elasticity of Streamflow in South-Eastern Brazil Basins Water 14, 2245. DOI: 10.3390/w14142245.

Escolá F, M Bodrero & I Merigo. 2018. De la problemática individual a la gestión colectiva de soluciones. Análisis socio-técnico del caso del ascenso de napas en Marcos Juárez, Córdoba (2012-2016. En: Carrapizo, V.; Escolá, F.; Giordano, G.; Sánches, G.; Paredes M.; Bordero, M.; Brieva & S & P Juárez. (Compiladores). Tecnología y Sociedad. Análisis de procesos de innovación y cambio tecnológico en diversos territorios rurales de Argentina. Ediciones INTA. 135 p.

Florio EL, JL Mercau & MD Nosetto. 2015. Factores que regulan la dinámica freática en dos ambientes de la pampa interior con distintos regímenes de humedad. Ciencia del Suelo 33(2): 263-272.

Garrone P, L Grilli & R Marzano. 2019. Price elasticity of water demand considering scarcity and attitudes. Utilities Policy 59, 100927.

Marcovecchio R, & M Varni. 2020. Una aproximación a las descargas por evapotranspiración del acuífero freático pampeano en la cuenca del Arroyo del Azul (Llanura Pampeana). Cuadernos del CURIHAM. 26: 13-19.

Penman HL. 1948. Natural evaporation from open water, bare and grass. Proc. R Soc. Lond. Ser. A 193, 120–145.

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: https://www.R-project.org/.

Scanlon BR, RW Healy & PG Cook. 2001. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. Hydrogeology Journal 10:18–39. DOI 10.1007/s10040-0010176-2.

Stenta H, Riccardi G, Basile P, & F Trivisonno. 2014. Implementación de un modelo matemático distribuido de escurrimiento superficial en la cuenca del Río Tercero – Carcarañá. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, 33: 33 – 41.

Videla Mensegue H, OP Caviglia, A Degioanni & ME Bonadeo. 2021. Calibration and validation of soil water balance (SWB) model in the Inner Argentinian Pampas. Computers and Electronics in Agriculture 181, 105892.

Xie J, Liu X, Jasechko S, Berghuijs WR, Wang K,Liu C, Reichstein M, Jung M & K Koirala. 2024. Majority of global river flow sustained by groundwater. Nature Geoscience 17: 770–777.

DE LA SIMPLICIDAD A LA PRECISIÓN: ESTIMACIÓN DE CE EN EXTRACTO DE SATURACIÓN A PARTIR DE MEDICIONES 1:2.5 SUELO:AGUA Y PROPIEDADES TEXTURALES DEL SUELO

Tarditti, A. J.[1*]; O. S. Heredia[1]; M. G. Pérez[3]; C. Casas[1-2]

[1] Cátedra de Edafología.
[2] IFEVA, Universidad de Buenos Aires, CONICET, Facultad de Agronomía, Av. San Martín 4453 (C1417DSE), Buenos Aires, Argentina.
[3] Instituto de Suelos, CIRN, CNIA, INTA, Hurlingham, Buenos Aires, Argentina.
* atarditti@agro.uba.ar

RESUMEN: La conductividad eléctrica medida en el extracto de saturación (CE_e) es el parámetro de referencia mundial para diagnosticar la salinidad del suelo. Sin embargo, la preparación de la pasta de saturación presenta limitaciones prácticas: requiere tiempo, un volumen considerable de muestra y presenta cierto grado de subjetividad. La CE medida en una relación 1:2.5 suelo;agua ($CE_{1:2.5}$) es rápida, replicable y requieren menos muestra, aunque su equivalencia con la CE_e aún no está bien establecida debido a la variedad de metodologías utilizadas. El objetivo de este trabajo fue desarrollar modelos predictivos para estimar CE_e a partir de cuatro metodologías de medición de $CE_{1:2.5}$ suelo:agua combinando dos matrices (suspensión y extracción) y dos tiempos de reposo (2 y 23 horas), incorporando además las fracciones granulométricas como variable explicativa. Se analizaron 109 muestras de suelo del sur de Córdoba, Argentina. De estas, 103 se usaron para ajustar los modelos y 6 se sumaron a 18 muestras independientes (n = 24) utilizadas para validar los modelos de predicción. Se emplearon árboles de decisión para identificar umbrales críticos y modelos lineales de efectos mixtos para ajustar predicciones. Los árboles de decisión revelaron umbrales de $CE_{1:2.5}$ de 4.9 $dS.m^{-1}$ para las suspensiones con 2 y 23 horas, 5.6 $dS.m^{-1}$ extracción 2 horas y 6.1 $dS.m^{-1}$ para extracción 23 horas (R^2 = 0.91; RMSE = 5.94), y un umbral de 10% de arcilla (R^2 = 0.5; RMSE = 14.41) como variable de partición relevante. Los modelos ajustados mostraron que en suelos con más del 10% de arcilla, la relación entre $CE_{1:2.5}$ y CE_e presenta pendientes más pronunciadas, lo cual indica una mayor sensibilidad del método en suelos más finos. Además, para dos metodologías (suspensión 23 horas y extracción 2 horas), se observó una interacción adicional con el contenido de arena: a mayor contenido de arena, mayor CE_e para un mismo valor de $CE_{1:2.5}$. La validación de los modelos arrojó resultados consistentes, con errores medios absolutos (MSE) de entre 0.44 y 0.59 $dS.m^{-1}$ y errores cuadráticos medios (RMSE) entre 0.71 y 1.14. En todos los casos, los coeficientes de determinación (R^2) fueron iguales o superiores a 0.99, lo que indica un alto poder predictivo. Los resultados evidencian que las mediciones de $CE_{1:2.5}$, si se consideran junto con la fracción granulométrica del suelo, permiten estimar la CE_e con alta precisión. La inclusión del contenido de arcilla (y en algunos casos de arena) mejora significativamente la calidad de los modelos predictivos. Esto valida el uso de metodologías más simples y accesibles como alternativas confiables al método tradicional del extracto de saturación, especialmente útil en contextos de monitoreo rápido o con recursos limitados

PALABRAS CLAVE: salinidad, modelos predictivos, textura del suelo

TRABAJOS Y RESÚMENES EJE 2: PRODUCCIÓN EXTENSIVA E INTENSIVA EN SUELOS SALINOS Y ALCALINOS



EFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBIOS EN CONDICIONES DE ESTRÉS SÓDICO EN *MACROPTILIUM LATHYROIDES*, UNA FORRAJERA NATIVA

Arizpe David, N.[1]; L. V. Fornasero[1-2]; K. F. Ribichich[3]; J. M. Zabala[1-2*]

[1] Instituto de Ciencias Agropecuarias del Litoral (ICIAgro, CONICET-UNL).
[2] Facultad de Agronomía Universidad Nacional del Litoral (FCA-UNL), Kreder 2805, (3080) Ciudad de Esperanza, Santa Fe.
[3] Instituto de Agrobiotecnología del Litoral (IAL, CONICET-UNL).
* jmzabala@fca.unl.edu.ar

RESUMEN: En Argentina, los Bajos Submeridionales constituyen una región con limitaciones edáficas para las plantas asociadas a la salinidad y el anegamiento. *Macroptilium lathyroides*, una leguminosa nativa con buena tolerancia a estreses abióticos se presenta como una opción promisoria frente a la disponibilidad limitada de germoplasma para regiones subtropicales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del tipo de suelo: no salino/sódico vs. sódico (pH= 10,0 y CE=0,813 dS/m) y la inoculación con rizobios nativos tolerantes a salinidad *in vitro,* sobre el crecimiento, la nodulación y el contenido de nitrógeno. El experimento se llevó a cabo en condiciones controladas, en 8-14 macetas por tratamiento con hasta siete semillas/maceta, bajo un diseño aleatorizado con cuatro tratamientos: suelo no salino/sódico sin inocular (SNS), suelo no salino/sódico inoculado con rizobios (SNSI), suelo sódico sin inocular (SS) y suelo sódico inoculado (SSI). Las plántulas se inocularon 10 días después de la siembra aplicando 10 ml de un cultivo bacteriano (10^7 ufc/ml de solución Jensen). A los 40 días se extrajeron las plantas y se midieron longitud (cm) y peso seco (mg) del vástago, raíz y nódulos, número de hojas y nódulos y contenido nitrógeno del vástago (%N total). Los datos fueron analizados utilizando Modelos Lineales Mixtos (MLM) o la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, según correspondiera. Las comparaciones post-hoc para MLM se realizaron con emmeans (ajuste de Tukey), mientras que para las pruebas de Kruskal-Wallis se emplearon comparaciones a posteriori de Wilcoxon con ajuste de Holm. Adicionalmente, la prueba t de Student se aplicó para los datos de %N total. En todos los análisis, un valor de $p < 0,05$ fue considerado significativo. Los resultados indican que tanto el tipo de suelo como la inoculación con rizobios ejercen una influencia en el desarrollo del cultivar, aunque con efectos diferenciados. Las plantas cultivadas en suelo no salino/sódico mostraron un desarrollo significativamente superior en altura (+72,2%), longitud de raíz (+67,0%), y biomasa aérea (+96,3%) y radicular (+84,4%) en comparación con aquellas en suelo sódico. Aunque el número y peso promedio de nódulos/planta disminuyó drásticamente en suelo sódico (50 nódulos/planta y 16 mg/nódulo en SNSI versus 5 nódulos/planta y 0,6 mg/nódulo en SSI), la inoculación tuvo un impacto positivo. En SNSI mostró un número de hojas significativamente mayor que SNS (+2, $p < 0,0001$). Si bien la biomasa promedio fue mayor, no se detectaron diferencias significativas. En SSI, la inoculación no logró revertir la reducción en el crecimiento general de las plantas. No obstante, las plantas inoculadas exhibieron mayor %N total (+347,2 ± 1,8% en SNSI versus SNS, +198,0 ± 0,8% en SSI versus SS). Considerando que hubo una reducción significativa del crecimiento de *M. lathyroides* en condiciones sódicas, es necesario seguir estudiando el germoplasma de esta especie en relación a su tolerancia a la sodicidad, tanto en cámaras de cultivo como en ensayos a campo. Los resultados encontrados resaltan el potencial de la inoculación bacteriana para favorecer la asimilación de nitrógeno en suelos sódicos.

PALABRAS CLAVE: forrajera, sodicidad, nodulación

CAMBIOS EN LA FERTILIDAD POTENCIAL DE SUELOS HORTÍCOLAS CULTIVADOS A CAMPO Y BAJO COBERTURA PLÁSTICA EN EL NORTE BONAERENSE

Barbieri, M.[1]; M. Coliqueo[2]; F. J. Echagüe[3]; L. Failó[4]; N. Fortunato[5]; R. Gabilondo[3]; S. Muñoz[1]; C. Shaber[5]; L. M. García[2*]

[1] INTA AER Pehuajó.
[2] INTA AER Zárate.
[3] INTA AER Lobos.
[4] INTA AER San Pedro.
[5] INTA AER Trenque Lauquen.
* garcia.leonardo@inta.gob.ar

RESUMEN: La producción hortícola intensiva en los partidos del norte bonaerense presenta características comunes a los cinturones verdes, diferenciándose principalmente en dos sistemas productivos: a cielo abierto y bajo cubierta. Esta segmentación inicial implica variaciones en factores como la calidad del agua de riego, la radiación solar recibida y la temperatura, lo que impacta de forma diferenciada en la fertilidad potencial de los suelos. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la intensificación hortícola sobre el suelo y detectar posibles limitaciones a mediano plazo. Para ello, se tomaron muestras de suelo en producciones a campo y bajo invernadero en seis localidades: Arrecifes, San Pedro, Pergamino, Lobos, Junín y Trenque Lauquen. Se analizaron los siguientes parámetros: conductividad eléctrica (CE), pH, materia orgánica (MO), fósforo disponible (P) y nitrógeno total. Además, se analizaron muestras de agua de riego para determinar concentraciones de aniones y cationes. Todos los establecimientos estudiados emplean cama de pollo como enmienda orgánica. Los resultados se compararon con valores de referencia para este tipo de cultivos. En las producciones a cielo abierto, solo una localidad presentó CE por encima del valor de referencia. En cuanto a la MO, cuatro localidades superaron el umbral esperado. No obstante, se detectaron valores de fósforo considerablemente elevados, alcanzando hasta 260 ppm. El pH se encontró elevado en todos los sitios evaluados. En los sistemas bajo cubierta, la CE se mantuvo dentro de los límites aceptables en todas las localidades. La MO mostró gran variabilidad, con valores entre 2 % y 4,43 %. El fósforo disponible volvió a registrar niveles muy superiores a los valores de referencia, alcanzando hasta 406 ppm. El pH elevado se repitió como factor limitante en todos los casos, con registros extremos de hasta 8,3. Los resultados evidencian que la producción intensiva de hortalizas en el norte bonaerense provoca alteraciones significativas en la calidad del suelo, principalmente asociadas al tipo de agua utilizada para riego, caracterizada por altos niveles de bicarbonato y sodio. A su vez, el uso sistemático de cama de pollo como enmienda agrava estas modificaciones, particularmente en suelos bajo cubierta.

PALABRAS CLAVE: invernaderos, intensificación, cama de pollo

EVALUACIÓN DE INDICADORES EDÁFICOS SOBRE PRODUCCIONES BAJO CUBIERTA EN INVERNÁCULOS DEL VBRC

Folco, M. M.[1*]; D. Ombrosi[2]; A. Logiúdice[2]; R. Storniolo[2]; R. Anze[2]; J. Vanzolini[2-3]

[1] Becaria Técnica, Laboratorio de Suelos y Agua, EEA INTA Hilario Ascasubi, Ruta Nacional Nº 3, km 794 (8142) Hilario Ascasubi, Buenos Aires.
[2] INTA, EEA Hilario Ascasubi.
[3] UNS, Depto. de Agronomía.
* folco.maria@inta.gob.ar

RESUMEN: En el Valle Bonaerense del río Colorado (VBRC) especies hortícolas como tomate y pimiento son producidos en sistemas intensivos bajo cubierta con uso de agua de riego del mismo río que le da origen a la región. La concentración y tipo de sales en el suelo puede ser una limitante en la producción por toxicidad o disminución de disponibilidad de algunos nutrientes por cambios en el pH de aquél. El riego por goteo puede mitigar este problema, sin embargo, el uso persistente de agua de baja calidad a través del tiempo puede ser un factor adverso para lograr buenos rendimientos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de suelo de dos invernáculos con diferente tiempo bajo cultivo, respecto de su salinidad y susceptibilidad a la degradación. Se muestrearon dos invernáculos de producción de tomate y pimiento con riego por goteo, con diferente tiempo de uso (A: 7 años y B: 2 años) ubicados en la localidad de Pedro Luro (39°29'13.27'' S; 62°40'18.56'' O), en momentos posteriores al ciclo productivo. Las muestras se tomaron con barreno acanalado a diferentes profundidades (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 y 80-100 cm) sobre los camellones. En el laboratorio se determinaron conductividad eléctrica (CE), pH, Calcio y Magnesio (Ca+Mg), Sodio (Na), RAS y PSI. Además, en el estrato superficial (0-20 cm) se determinaron materia orgánica (MO) y composición granulométrica para estimar el índice de materia orgánica (IMO). Los datos fueron analizados mediante ANOVA. No se encontraron diferencias significativas en la CE, el pH, Ca+Mg y Na entre invernáculos. Se hallaron diferencias en la CE ($p<0,005$), Ca+Mg ($p<0,05$) y Na ($p<0,001$) en profundidad, pero no así en el pH. Tanto RAS como PSI mostraron diferencias significativas entre invernáculos y en profundidad ($p<0,05$ y $p<0,01$, respectivamente). La CE promedio de los estratos superficiales (0-20 y 20-40 cm) fue de 2,5 dS m^{-1}, valor por encima del umbral indicado para la producción de tomate y pimiento. El aumento en los valores de CE en profundidad se relacionó con el probable lavado de las sales en el perfil por efecto del riego. Esto se correlacionó con las diferencias halladas en Ca+Mg y Na en profundidad. El valor de pH promedio entre invernáculos fue de 8,4, lo que podría estar afectando la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. Los valores de RAS y PSI mostraron valores más altos e incrementos mayores en profundidad en el invernáculo A. El IMO no mostró diferencias significativas entre invernáculos ($p>0,08$); sin embargo, en ambos casos se ubicó por debajo del valor umbral 4,5 (A: 4,1 y B: 3,2). Si bien solo se encontraron diferencias entre invernáculos en el RAS y el PSI, se observa una tendencia general de degradación de las condiciones edáficas óptimas para los cultivos de tomate y pimiento a través del tiempo. Estos resultados muestran la necesidad de incrementar el número de invernáculos en futuros estudios para robustecer los indicios encontrados en este trabajo.

PALABRAS CLAVE: salinidad, invernáculos, riego por goteo, suelo

MINERALIZACIÓN DE NITRÓGENO EN SUELOS ALCALINOS Y NO ALCALINOS DE LA PAMPA DEPRIMIDA

Garello, F. J.[1*]; E. G. Larrela[2]; H. R. Sainz Rozas[3]; E. M. Melani[1]; M. Andersen[1]; M. A. Cicchino[1]

[1] AER INTA Chascomús, Mitre 202, Chascomús, Buenos Aires.
[2] AER INTA Maipú.
[3] EEA INTA Balcarce.
* garello.federico@inta.gob.ar

RESUMEN: La Pampa Deprimida fue una región históricamente ganadera. Sin embargo, se observó un avance de frontera agropecuaria, provocando que se realicen cultivos sobre suelos con una alta heterogeneidad espacial en los niveles de alcalinidad subsuperficial que impacta negativamente en el rendimiento. Surge entonces, la necesidad de ajustar el manejo de la fertilización nitrogenada, ajustando localmente modelos que contemplan el nitrógeno proveniente de la mineralización de la materia orgánica. Se realizaron ensayos (n = 5) en campo de productores, en suelos con diferentes niveles de productividad asociadas al grado de alcalinidad. En cada sitio se evaluó el rendimiento en grano y se relacionó al nitrógeno mineralizado (Nmin) y al pH subsuperficial. Se realizó un análisis de regresión múltiple para estimar el Nmin a partir de variables edáficas (pH, nitrógeno inicial (Nini), materia orgánica (MO), nitrógeno anaeróbico (Nan) y fósforo (P)); y climáticas (precipitaciones (PPs-pc) y temperatura media (Ts-pc) entre la siembra y fin del período crítico). El rendimiento se redujo de manera lineal ante incrementos del pH subsuperficial, y aumentó linealmente ante incrementos del Nmin. Las variables que explicaron el Nmin fueron PPs-pc, Ts-pc y pH 0-0.2 m), la capacidad predictiva de este modelo fue del 72%. El Nmin no se relacionó al Nan.

PALABRAS CLAVE: maíz, suelos sódicos, pH alcalino

INTRODUCCIÓN:

La Pampa Deprimida fue una región históricamente ganadera. Sin embargo, a partir del año 2005 se observó un avance de frontera agropecuaria que significó un incremento del área bajo agricultura de ≈ 900000 has, llegando a la actualidad a las 1.5 millones de hectáreas bajo cultivos de soja, maíz y/o girasol (SAGyP, 2023). Este fenómeno se dio debido a que se comenzó a implantar dichos cultivos estivales en sectores de media loma, donde predominan los suelos con limitantes alcalinas en los estratos subsuperficiales como los Natracuoles y Natrudoles (Taleisnik & Lavado, 2021). Además, la magnitud de dichas limitantes es altamente variable en el espacio, lo que complejiza aún más el manejo de cultivos extensivos en estos lotes. En este escenario, el manejo sitio-específico de cultivos permite hacer un uso racional y eficiente de los insumos (i.e: fertilizantes, semillas) dado que el rendimiento de los cultivos estará definido por la magnitud de la alcalinidad que deba tolerar (Filippi *et al*., 2019).

Del 90 al 95% del N del suelo se encuentra en fracciones de distinta labilidad de la MO. Sin embargo, la disponibilidad de este y otros nutrientes orgánicos está sujeto a variables de suelo y clima que condicionan el proceso de mineralización (pasaje de formas orgánicas a formas inorgánicas). Dentro de estas variables, el pH tiene gran influencia, ya que afecta el funcionamiento de la comunidad microbiana y por lo tanto influye fuertemente sobre el ciclado de nutrientes (Aciego Pietri & Brookes, 2009; Grover *et al*., 2016).

Una de las metodologías de diagnóstico de N para el cultivo maíz que predice con mayor certeza la respuesta, es aquella que combina la determinación del contenido de N-NO3- en pre-siembra del cultivo más un índice de diagnóstico de mineralización de N como es el nitrógeno incubado en anaerobiosis (Nan) (Orcellet *et al.*, 2017).

El Nan cuantifica el amonio liberado tras una incubación de 7 días en condiciones de anaerobiosis (Keeney & Nelson, 1982), permitiendo estimar el nitrógeno potencialmente mineralizable (Schomberg *et al*., 2009; Soon *et al.,* 2007; Studdert & Echeverría, 2000). Orcellet *et al.* (2017) trabajando en suelos del sudeste bonaerense y norte de la RP encontraron una estrecha asociación entre el Nan y el N mineralizado (Nmin) durante el ciclo del cultivo de maíz (r2 desde 0.57 hasta 0.83). Sin embargo, dichas

asociaciones diferían entre zonas, lo que sugiere que no es posible emplear un único modelo para estimar el Nmin en función del Nan y que, por lo tanto, necesita calibraciones locales para poder utilizarlo adecuadamente. En este sentido, se ha observado que el Nmin es menor a medida que el contenido de arcilla en el suelo se incrementa (Santiago *et al.*, 2025) o cuando el pH del suelo cae de valores de 6 a 5 (Divito *et al*., 2011). Además, a medida que aumentan las precipitaciones, así como las temperaturas medias, incrementan el Nmin por favorecer la mineralización de la MO (Reussi Calvo *et al*., 2018). Estos estudios han sido realizados en suelos de alta productividad, sin limitantes para los cultivos agrícolas. Sin embargo, la información del Nmin en suelos como los encontrados en la Pampa Deprimida, con horizontes A de poco espesor (i.e: Horizonte Bt cercano a la superficie) y pH alcalinos, es escasa. Además, la relación entre el Nmin y el Nan es desconocido, y esta relación sería de gran utilidad para poder ajustar correctamente las dosis de N a aplicar en cultivos extensivos en esta región, (Wyngaard *et al.,* 2025).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el Nmin y la relación de este con el Nan en ambientes con un amplio rango de pH a nivel de intra lote y determinar a las condiciones climáticas y edáficas para determinar cuál es la variable que mayor impacto tiene sobre la mineralización aparente del nitrógeno.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Durante la campaña 2024-25 se realizaron cinco ensayos a campo en tres lotes con distinta historia de producción de cultivos en la Pampa Deprimida. Los lotes se ubicaron en una transecta de 180 km, distribuidos en sentido Norte-Sur en la Pampa Deprimida distanciados a unos 50-60 km desde Lezama hasta Las Armas permitiendo contar con diferentes condiciones de temperatura y precipitaciones a lo largo del ciclo de los cultivos. Estos lotes fueron seleccionados ya que permitía cubrir un amplio rango de valores de Nan y pH en los diferentes estratos del perfil, asegurándose que fuesen representativos de los lotes que se encuentran en producción agrícola en la Pampa Deprimida.

En dos de los tres lotes, los ensayos se ubicaron en ambientes de diferente potencial productivo (Tabla 1). En cada sitio se realizó un ensayo en parcelas divididas, donde la parcela principal fue la dosis de nitrógeno (0 a 250 kg de N/ha) y la subparcela fue la densidad (D1: 3.3 pl/m^2 y D2: 6.6 pl/m^2), esto permitió contar en cada ensayo con seis réplicas sin fertilización nitrogenada (tres con D1 y tres con D2), de 4.16 m de ancho (5 surcos a 0.52 m) y 10 m de largo. La medición de contenido de nitrógeno mineral en el suelo (N-NO_3^-) se realizó previo a la siembra y en la cosecha del cultivo (N-inic y N-res, respectivamente) hasta los 0.6 m (Keeney & Nelson, 1982), estos resultados se expresaron en kg/ha asumiendo una densidad aparente de 1.25 Mg/m3 en el estrato 0-0.2 y de 1.28 en el estrato 0.2-0.6 m. El nitrógeno anaeróbico (Nan) (Bremner & Keeney, 1965) en el estrato de 0-0.2 m, al final del ciclo del cultivo. El Nini y pH se midieron hasta los 0.6 m, mientras que el porcentaje de materia orgánica (MO) y el contenido de nitrógeno anaeróbico (Nan, ppm) solo se cuantificaron en el estrato 0.2 m. Se muestreó cada bloque, realizando 8 piques para cada muestra, que posteriormente fueron puestas en bolsas plásticas y refrigeradas durante el transporte hasta la llegada al laboratorio.

El rendimiento en grano fue determinado a madurez fisiológica. Se cosecharon las espigas de todas las plantas en 2.5 m^2, se secaron a 60 °C hasta peso constante, se las desgranó y se pesó el grano para determinar el rendimiento por unidad de superficie. A cada muestra de granos se le determinó el % de nitrógeno, para posteriormente calcular el nitrógeno total (Nt) en grano por unidad de superficie (Ntg). El Nt de la biomasa (Ntb) se calculó a partir del cociente Ntg/0.75, asumiendo una eficiencia de absorción del nitrógeno del 80% y un índice de cosecha del nitrógeno del 40% (Echeverría *et al.,* 2015).

El nitrógeno mineralizado (Nmin) se estimó utilizando el método del balance de masas (Rice & Havlin, 1994) (Ec 1), donde todas las formas de N están en unidades de kg/ha:

$$Nmin = Ntb + Nres - Nini. \qquad [Ec\ 1]$$

Se compararon las variables edáficas entre sitio mediante ANOVAS, cuando las diferencias entre sitios fueron significativas ($p < 0.05$), las medias se compararon usando el test de Fisher. Para predecir el Nmin contemplando el impacto de las diferencias en las variables edáficas y climáticas en suelos de diferente nivel de productividad asociado a la alcalinidad subsuperficial, se realizó un proceso de selección *backward elimination*, en el que se incluyeron las variables: Nan, pH cada 0.2 m hasta los 0.6 m, MO, N-siembra, precipitaciones y temperatura entre siembra y fin del período crítico de los cultivos similar al

procedimiento realizado por (Reussi Calvo *et al.,* 2018). Este proceso permite elegir entre la mejor combinación de variables que explicaron el Nmin, se dejaron aquellas con un p-valor < 0,1. Para todos los análisis se utilizó el software NAVURE (Navure Team, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Las lluvias desde la siembra hasta el final del período crítico estuvieron entre 265 y 301 mm, valores están por encima/debajo de los requerimientos de un cultivo de maíz en secano. Las temperaturas medias en el lapso siembra-período crítico estuvo dentro del rango reportado en la región (Rubí Bianchi & Cravero, 2010), y no difirió entre sitios ($p > 0.05$).

Los pH difirieron entre sitios en todas las profundidades (Tabla 1). En el estrato 0-0,2, los valores estuvieron en el rango de pH estuvieron entre moderada a ligeramente. En el estrato 0,2-0,4, los valores se ubicaron en valores neutros los suelos Argiudoles, mientras que los Natrudoles se acercaron a valores ligeramente alcalinos. Mientras que, en el estrato más profundo, dichas diferencias se acentuaron más, llegando los Natrudoles a valores de alcalinidad moderada ácidos (Tan, 2011). Estos niveles de pH, son similares a los encontrados en ambientes de lomas agrícolas (Argiudoles) y medias lomas (Natrudoles), típicos de la Pampa Deprimida (Taleisnik & Lavado, 2021). Los menores valores de pH encontrados en el estrato superficial en el campo San Miguel (SM) respecto a los Argiudoles de LP y CF, podrían estar asociados al mayor tiempo bajo uso agrícola como ha sido observado en otras regiones y que se vinculan a caídas en los contenidos de bases intercambiables (Sainz Rozas *et al*., 2019).

Los valores de Nan estuvieron dentro del rango de valores medidos por Wyngaard *et al*. (2025) en suelos bajo agricultura de la Región Pampeana, pero fueron más elevados que los analizados por Reussi Calvo *et al.* (2018) en el sudeste bonaerense. En este trabajo, se encontraron diferencias significativas entre sitios y tipos de suelos muestreado en este trabajo (Tabla 1). En este sentido, en los campos donde se contaba con los dos tipos de suelos, los Argiudoles presentaron menores valores de Nan que los Natrudoles. Las diferencias entre suelos dentro del mismo campo, así como las diferencias con los valores analizados por Reussi Calvo *et al*. (2018) podrían estar asociadas a la menor historia bajo agricultura que tienen estos ambientes (SAGyP, 2023).

El Nmin estuvo entre 50 y 275 kg/ha (Tabla 1; Figura 2B). Estos valores están dentro del rango de Nmin reportado por Reussi Calvo *et al.* (2018) en lotes de maíz implantados en el sudeste y centro de la Región Pampeana. Sin embargo, a diferencia de los autores citados, en este trabajo la relación Nmin en función del Nan, mostró una pendiente negativa (-1.16) y menos consistente ($R^2 = 0.15$) (Figura 1), sugiriendo que, en la región analizada en estos ensayos, el Nan no es un buen indicador del Nmin. Dos hipótesis plausibles serían *i*) que los suelos bajo estudio presentan un mayor contenido de arcillas que estarían protegiendo la MO de la mineralización, como ha sido observado por Santiago *et al*. (Santiago *et al.,* 2025), o *ii*) el ciclado del N estaría siendo de menor magnitud debido a cambios en la comunidad microbiana asociados a diferencias en el pH de los suelos estudiados (Aciego Pietri & Brookes, 2009; Grover *et al.,* 2016).

El rendimiento del cultivo de maíz varió entre sitios, y entre tipos de suelos en cada campo (Tabla 1). Estas diferencias estarían principalmente asociadas a los niveles de pH en el estrato 0.2-0.4 m, donde se observa una reducción de ≈ 1 Tn por cada 1 punto de incremento de pH (Figura 2A). Resultados similares fueron reportados por Garello *et al* (2023), quienes reportaron reducciones de hasta el 1% del máximo rendimiento relativo por aumentos unitarios del pH en el Bt, en cultivos de soja y maíz. Esto podría estar asociado al efecto fitotóxico de pH alcalinos sobre el crecimiento vegetal que en última instancia impacta negativamente en el rendimiento (Läuchli & Grattan, 2012; Shelden & Munns, 2023).

Por otro lado, y en concordancia con Reussi Calvo *et al.* (2018), los rendimientos estuvieron más relacionados al Nmin que al Nini (Figuras 2B y 2C, respectivamente). Estas bajas respuestas al Nini y altas al Nmin son frecuentes en áreas templadas-húmedas, donde la mineralización del N en el ciclo del cultivo es significativa y aporta la mayor cantidad de N requerido por los cultivos (Barbieri *et al*., 2008; Melaj *et al*., 2003).

En línea con lo mencionado previamente, durante el proceso *backward elimination* se pudo crear un único modelo de predicción de Nmin a partir de tres variables: lluvias totales y temperatura media entre siembra-período crítico, y pH 0-0.2. Este modelo explicó el 78% de la variabilidad en el Nmin (Tabla 2).

Tabla1. Lluvias y temperaturas desde la siembra al final del período crítico, materia orgánica (MO%), nitrógeno incubado anaeróbicamente (Nan), contenido de inicial de nitrógeno en el suelo en el estrato 0-0.6 m (Nini), nitrógeno aparente mineralizado (Nmin) y pH en agua (1:2,5) en los estratos 0-0.2, 0.2-0.4, y 0.4-0.6 m.

Campo	Tipo de suelo	Lluvias S-PC	T° S-PC	MO (%)	Nan (ppm)	Nini (kg/ha)	Nmin (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	pH		
									0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6
LP	Argiudol abrúptico	265	19,8	3,81 b	77,7 b	63,5 ab	210 a	7972 a	6,34 b	6,54 bc	7,14 c
	Natrudol típico			3,68 b	104,3 ab	64,2 ab	190,5 a	7005 b	6,87 a	7,91 a	8,53 a
SM	Argiudol abrúptico	309	18,8	3,68 b	100,7 ab	67,2 a	146,6 b	8192 a	5,87 c	6,16 c	6,57 d
CF	Argiudol abrúptico	281	19,2	5,82 a	91,7 b	49 b	80,5 c	5648 b	6,1 bc	6,7 b	6,87 cd
	Natrudol típico			4,07 b	127,2 a	51 ab	68,7 c	5231 c	6,84 a	7,9 a	8,06 b

Tabla 2. Coeficientes de regresión de un modelo para predecir el Nmin durante el ciclo del cultivo de maíz seleccionados a partir de un proceso de "eliminación haca atrás".

Parámetro	Valor	p-valor
Intercepto	-10510	<0,0001
T s-pc	438,9	<0,0001
PP s-pc	8,35	<0,0001
pH 0-0,2	-30,2	0,1

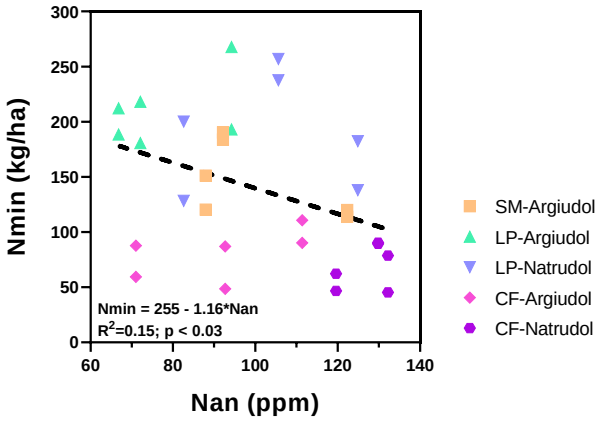


Figura 1. Relación entre el nitrógeno aparente mineralizado (Nmin) y el nitrógeno anaeróbico (Nan).

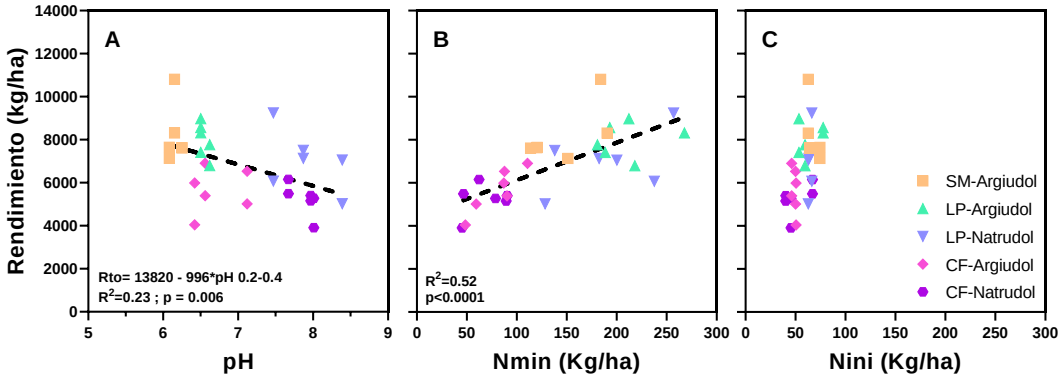


Figura 2. Relación entre el rendimiento en grano con el pH en el estrato 0.2-0.4 m (A), con el N aparente mineralizado (B) y el N inicial (C).

CONCLUSIONES:

El rendimiento del maíz fue más dependiente del nitrógeno mineralizado en el ciclo del cultivo que del contenido inicial de nitrógeno en el suelo.

El nitrógeno mineralizado en suelos de la Pampa Deprimida estuvo relacionado con la temperatura media y las precipitaciones caídas entre la siembra y el final del período crítico del cultivo, así como con el pH en el estrato 0-0,2 m. Pero no se relacionó con el Nan.

Los balances de N para el cultivo de maíz en lotes de la Pampa Deprimida deberían establecer la demanda de N a partir del rendimiento esperable, considerando el pH subsuperficial. Pero, además contemplar la oferta de N mineralizado teniendo en cuenta i) las precipitaciones y temperaturas medias esperadas desde la siembra al período crítico según pronósticos, y ii) el pH en el estrato 0-0.2.

BIBLIOGRAFÍA:

Aciego Pietri, J. C., & Brookes, P. C. (2009). Substrate inputs and pH as factors controlling microbial biomass, activity and community structure in an arable soil. *Soil Biology and Biochemistry*, *41*(7), 1396–1405. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.03.017

Bremner, J. M., & Keeney, D. R. (1965). Steam distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Analytica Chimica Acta*, *32*, 485–495. https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88973-4

Divito, G. A., Sainz Rozas, H. R., Echeverría, H. E., Studdert, G. A., & Wyngaard, N. (2011). Long term nitrogen fertilization: Soil property changes in an Argentinean Pampas soil under no tillage. *Soil and Tillage Research*, *114*(2), 117–126. https://doi.org/10.1016/j.still.2011.04.005

Echeverría, H. E., Sainz Rosas, H. R., & Barbieri, P. A. (2015). Maíz y sorgo. In H. E. Echeverría & F. O. García (Eds.), *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos* (pp. 421–464). Ediciones INTA.

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., Larrea, G., Cicchino, M. A., & Melani, E. M. (2024). Efecto de la alcalinidad y profundidad del horizonte arcilloso sobre el rendimiento relativo de maíz y soja. *XXVII Congreso Argentino de La Ciencia Del Suelo*, 6. https://congreso2024.suelos.org.ar/actas/

Grover, M., Venkateswarlu, B., Desai, S., Gopinath, K. A., & Srinivasa Rao, C. (2016). Application of Microbiology in Dryland Agriculture. In *Innovations in Dryland Agriculture* (pp. 491–520). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47928-6_18

Keeney, D. R., & Nelson, D. W. (1982). Nitrogen—Inorganic Forms. In A. L. Page (Ed.), *Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties* (Vol. 9, pp. 643–698). https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c33

Läuchli, A., & Grattan, S. R. (2012). Soil pH extremes. In *Plant Stress Physiology* (Issue May 2012, pp. 194–209). https://doi.org/10.1079/9781845939953.0194

Navure Team. (2023). *Navure (2.8.2): A data-science-statistic oriented application for making evidence-based decisions.* URL http://www.navure.com

Orcellet, J., Reussi Calvo, N. I., Sainz Rozas, H. R., Wyngaard, N., & Echeverría, H. E. (2017). Anaerobically incubated nitrogen improved nitrogen diagnosis in corn. *Agronomy Journal*, *109*(1), 291–298. https://doi.org/10.2134/agronj2016.02.0115

Reussi Calvo, N. I., Wyngaard, N., Orcellet, J., Sainz Rozas, H. R., & Echeverría, H. E. (2018). Predicting Field-Apparent Nitrogen Mineralization from Anaerobically Incubated Nitrogen. *Soil Science Society of America Journal*, *82*(2), 502–508. https://doi.org/10.2136/sssaj2017.11.0395.

Rice, C. W., & Havlin, J. L. (1994). Integrating Mineralizable Nitrogen Indices into Fertilizer Nitrogen Recommendations. In J. L. Havlin & J. S. Jacobsen (Eds.), *Soil testing: Prospects for improving nutrient recommendations* (Vol. 40, pp. 1–13). https://doi.org/10.2136/sssaspecpub40.c1

Rubí Bianchi, A., & Cravero, S. A. C. (2010). *Atlas climático digital de la República Argentina* (I. Ediciones, Ed.).

SAGyP. (2023). *Estimaciones Agrícolas*. https://datosestimaciones.magyp.gob.ar/

Sainz Rozas, H. R., Eyherabide, M., Larrea, G., Martínez Cuesta, N., Angelini, N., Reussi-Calvo, N. I., & Wyngaard, N. (2019). Relevamiento y determinación de propiedades químicas en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. *Simposio Fertilidad 2019*, 141–158.

Santiago, S. T., Clark, N., Leinfelder-Miles, M., Light, S., Mathesius, K., Wilson, R., Parikh, S., Savidge, M., & Geisseler, D. (2025). Nitrogen mineralization from soil organic matter under field conditions in California soils. *Soil Science Society of America Journal*, *89*(2). https://doi.org/10.1002/saj2.70055

Schomberg, H. H., Wietholter, S., Griffin, T. S., Wayne Reeves, D., Cabrera, M. L., Fisher, D. S., Endale, D. M., Novak, J. M., Balkcom, K. S., Raper, R. L., Kitchen, N. R., Locke, M. A., Potter, K. N., Schwartz, R. C., Truman, C. C., & Tyler, D. D. (2009). Assessing Indices for Predicting Potential Nitrogen Mineralization in Soils under Different Management Systems. *Soil Science Society of America Journal*, *73*(5), 1575–1586. https://doi.org/10.2136/sssaj2008.0303

Shelden, M. C., & Munns, R. (2023). Crop root system plasticity for improved yields in saline soils. *Frontiers in Plant Science*, *14*(February), 1–14. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1120583

Soon, Y. K., Haq, A., & Arshad, M. A. (2007). Sensitivity of nitrogen mineralization indicators to crop and soil management. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *38*(15–16), 2029–2043. https://doi.org/10.1080/00103620701548688

Studdert, G. A., & Echeverría, H. E. (2000). Crop Rotations and Nitrogen Fertilization to Manage Soil Organic Carbon Dynamics. *Soil Science Society of America Journal*, *64*(4), 1496–1503. https://doi.org/10.2136/sssaj2000.6441496x

Taleisnik, E., & Lavado, R. S. (Eds.). (2021). *Saline and Alkaline Soils in Latin America* (1st ed.). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52592-7

Tan, K. H. (2011). *Principles of Soil Chemistry* (4th ed.). Taylor & Francis. https://doi.org/10.1097/00010694-199812000-00009.

Wyngaard, N., Crespo, C., García, G. V., Reussi Calvo, N. I., Rivero, C., Carciochi, W. D., Eyherabide, M., Larrea, G., Angelini, H., Barbieri, P. A., & Sainz Rozas, H. R. (2025). Nitrogen mineralization potential depletion in pampas (Argentina) croplands following conversion from native grasslands. *Geoderma Regional*, *40*. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2025.e00925

ESTRATEGIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE GIRASOL EN AMBIENTES SALINOS RECUPERADOS

Lehr, L.[1]; S. Mira[1]; M. Díaz-Zorita[2]

[1] AAPRESID, Dorrego 1639, (S2000) Rosario, Santa Fe.
[2] Facultad de Agronomía UNLPam, Ruta Nacional 35 km 334, (L6300) Santa Rosa, La Pampa.
* lehrluciano5@hotmail.com, mira@aapresid.org.ar, mdzorita@agro.unlmpam.edu.ar

RESUMEN: En zonas con suelos salinos, lograr la implantación y sostener el crecimiento de cultivos extensivos son desafíos productivos que limitan la implementación de secuencias agrícolas sustentables. En estos ambientes con alta salinidad superficial, ajustes simples en algunas decisiones de manejo podrían mejorar la implantación y el crecimiento de plantas de girasol. El ensayo se desarrolló en un lote con dos ambientes contrastantes (loma y bajo salino recuperado) con un diseño factorial 2×2×2, implementado mediante macrofranjas cruzando cada ambiente. Cada factor tiene dos niveles: (1) densidad de siembra normal (55.000 pl/ha) y aumentada (70.000 pl/ha), (2) profundidad de siembra normal (4–5 cm) y profunda (7–8 cm), y (3) con y sin fertilización de base (aplicación de fosfato en la línea). El objetivo fue evaluar el efecto de la densidad de siembra, la profundidad de siembra y la fertilización de base sobre la emergencia y la producción de girasol. El ambiente bajo presentó una CE de 7–8 dS/m y pH mayor a 8, mientras que en la loma la CE fue menor a 1 dS/m y el pH neutro. La siembra se realizó el 26 de octubre, en siembra directa a surco abierto. El aumento de densidad se planteó como una estrategia para compensar la variabilidad espacial de la salinidad en el ambiente de bajo, incrementando la probabilidad de lograr plantas viables en sectores donde la germinación y emergencia podría ser menor que en condiciones normales de suelos agrícolas; la estrategia de aumentar la profundidad de siembra busca que la semilla escape las altas concentraciones de sales frecuentes en los primeros centímetros del perfil. La omisión de la fertilización fosfatada se planteó para favorecer la germinación y emergencia al reducir la concentración de sales próxima a las semillas. El análisis se realizó mediante ANOVA por ambiente, con comparación de medias (Tukey, $p<0,05$). En la loma, solo la densidad alta mostró un efecto significativo en el logro de plantas, con un incremento del 23 % ($p = 0,0002$). La profundidad de siembra y la fertilización de base no presentaron efectos significativos ($p = 0,6301$ y $p = 0,9279$, respectivamente), con variaciones mínimas en el número de plantas logradas (–1 % y 0 %). En el bajo salino, ningún factor mostró diferencias significativas, aunque se observaron tendencias positivas. La densidad alta mejoró el logro de plantas en un 12 % ($p = 0,0777$), la siembra profunda en un 8 % ($p = 0,2564$) y la fertilización en un 4 % ($p = 0,5255$).
En cuanto al rendimiento, la densidad alta permitió un aumento significativo del 18 % en el bajo ($p = 0,0098$), principalmente por un mayor número de granos. La siembra profunda y la fertilización de base también mostraron efectos positivos (+6 % y +3 %, respectivamente), aunque sin significancia estadística. En la loma, los tratamientos no generaron efectos significativos en el rendimiento, observándose respuestas variables según el manejo.
Estos resultados muestran que combinaciones simples de manejo agronómico permiten mejorar la implantación y el rendimiento en suelos salinos recuperados. Aumentar la densidad de siembra, profundizar la siembra a surco abierto y aplicar fertilización de base fueron estrategias que contribuyeron a mejores resultados. En particular, la fertilización de base no afectó negativamente la implantación y mostró una leve mejora en el rendimiento.

PALABRAS CLAVE: densidad de siembra, profundidad de siembra, fertilización, implantación, cultivos de secano

LA PRESIÓN DE SELECCIÓN EN BAJOS ALCALINO-SÓDICOS ¿MEJORA LA RESPUESTA AL ANEGAMIENTO Y/O SEQUÍA DE *CHLORIS GAYANA* KUNTH?

Mollá Kralj, A.[1-2*]; L. Varela[1]; L. Adduci[1-2]; C. Sanguinetti[1]; M. R. Lovisolo[1-2]; C. Esposito[1]; J. Pesqueira[1-2]

[1] Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Juan XXIII y RP n°4, (1832) Lomas de Zamora, Buenos Aires.
[2] Instituto de Investigación sobre Producción Agropecuaria, Ambiente y Salud (IIPAAS), Juan XXIII y RP n°4, (1832) Lomas de Zamora, Buenos Aires.
* andresmollakralj@gmail.com

RESUMEN: El acceso seguro y equitativo a fuentes energéticas renovables, constituye un pilar fundamental para el desarrollo de las sociedades modernas. Entre ellas, la biomasa vegetal ocupa un lugar destacado por su potencial para generar biocombustibles de segunda generación. Existen especies vegetales subtropica les, que ya han sido evaluadas como forrajeras, con altos rendimientos de biomasa estival en zonas marginales (bajos alcalino-sódicos con alternancia de periodos de anegamiento y sequía) de la Pampa Deprimida. Dichos factores de estrés abiótico afectan negativamente los procesos fisiológicos de las plantas, provocando desajustes osmóticos y alteraciones en la fotosíntesis y en el metabolismo en general; sin embargo, estas especies son capaces de tolerar estas condiciones adversas mediante mecanismos de adaptación, tanto anatómicos como fisiológicos. Una de las especies que se viene estudiando en el laboratorio y en el campo, es *Chloris gayana* Kunth cv. Finecut. Luego de varios años de perennidad en un suelo con pH = 9,8; CEe = 0,69 dS m^{-1} y PSI = 26,2% (Chacra Experimental Manantiales, Chascomús, Pcia. Bs. As.), se colectaron cariopses y se evaluaron las respuestas de las plantas a diferentes condiciones hídricas. La hipótesis es que la presión de selección impuesta por el ambiente de cultivo resulta en mejoras sobre las estrategias de tolerancia y, consecuentemente, en el rendimiento. El ensayo se realizó en una cámara de cultivo con condiciones controladas (25 °C± ,16 h de fotoperiodo, 550 umol m^{-2} s^{-1} de densidad de flujo fotónico fotosintéticamente activo) y en contenedores con arena aplicando la técnica de hidroponía con una solución nutritiva alcalina-sódica (pH 9,8 y ce 3,48 mS.cm^{-1}). Los tratamientos impuestos durante 15 días consistieron en tres condiciones hídricas: sequía, capacidad de campo y anegamiento. A lo largo del ensayo se evaluó el O_2 disuelto en el tratamiento anegamiento (oxímetro Lutron DO-5510), y el contenido de agua en el sustrato en capacidad de campo y sequía (*data logger* Em50 con sensores de temperatura/humedad de suelo 5TM). A la cosecha se evaluaron parámetros de crecimiento y desarrollo del vástago y raíz, y la estimación del contenido de clorofila (Índice Spad). Los datos se analizaron con ANOVA y DGC (α: 0,05). En varios parámetros analizados, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos capacidad de campo y anegamiento; con excepción de altura de planta, cantidad de hojas por planta, peso seco de raíz y relación peso fresco vástago sobre raíz en donde en anegamiento fueron mayores (p=0,03070, p=0,303, p=0,0088 y p=0,0282, respectivamente). En sequía, a pesar de que respecto al control mostraron menor contenido de clorofila (p<0,0001), menor peso fresco y seco del vástago (p=0,0025 y p=0,0064, respectivamente) y menor peso fresco de raíz (p=0,0029), es importante destacar que todos los individuos continuaron creciendo y desarrollando, sin diferencias significativas respecto al control en altura, en cantidad de hojas por planta, ni en la cantidad de macollos. En base a los resultados, podríamos suponer que este genotipo presenta un comportamiento superior al material original, proporcionando información útil para la generación de cultivares mejorados para las zonas restrictivas de la Pampa Deprimida.

PALABRAS CLAVE: grama rhodes, biocombustibles, biomasa

EFECTO DEL RIEGO POR ASPERSIÓN O GRAVEDAD SOBRE VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN SUELOS DE LA PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

Nocerez, A. S.[1*]; G. Peralta[2]; H. Rimski-Korsakov[1]; C. R. Álvarez[1]; M. M. Caffaro[1]; H. S. Steinbach[1]; M. Aciar[3]; E. Angelotti[4]

[1] Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
[2] Profesional independiente.
[3] Universidad Nacional de Salta.
[4] Liag Argentina.
* anocerez@agro.uba.ar

RESUMEN: Este estudio se realizó en El Quebrachal, provincia de Salta, con el objetivo de evaluar los efectos del riego por aspersión y gravedad sobre propiedades físicas y químicas del suelo. Se analizaron 22 lotes con distintos manejos: riego por gravedad (Gravedad), por aspersión (Aspersión) y áreas no cultivadas con cortina forestal (Cortina). Se analizaron variables edáficas químicas (carbono orgánico CO, pH, conductividad eléctrica CE y porcentaje de sodio intercambiable PSI) y variables físicas (densidad aparente DAP, infiltración, resistencia mecánica RM y calidad estructural). El pH fue significativamente mayor en suelos regados, sin diferencias entre los sistemas de riego, comparado con las áreas no cultivadas (7,59 *vs.* 6,59). No se encontraron diferencias significativas en el contenido de CO, ni en la CE, ni en el PSI. Sin embargo, en el caso del PSI puede deberse a una alta variabilidad de los datos, ya que los suelos regados mostraron un PSI promedio de 3,83 %, triplicando al de las Cortinas (1,19 %). En cuanto a las propiedades físicas, la DAP fue menor en Cortina que en los regados (1,16 *vs.* 1,46 g cm^{-3}), indicando una mayor compactación. La infiltración fue mayor en la Cortina (48 mm h^{-1}) y menor en Aspersión (30 mm h^{-1}), siendo los resultados en Gravedad intermedios a los dos anteriores (38 mm h^{-1}). La RM también fue mayor en suelos regados (1,76 *vs.* 0,84 MPa). La calidad estructural fue mejor en las Cortinas que en los lotes regados, presentado la mayor proporción de agregados < 5 cm y menor proporción de aquellos > 10 cm. Se concluye que, aunque no se superaron umbrales críticos en las variables químicas, el manejo agrícola bajo riego conduce a un deterioro de las propiedades físicas del suelo, sugiriendo la necesidad de estrategias de monitoreo y manejo sostenibles.

PALABRAS CLAVE: calidad de agua de riego, deterioro del suelo, calidad física y química

INTRODUCCIÓN:

La disponibilidad hídrica es la principal limitante del rendimiento de los cultivos en secano (Bohnert & Bressan, 2001). En regiones semiáridas como el NOA, el riego se vuelve una herramienta clave para estabilizar e incrementar los rendimientos de los cultivos agrícolas. Sin embargo, su implementación no está exenta de riesgos, especialmente cuando se utilizan aguas con elevada conductividad eléctrica o alta relación de adsorción de sodio, lo que puede provocar procesos de salinización y sodificación. Estos procesos deterioran la calidad del suelo al afectar la disponibilidad de agua para los cultivos, su estructura, la dinámica hídrica y, en consecuencia, su productividad (Crescimanno *et al.,* 1995). Hay distintos sistemas de riego posibles, como por gravedad (inundación), por aspersión (pivot-central), entre otros. Estos sistemas de riego difieren entre otras características, en la eficiencia y costos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto del riego sobre la calidad física y química del suelo en El Quebrachal, provincia de Salta, a través del análisis de variables como pH, conductividad eléctrica, porcentaje de sodio intercambiable, contenido de materia orgánica, tasa de infiltración, densidad aparente y resistencia mecánica.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Se trabajó en un establecimiento del sudeste de la provincia de Salta, en El Quebrachal, cerca del límite con la provincia de Santiago del Estero. El área pertenece a la zona agroecológica denominada Umbral al Chaco, con precipitaciones anuales entre 550 y 800 mm aumentando de este a oeste, con un régimen de tipo monzónico. La temperatura media anual es de 22 ºC (Servicio Meteorológico Nacional, 2025).

Los tipos de suelos que se encuentran en el establecimiento son: Argiustoles, Haplustalfes, Haplustoles y Vertisoles. Es un establecimiento agrícola, principalmente bajo riego, tanto por aspersión (17264 ha) como por gravedad (10162 ha). Se seleccionaron 22 lotes en función de la historia agrícola incluyendo situaciones bajo riego por aspersión (Aspersión), riego por gravedad (Gravedad) y montes prístinos cercanos (Cortina). Láminas anuales de riego en general fueron mayores en Gravedad que en Aspersión (500-600 mm vs 300-400, respectivamente). En cada lote se establecieron 5 unidades de muestreo donde se evaluaron diferentes variables químicas y físicas del suelo.
Se determinó la calidad del agua de riego en tres posiciones (Tabla 1), clasificándola como agua de bajo riesgo de salinidad (evaluado a través de la conductividad eléctrica, CE), bajo riesgo de sodificación (evaluado con el valor de la relación de adsorción de sodio, RAS), y bajos valores de carbonato de sodio residual (CSR).

Tabla 1. Calidad del agua de riego

pH	8,30
Salinidad (dS m^{-1})	0,50
Carbonatos (meq l^{-1})	0,00
Bicarbonatos (meq l^{-1})	2,28
Carbonato de Sodio Residual (meq l^{-1})	0,32
RAS	2,72

En cada unidad de muestreo se extrajeron muestras compuestas representativas de los estratos 0-10 cm y 10-20 cm. En estas muestras se determinó el carbono orgánico del suelo (COS) por oxidación húmeda (Walkley & Black, 1934) y la composición granulométrica por el método de Bouyucous (1962). En la Tabla 2 se presenta la composición granulométrica para cada una de las situaciones analizadas (Cortina, Aspersión y Gravedad). No se encontraron diferencias significativas en los contenidos de arena, limo y arcilla entre las situaciones, por lo tanto, es posible realizar un análisis comparativo sin que la textura del suelo introduzca un sesgo.

Tabla 2. Composición granulométrica (arena, limo y arcilla) de 0-20 cm en la cortina (n= 3), el lote regado por aspersión (n= 8) y el regado por gravedad (n=14). Se presentan los valores medios, mínimo, máximo, error estándar (E.E.) y el valor de *p* para cada variable.

Textura (%)	Tratamiento	Media	Mínimo	Máximo	E.E.	*p*
Arena	Cortina	38,0	22,8	67,1	14,6	
	Aspersión	40,7	6,6	66,1	8,0	
	Gravedad	40,1	9,1	61,9	4,2	0,979
Limo	Cortina	36,4	18,4	51,7	9,8	
	Aspersión	39,4	21,9	59,6	4,9	
	Gravedad	37,3	9,1	61,9	2,1	0,886
Arcilla	Cortina	25,6	19,4	37,7	6,6	
	Aspersión	19,9	11,2	33,8	3,3	
	Gravedad	22,6	11,9	49,4	2,7	0,673

La densidad aparente (DAP) fue medida utilizando el método del cilindro (Blake & Hartge, 1986) en los estratos de 0-10 cm y 10-20 cm. La infiltración se determinó con permeámetro de disco. Se determinó la calidad estructural por el método del Drop test (Aapresid, 2019). Se midió la resistencia mecánica de 0-30 cm con penetrómetro de golpes (dinámico). Las mediciones se realizaron 2 a 3 días post riegos o lluvia en las cortinas, buscando valores de humedad cercanos a capacidad de campo.
Los resultados de las mediciones se analizaron estadísticamente mediante ANOVA con el software Infostat, considerando un diseño completamente aleatorizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Evaluación de variables químicas de los suelos

En la Tabla 3 se detallan los valores de COS, pH, CE y PSI obtenidos de 0 a 20 cm en cada una de las situaciones evaluadas.

Tabla 3. Contenido de carbono orgánico (CO), pH, conductividad eléctrica (CE) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI) en la cortina, lotes regados por aspersión y los regados por gravedad. Se presentan los valores medios, mínimo, máximo, error estándar (E.E.), coeficiente de variación (C.V.), el número de unidades muestrales (n) y el valor de *p* para cada variable. Letras diferentes indican diferencias significativas entre situaciones.

Variable	Estadístico	Cortina	Aspersión	Gravedad
CO (%)	Promedio	2,25 a	1,88 a	1,74 a
	Mínimo	1,52	1,39	1,53
	Máximo	2,63	2,92	2,13
	E.E.	0,36	0,19	0,05
	C.V.	9,29	28,81	11,07
	n	3	8	14
	p		0,141	
pH	Promedio	6,59 b	7,56 a	7,62 a
	Mínimo	6,35	6,94	7,28
	Máximo	6,80	8,21	8,05
	E.E.	0,13	0,14	0,05
	C.V.	3,48	5,32	2,67
	n	3	8	14
	p		0,001	
CE (dSm^{-1})	Promedio	2,86 a	1,80 a	1,46 a
	Mínimo	1,37	0,73	0,95
	Máximo	5,14	5,53	2,31
	E.E.	1,16	0,61	0,12
	C.V.	4,58	96,56	29,64
	n	3	8	14
	p		0,161	
PSI (%)	Promedio	1,20 a	3,83 a	3,93 a
	Mínimo	0,86	1,24	1,41
	Máximo	1,78	10,28	8,01
	E.E.	0,29	1,12	0,45
	C.V.	185,66	82,56	43,00
	n	3	8	14
	p		0,160	

El CO, la CE y el PSI, no mostraron diferencias estadísticas entre situaciones. La alta variabilidad de los datos pueden ser la razón de la no significancia estadística. Cabe destacar que en el caso del PSI los valores promedios de riego triplican a los de secano. Por otro lado, el pH mostró valores estadísticamente mayores en las situaciones regadas que en las prístinas. Sin embargo, en ninguna de las variables se superan los umbrales considerados riesgosos (pH > 8,5, CE > 4 dSm^{-1} y PSI > 15). Sería importante seguir monitoreando estas variables en el tiempo para evitar llegar a un deterioro significativo. Torres Duggan *et al.* (2016) advierten que en situaciones de CE baja puede producirse cambios desfavorables en las propiedades físicas edáficas aún con valores de PSI cercanos a 5 %. Por lo tanto, resulta importante el monitoreo de las propiedades físicas en situaciones de riego que presentan valores como los observados en este trabajo.

Evaluación de variables físicas de los suelos

La DAP promedio de 0 a 20 cm mostró diferencias estadísticamente significativas (*p*=0,0004; Figura 1). El manejo antrópico aumentó la DAP independientemente del sistema de riego utilizado.

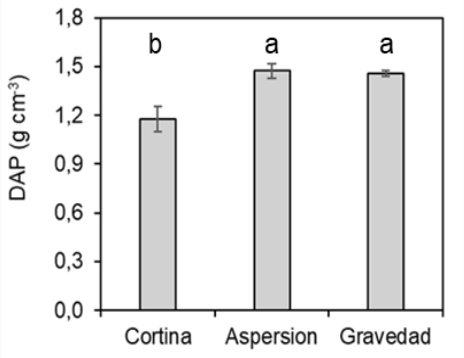


Figura 1. Densidad aparente (DAP; g cm^{-3}) promedio para los lotes con cortinas forestales (Cortinas), los regados por aspersión (Aspersión) y los regados por gravedad (Gravedad). Barras: Error estándar. Letras diferentes: diferencias significativas entre situaciones (*p*= 0,0004).

La infiltración fue mayor (*p*=0,071) en la situación natural (Cortina) y menor cuando el riego fue realizado por aspersión (Figura 2). Cuando hubo riego por gravedad la situación fue intermedia entre las dos anteriores.

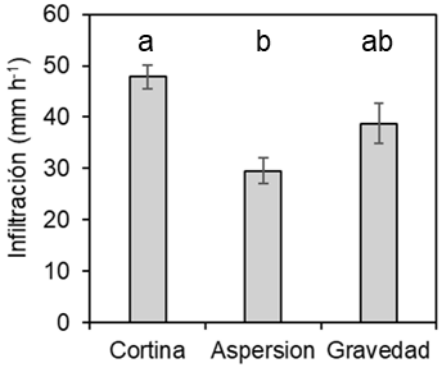


Figura 2. Infiltración (mm h^{-1}) promedio para los lotes con cortinas forestales (Cortinas) y los regados por aspersión (Aspersión) y los regados por gravedad (Gravedad). Barras: Error estándar. Letras diferentes: diferencias significativas entre situaciones (*p*=0,071).

La RM (Figura 3) promedio de 0 a 20 cm fue estadísticamente mayor en los lotes regados, sin diferir entre ellos (*p*=0,0001).

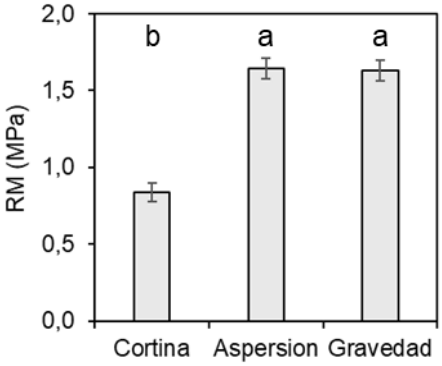


Figura 3. Resistencia mecánica (RM, MPa) promedio para los lotes con cortinas forestales (Cortinas) y los regados por aspersión (Aspersión) y los regados por gravedad (Gravedad). Barras: Error estándar. Letras diferentes: diferencias significativas entre situaciones. (*p*=0,0001).

A partir del Drop test, se comprobó que la calidad estructural fue mejor en situaciones prístinas de Cortinas en relación con las regadas (Figura 4). La situación prístina mostró mayor proporción de agregados < 5 cm (*p*=0,0018) y menor proporción de aquellos > 10 cm (*p*= 0,0023), en relación con

las situaciones regada que no difirieron entre sí. Los agregados entre 5 y 10 cm no difirieron para ninguno de las situaciones (p= 0,8317).

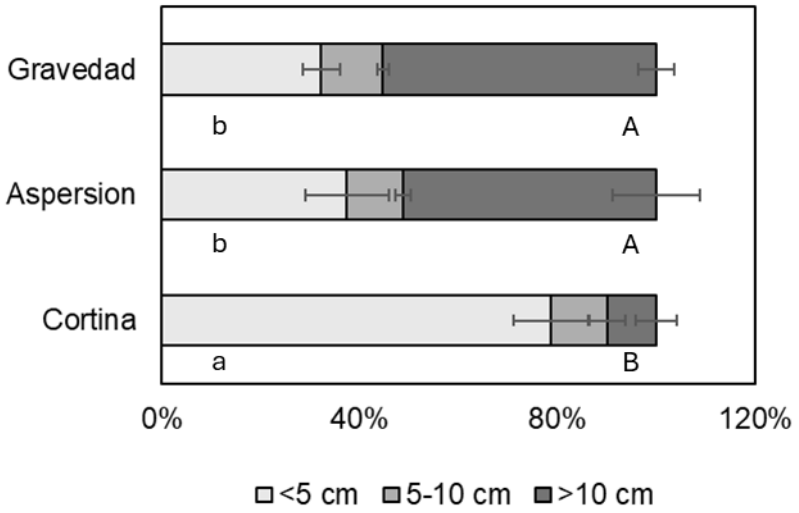


Figura 4. Distribución de tamaños de agregados según el Drop-test. Barras: Error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas entre situaciones (minúsculas para agregados <5 cm (p=0,0018) y mayúsculas para agregados > 10 cm (p= 0,0023).

A pesar de que las variables químicas no alcanzaron valores críticos, se observa un deterioro de la calidad estructural del suelo y de la infiltración. Este deterioro puede deberse, a que como se incrementa más el PSI que la CE, se ve favorecida la dispersión del suelo. A esto se suma, que las situaciones agrícolas regadas están sometidas al estrés del tránsito de la maquinaria (especialmente la cosecha). La materia orgánica y las raíces juegan un rol fundamental en la calidad física edáfica. Se destaca en este trabajo que las situaciones agrícolas no difieren en su contenido de CO de la situación prístina. Esto puede deberse a que el riego promueve una alta productividad y aporte de rastrojos al suelo. Se recomienda la intensificación de la rotación para sostener altos aportes y, promover la presencia de raíces vivas todo el año. Este mecanismo biótico, en conjunto, con la expansión contracción por humedecimiento-secado son los principales mecanismos de regeneración estructural del suelo (Taboada *et al.,* 2004).

CONCLUSIONES:

El riego por aspersión y gravedad no generó diferencias significativas en la mayoría de las variables químicas analizadas. En cambio, sí se evidenció un deterioro en la calidad física del suelo en ambas modalidades de riego, con mayor densidad aparente, resistencia mecánica, menor infiltración y peor calidad estructural. Estos resultados destacan la necesidad de monitorear estas variables y aplicar estrategias de manejo que promuevan la regeneración estructural del suelo.

BIBLIOGRAFÍA:

AAPRESID. 2019. Guía de evaluación a campo: Calidad estructural de suelos bajo siembra directa. https://issuu.com/aapresid/docs/guia_ece_inta_aapresid_2019

Bohnert HJ & RA Bressan. 2001. Abiotic stresses, plant reactions and new approaches towards understanding stress tolerance. En J Noesberger *et al*. (Eds.), Crop Science: Progress and Prospects, pp. 81–100. CABI Publishing.

Blake GR & KH Hartge. 1986. Bulk density. En A Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods, 2ª ed., pp. 363–375. ASA and SSSA.

Bouyoucos GJ. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agronomy Journal 54(5): 464–465.

Crescimanno G, M Iovino & G Provenzano. 1995. Influence of salinity and sodicity on soil structural and hydraulic characteristics. Soil Science Society of America Journal 59(6): 1701–1708.

Servicio Meteorológico Nacional. 2025. Datos climáticos históricos de Salta. (Consulta institucional interna).

Taboada MA & RS Lavado (Eds.). 2004. Alteraciones de la fertilidad de los suelos. Editorial FAUBA, Buenos Aires.

Torres Duggan M, CR Álvarez & H Rimski-Korsakov. 2016. Evaluación y monitoreo de suelos bajo riego complementario en la Región Pampeana. En 5º Reunión Internacional de Riego. Uso eficiente del agua para riego, pp. 13–39. Ediciones INTA, Buenos Aires.

Walkley A & IA Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37(1): 29–38.

IMPACTO DEL RIEGO COMPLEMENTARIO SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN EL SUDOESTE BONAERENSE

Nocerez, A. S.[1*]; C. R. Álvarez[1]; H. Rimski-Korsakov[1]

[1] Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
* anocerez@agro.uba.ar

RESUMEN: La intensificación productiva mediante riego complementario ha cobrado relevancia en la región del sudoeste bonaerense. Sin embargo, el impacto del riego sobre las propiedades del suelo genera interrogantes sobre la sostenibilidad a largo plazo del recurso. Este trabajo evaluó el efecto del riego complementario sobre variables químicas del suelo en un establecimiento del partido de Coronel Pringles, Buenos Aires. Se analizaron 38 lotes bajo riego y sus lotes linderos en secano, donde se muestreó, en dos estratos de profundidad (0-10 cm y 10-30 cm), las siguientes variables: pHs, porcentaje de sodio intercambiable (PSI), sodio intercambiable, relación de adsorción de sodio (RASs), conductividad eléctrica (CEs), carbono orgánico (C org) y capacidad de intercambio catiónico (CIC). Los resultados muestran aumentos significativos en PSI, RASs, sodio intercambiable, pHs y CEs en suelos bajo riego, en comparación con los de secano, en ambos estratos. El carbono orgánico no mostró diferencias significativas en el estrato superficial, pero sí en el estrato profundo, donde fue mayor en los lotes bajo secano. La CIC presentó un aumento bajo riego en el estrato superficial. Si bien los valores de PSI y CEs no superan los umbrales críticos establecidos para considerar a un suelo como salino o sódico, el incremento sostenido de estos parámetros podría comprometer la calidad del suelo a largo plazo. Se recomienda el monitoreo de las propiedades químicas y físicas en el tiempo.

PALABRAS CLAVE: carbono orgánico, sodicidad, salinidad

INTRODUCCIÓN:

La creciente demanda de alimentos a nivel global plantea desafíos en relación con la sostenibilidad de los sistemas productivos. El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12 de la ONU “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles” (ONU, 2015), invita a evaluar las formas de producción agrícola, enfocándose en prácticas que minimicen el impacto ambiental y promuevan un uso responsable de los recursos naturales. En este contexto, la sostenibilidad del recurso suelo y la reducción de la huella de carbono se convierten en objetivos prioritarios para garantizar una producción agrícola eficiente y responsable.

El aumento de producción de alimentos puede ocurrir a expensas de aumentar la superficie apta para los cultivos o intensificar la producción en la superficie actual. En Argentina, incrementar la superficie destinada a cultivos, llevaría a cultivar suelos con limitantes en su capacidad productiva o avanzar sobre ecosistemas naturales. Por lo que la intensificación agrícola se presenta como la forma más adecuada de crecer en producción (Andrade, 2020).

La disponibilidad hídrica es la principal limitante del rendimiento de los cultivos en secano (Lobell *et al.,* 2009, Van Ittersum *et al*., 2013). Esto conlleva a que los productores implementen riego complementario. En los últimos años se ha notado un gran incremento en la adopción del mismo. En la zona del sudoeste bonaerense para la campaña 2013/14 se contaba con 23536 ha bajo riego de tipo pívot central (Marini, 2015). En la campaña 2022/23, esta superficie se incrementó en un 112%, alcanzando 50009 ha bajo riego (Marini, 2023). El riego complementario otorga dos grandes beneficios: el incremento de los rendimientos y su estabilidad (Torres *et al*., 2016, Zhao *et al*., 2024), evitando así las oscilaciones debido a años Niño o Niña. Sin embargo, varios autores han reportado efectos negativos del riego sobre el suelo, como puede ser el aumento de porcentaje de sodio intercambiable (PSI), aumentos en el pHs, aumentos de la conductividad eléctrica (CEs) y disminución de la conductividad hidráulica (Torres Duggan *et al*., 2012, Álvarez *et al.,* 2021, Álvarez *et al.,* 2024, López de Sabando *et al.,* 2024). Estos cambios pueden comprometer la sostenibilidad del recurso suelo a largo plazo, afectando su capacidad

productiva. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto del riego complementario sobre las variables químicas del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Se tomaron muestras de 38 lotes bajo riego y de lotes linderos bajo producción en secano en el establecimiento San Miguel, partido de Coronel Pringles, provincia de Buenos Aires (Figura 1). La zona cuenta con precipitaciones anuales medias de 753 mm, concentrándose en los meses más cálidos (Servicio Meteorológico Nacional, 2024). El establecimiento realiza agricultura extensiva con riego de tipo complementario, con una lámina de riego media anual de 246 mm. Los suelos del establecimiento son de texturas predominantemente francas con contenidos promedio del 21% de arcilla, 45% de limo y 34% de arena. La calidad de agua utilizada para el riego se clasificó según el método propuesto por Richards (1954) para Riverside como C2-S2, que significa con moderada peligrosidad de salinidad (C2) y apto para su uso pero con precauciones en cuanto al riesgo de sodicidad (S2). El valor promedio de conductividad eléctrica de los equipos de riego fue de 0,73 dS/m, y el valor promedio del RASa fue de 10,40 con un amplio rango de variación de 3,20 a 15,9 (Tabla 1).

Se tomaron muestras de suelo de dos estratos (0-10 y 10-30 cm) en los lotes bajo riego y en las situaciones de secano. Cada lote bajo riego tuvo una situación de secano para su comparación (linderos). Se determinó pHs, sodio intercambiable, porcentaje de sodio intercambiable (PSI), carbono orgánico (C org), conductividad eléctrica (CEs), relación de adsorción de sodio (RASs).

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software RStudio (Posit Software, 2023). Se verificó la existencia de distribución normal de las diferencias de las variables químicas entre los manejos mediante la prueba Shapiro-Wilk. Las variables que presentaron distribuciones normales fueron analizadas a través de una Prueba t para un diseño apareado para cada estrato. Las variables que no presentaron distribución normal fueron analizadas mediante la prueba de Wilcox para cada estrato.

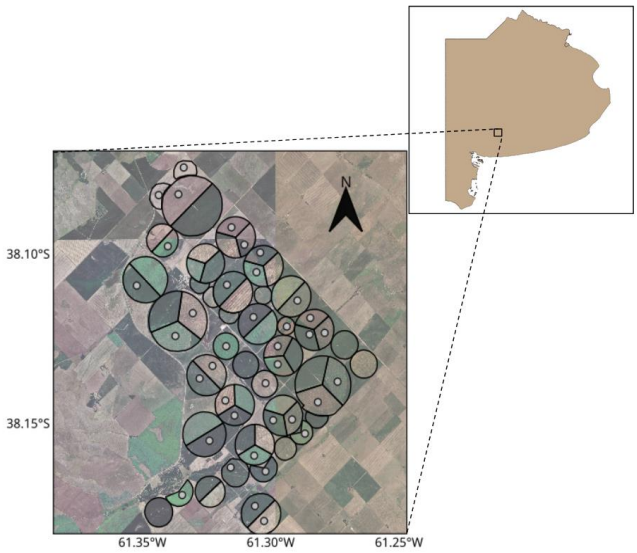


Figura 1. Mapa del establecimiento. Puntos grises señalan lotes bajo riego muestreados.

Tabla 1. Calidad de agua del establecimiento (n= 28). Valores promedios, máximos, mínimos y error estándar de las diferentes variables. RASa, relación de adsorción del sodio del agua; CEa, conductividad eléctrica del agua.

Parámetro	**Años de riego**	**pHa**	**RASa**	**Cea** (dS/m)	**Bicarbonatos** (mg/l)	**Sales solubles** (g/l)	**Dureza total** (mg/l CaCO3)
Media	11,03	8,48	10,40	0,73	373,75	0,48	26,28
E.E.	0,73	0,03	0,57	0,02	10,17	0,01	2,42
Máx.	19	8,70	15,90	0,90	461,1	0,60	57,5
Mín.	2	8,19	3,20	0,48	251,3	0,32	12,30

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

La CIC fue la única variable que no presentó distribución normal en ambos estratos por lo que se procedió a realizar la prueba de Wilcox. Las demás variables fueron comparadas mediante prueba t. Las medias, errores estándar, máximos y mínimos se detallan en la Tabla 2. La Figura 2 permite observar la magnitud en la que cambian las distintas variables.

Se ha observado que existen diferencias en el PSI entre las situaciones Riego y Secano en ambos estratos (p<0,01). La media de PSI del tratamiento bajo riego fue de 8,53 % y 7,54 % para los estratos 0-10 y 10-30 cm, respectivamente. Esto significa un aumento del 142 y 136 % en relación al secano. Si bien los valores de PSI obtenidos en los tratamientos regados no superan el umbral de 15 % propuesto por Tisdale *et al.* (1993) para determinación de suelos sódicos, hay que considerar que diferentes autores propusieron umbrales que varían desde 6 a 10 % (McIntyre, 1979; Lavado & Taboada, 1988).

La RASs también presentó diferencias para los estratos 0-10 cm y 10-30 cm (p<0,01). Las medias de RASs en las situaciones bajo riego fueron menores al umbral establecido para suelos sódicos de 13, con un valor de 5,60 y 4,77 para los estratos 0-10 y 10-30 cm, respectivamente. El incremento de RASs con respecto al secano fue de 409 % para el estrato 0-10 cm y de 297 % para el estrato 10-30 cm. El sodio intercambiable presentó aumentos significativos en ambos estratos (p<0,01) para los manejos bajo riego, con medias obtenidas de 1,99 meq/100g y 1,89 meq/100g para los estratos 0-10 cm y 10-30 cm, respectivamente. El incremento de esta variable bajo riego fue de 188 % para el estrato superficial y de 182 % para el estrato más profundo. El pHs del estrato superficial mostró diferencias entre Riego y Secano (p<0,01), presentando una media para la situación bajo riego de 7,49, lo que significa un 6,4% más que en las situaciones secano. En el estrato 10-30 cm la diferencia fue estadísticamente significativa (p= 0,032), con una media de 7,5 para riego lo que es un 2,5% mayor que en secano. Los valores de pHs se encuentran dentro de un rango normal para los suelos, siendo ligeramente alcalinos. La CEs presentó diferencias en ambos estratos (p<0,01) con medias obtenidas de 0,84 dS/m y de 0,65 dS/m para las situaciones bajo riego en los estratos 0-10 y 10-30 cm, respectivamente. El aumento en comparación a la situación secano fue de 42 % y 86 %, respectivamente. Si bien las diferencias entre tratamientos son significativas, cabe destacar que los valores promedio alcanzados para el tratamiento riego son considerablemente menores al umbral crítico de un suelo salino o salino sódico (4 dS/m). El carbono orgánico no presentó diferencias significativas en el estrato superficial (p=0,25). Sin embargo, no sucedió lo mismo en el estrato de 10-30 cm, donde se observó una diferencia significativa (p<0,01) a favor del tratamiento secano, con una media de 1,49 % lo que significó un incremento del 20 %. López de Sabando *et al*. (2024) también reportaron mayores valores de carbono orgánico en tratamientos secano en comparación con riego. Esto se debe a que los lotes bajo riego generalmente pasan a producciones de cultivos especiales como la producción de semillas que deja menos residuos en el lote y no se debe descartar un aumento de la mineralización por mayor disponibilidad hídrica. La CIC presentó diferencias significativas en el estrato superficial (p<0,01), donde el riego presentó una media de 24,9 y un incremento del 24 % con respecto al secano.

Tabla 2. Valores medios, errores estándar, máximos y mínimos obtenidos para cada tratamiento y estrato. Na intercambiable. Conductividad eléctrica del suelo (CEs), Carbono orgánico (C org), RASs, relación de adsorción del sodio del suelo; PSI, porcentaje de sodio intercambiable; CIC, capacidad de intercambio catiónico.

	0-10 cm							
	Riego				Secano			
	Media	E.E.	Máx.	Mín	Media	E.E.	Máx.	Mín
pHs	7,49	0,07	8,4	6,7	7,04	0,04	7,50	6,50
RASs	5,60	0,24	8,78	1,60	1,10	0,17	4,55	0,45
CIC (meq/100g)	24,90	1,27	60,90	17,30	20,07	0,30	25,20	16,50
Na intercambiable (meq/100g)	1,99	0,08	3,21	0,60	0,69	0,04	1,40	0,47
C org (%)	2,22	0,05	2,88	1,31	2,34	0,06	3,63	1,91
CEs (dS/m)	0,84	0,03	1,40	0,51	0,59	0,03	0,85	0,36
PSI (%)	8,53	0,47	15,10	3,20	3,53	0,25	28,50	2,03
	10-30 cm							
	Riego				Secano			
	Media	E.E.	Máx.	Mín	Media	E.E.	Máx.	Mín
pHs	7,50	0,05	8,20	6,90	7,32	0,05	8,20	6,90
RASs	4,77	0,20	7,22	1,35	1,20	0,12	3,45	0,51
CIC (meq/100g)	30,89	2,69	79,80	16,60	21,08	0,22	24,30	17,70
Na intercambiable (meq/100g)	1,89	0,09	3,01	0,79	0,67	0,03	1,23	0,43
C org (%)	1,25	0,04	2,07	0,80	1,49	0,04	2,28	1,03
CEs (dS/m)	0,65	0,02	0,93	0,36	0,35	0,02	0,63	0,22
PSI (%)	7,54	0,55	14,95	1,62	3,20	0,17	6,56	1,94

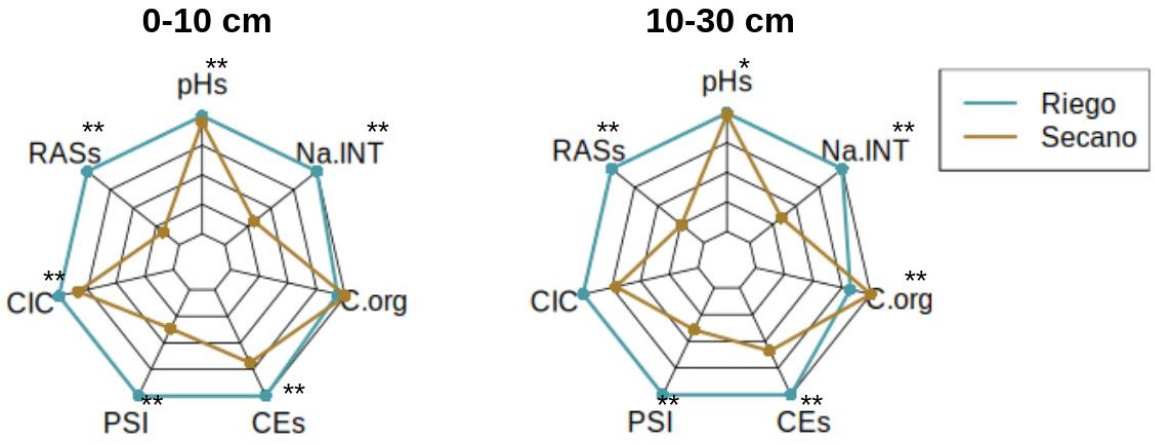


Figura 2. Gráficos de araña de las medias obtenidas según tratamiento para los estratos 0-10 cm y 10-30 cm. Ejes expresados en valores absolutos para las diferentes variables. Variables con * corresponden a valores *p*>0,05; Variables con ** corresponden a valores *p*>0,01. CEs, conductividad eléctrica del suelo; PSI, porcentaje de sodio intercambiable; CIC, capacidad de intercambio catiónico; RASs, relación de adsorción de sodio del suelo; pHs, pH del suelo; NaINT, sodio intercambiable; C org, carbono orgánico.

CONCLUSIONES:

La incorporación del riego complementario aumentó significativamente los valores de PSI, RASs, CEs, pHs y sodio intercambiable de los estratos 0-10 cm y 10-30 cm. El riego complementario presentó un aumento en la CIC del estrato superficial. La implementación del riego disminuyó la concentración de C org (%) del estrato 10-30 cm. Si bien los valores no superan los umbrales críticos establecidos para PSI, RASs y CEs para considerar a un suelo como salino o sódico, el incremento sostenido de estos

parámetros podría comprometer la calidad del suelo a largo plazo. Se recomienda el monitoreo de las variables químicas en el tiempo y de la calidad física en las situaciones de mayor PSI y RASs.

BIBLIOGRAFÍA:

Álvarez CR, H Rimski Korsakov & M Torres Duggan. 2021. Effects of supplementary irrigation on soils and crops in humid and sub-humid areas in the Pampas region of Argentina. En Saline and Alkaline Soils in Latin America: natural resources, management and productive alternatives, 285-294.

Álvarez CR, HS Steinbach, H Rimski-Korsakov & EA Ciarlo. 2024. Efecto del riego suplementario sobre las propiedades químicas y físicas edáficas en el sudoeste bonaerense. Ciencia del Suelo, 42(1):39-49.

Andrade FH. 2020. Los desafíos de la agricultura global. En: http://hdl.handle.net/20.500.12123/9137.

Lavado RS & MA Taboada. 1988. Water, salt and sodium dynamics in a natraquoll in Argentina. *Catena*, *15*(6), 577-594.

Lobell DB, KG Cassman & CB Field. 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. Annu. Rev. Environ. Resour., 34:179-204.

López de Sabando M, JM Gutierrez & M Díaz-Zorita. 2024. Impact of complementary irrigation on soil properties in the Argentine Pampas. Catena, 234:107620.

Marini MF. 2015. Determinación de la superficie bajo riego con pivot central en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) utilizando imágenes satelitales. Agronomía & Ambiente. Revista de la Facultad de Agronomía UBA, 35(2):109-119.

Marini MF. 2023. Actualización de superficie bajo riego con pivot central en el sudoeste bonaerense utilizando imágenes satelitales. Agencia de Extensión Rural Bahía Blanca, INTA.

McIntyre DS. 1979. Exchangeable sodium, subplasticity and hydraulic conductivity. Australian J. Soil Res., 17:115-120.

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. 2015. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015. ONU A/RES/70/1. Roma.

Posit Software, PBC. 2023. RStudio: Integrated Development Environment for R (Version 2023.09.0+463) [Software]. https://posit.co

Richards LA. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agricultural Handbook 60, 160 p.

Servicio Meteorológico Nacional. 2024. Estadísticas normales. Datos abiertos 1991-2020. Disponible en: https://www.smn.gob.ar/descarga-de-datos

Tisdale SL, WL Nelson, JD Beaton & JL Halin. 1993. Soil fertility and fertilizers. 5th ed. Prentice Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey, USA.

Torres MDO, R Howitt & LN Rodrigues. 2016. Modeling the economic benefits and distributional impacts of supplemental irrigation. Water Resources and Economics, 14:1-12.

Torres Duggan M, CR Álvarez, MA Taboada, T Celesti, F Vignarolli & D D'ambrosio. 2012. Riego suplementario en un Argiudol típico de la Pampa Ondulada argentina bajo siembra directa: efectos sobre algunas propiedades químicas y físicas del suelo. Ciencia del Suelo, 30(2):201-207.

Van Ittersum MK, KG Cassman, P Grassini, J Wolf, P Tittonell & Z Hochman. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance—a review. Field Crops Res., 143:4-17.

Zhao Z, Z Li, Y Li, L Yu, X Gu & H Cai. 2024. Supplementary irrigation and reduced nitrogen application improve the productivity, water and nitrogen use efficiency of maize–soybean intercropping system in the semi-humid drought-prone region of China. Agricultural Water Management, 305:109126.

EFECTO DEL RIEGO POR GOTEO ENTERRADO Y DISTINTAS DOSIS DE NITRÓGENO SOBRE PROPIEDADES DEL SUELO

Sosa, F. A.[1-2*]; O. R. Correa[1]; A. Sanzano[1-2]; H. Rojas Quinteros[1]; J. Navarro[1]; R. D. Corbella[2]

[1] Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. W. Cross 3150, Las Talitas (4101), Tucumán.
[2] Cátedra de Edafología. Facultad de Agronomía, Zootecnia y Veterinaria. UNT.
* fasosa@eeaoc.org.ar

RESUMEN: Los procesos de salinización y/o sodificación ocasionados por el riego se encuentran bien documentados en distintas áreas del planeta y de Argentina. En la zona subhúmeda-semiárida de la llanura chacopampeana Tucumana, la incorporación del riego por goteo subterráneo en cultivos como caña de azúcar y granos es reciente y su uso generalmente está ligado a la práctica de fertirrigación, principalmente nitrogenada. El objetivo del presente trabajo fue comparar propiedades edáficas luego de 10 años de aplicación de distintas dosis de Nitrógeno (N) bajo riego por goteo enterrado y en secano en el cultivo de caña de azúcar. Se trabajó sobre un ensayo implantado en el año 2012 en un suelo Haplustol típico. En los tratamientos con riego se utilizó agua de pozo (C2S2) con una concentración de 298, 178, 51, 14, 144 y 23 mgr l^{-1} de HCO_3, SO_4, Ca, Mg, Na y K respectivamente. Las láminas de riego aplicadas fueron variables entre 100 y 500 mm anuales según las precipitaciones. En el año 2022 se evaluó el efecto de 2 niveles de riego (Riego y Secano) y 4 niveles de N (0, 60, 90 y 120 KgN Ha^{-1} = N0, N1, N3 y N5 respectivamente) sobre las siguientes propiedades edáficas: pH, Salinidad (CE), Materia Orgánica (MO), Capacidad de intercambio de Cationes (CIC), Carbonatos (CO_3), Fósforo disponible (P), Sulfatos (SO_4), Sodio (Na), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) intercambiables. Las muestras se tomaron a 20 cm de profundidad y a una distancia de 15 cm respecto al lateral de riego, este último se encontraba enterrado a 20 cm de profundidad en el centro del surco de caña. En secano N5 y N3 presentaron pH significativamente menor que N1 y N0, mientras que en riego N5 solo presentó pH significativamente menor que N0. Los tratamientos con riego presentaron pH superior respecto a secano (6.85 y 6.20 respectivamente). CE fue superior en riego (0.45 dSm^{-1}) respecto a secano (0.29 dSm^{-1}). El riego también incrementó CO_3 respecto a secano (0.03 y 0.00 % respectivamente). Na fue superior en riego versus secano (1.2 y 0.7 $cmolckg^{-1}$ respectivamente). Esta diferencia se mantuvo al expresar este catión en forma porcentual respecto a CIC tomando valores de 5.9 y 3,7 % para riego y secano respectivamente. SO_4 fue superior en los tratamientos con riego en comparación a secano (54 y 33 ppm respectivamente). MO, CIC, P, K, Ca y Mg no se vieron afectadas. El riego por goteo enterrado incrementó pH, CE, Na, SO_4 y CO_3 en comparación con secano. El incremento de la dosis de N tendió a la acidificación tanto en riego como en secano. Si bien los valores alcanzados luego de 10 años no fueron limitantes para la mayoría de los cultivos los procesos degradatorios fueron evidentes bajo este esquema de manejo, y podrían alcanzar valores que afecten la fertilidad del suelo en el mediano plazo.

PALABRAS CLAVE: salinidad, alcalinidad, fertilización, caña de azúcar

TRABAJOS Y RESÚMENES EJE 3:
TECNOLOGÍAS DE MANEJO APLICADAS A LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN SUELOS SALINOS Y ALCALINOS



BIOCARBÓN ASOCIADO A CORRECTIVOS QUÍMICOS EN LA REMEDIACIÓN DE SUELOS SALINO-SÓDICOS

Araujo, K. F. P.[1]; M. Ferreira Neto[1]; J. F. Medeiros[1]; R. A. Rodrigues Filho[1]; P. C. M. Rosário[1]; C. A. Silva[1]; C. E. A. Oliveira[1]; P. K. L. S. Valença[1]; F. V. S. Sá[2]; T. D. C. Peixoto[3]

[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró, RN, Brasil.
[2] Universidade Estadual da Paraíba, PB, Brasil.
[3] Universidade Estadual do Vale do Acaraú, CE. Brasil, Av. Francisco Mota, 572. Bairro Costa e Silva Mossoró-RN CEP: 59.625-900.
* kariolaniafortunato@gmail.com

RESUMEN: Los suelos salinos causan graves daños a la producción agrícola en zonas irrigadas, dificultando su recuperación y manejo. Sin embargo, el uso de enmiendas asociadas a biocarbón ha mejorado sus características físicas, químicas y biológicas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el uso de yeso agrícola y azufre elemental asociado a un acondicionador orgánico (biocarbón) en suelos afectados por sales. Para llevar a cabo el trabajo, se realizaron experimentos en un invernadero en UFERSA con suelo salino-sódico, de julio a septiembre de 2022. Los tratamientos comprendieron un arreglo factorial 9 x 2, a saber: T1 - Suelo salino-sódico sin enmienda; T2 - Suelo salino-sódico + Yeso agrícola al 100% NG; T3 - Suelo salino-sódico + Azufre elemental al 100% NG; T4 - Suelo salino-sódico + Biocarbón 1 (20 Mg ha-1); T5 - Suelo salino-sódico + Biocarbón 2 (40 Mg ha-1); T6 - Suelo salino-sódico + Biocarbón 1 (20 Mg ha-1) + 50% yeso agrícola NG; T7 - Suelo salino-sódico + Biocarbón 2 (40 Mg ha-1) + 50% yeso agrícola NG; T8 - Suelo salino-sódico + Biocarbón 1 (20 Mg ha-1) + 50% azufre elemental NG; y T9 - Suelo salino-sódico + Biocarbón 2 (40 Mg ha-1) + 50% azufre elemental NG, con dos lavados y tres réplicas, totalizando 54 unidades experimentales. El biocarbón, el azufre elemental y el yeso agrícola se adquirieron en un almacén comercial. La dosis de sulfato de calcio correspondiente a la necesidad de yeso NG se calculó con base en el contenido de sodio intercambiable del suelo. La dosis de azufre elemental se estimó a partir de la dosis de sulfato de calcio. El suelo se sometió a 45 días de incubación. Los parámetros evaluados en el experimento fueron los atributos químicos del extracto de saturación, la conductividad eléctrica (CE), el pH, los contenidos solubles de calcio (Ca+2), magnesio (Mg+2), sodio (Na+), potasio (K+), el porcentaje de sodio intercambiable (PST) y la razón de adsorción de sodio (RAS). Los datos obtenidos se evaluaron mediante análisis de varianza mediante la prueba F. En casos de significancia estadística, se realizó la prueba de medias de Scott-Knott con una probabilidad del 5%, utilizando el software SISVAR. El lavado del suelo fue eficaz en la reducción de la salinidad y la sodicidad debido a la lixiviación de sales. Los tratamientos con Biocarbón 1 (20 mg ha-1) y el lavado redujeron la salinidad y la sodicidad del suelo, convirtiéndolo en la clase normal.

PALABRAS CLAVE: atributos del suelo, yeso agrícola, azufre elemental, salinidad

AGLOMERACIÓN DE SEMILLAS PARA MEJORAR LA IMPLANTACIÓN EN SUELOS SALINOS/SÓDICOS

Calvi, M.[1]; L. Marinoni[1-2*]; N. Arizpe[2]; P. R. Namur[3]; J. M. Zabala[1-2]

[1] Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral.
[2] Instituto de Ciencias Agropecuarias del Litoral (CONICET-UNL), Kreder 2805, Esperanza, Santa Fe.
[3] INTA EEA La Rioja, Ruta Nacional N°38 Km 267, Chamical, La Rioja.
* lmarinoni@fca.unl.edu.ar

RESUMEN: La aglomeración de semillas pequeñas ha demostrado ser efectiva para favorecer la implantación en suelos con limitantes edáficas. En el presente estudio se evaluaron diferentes técnicas de aglomeración de semillas del cultivar Chamical (INTA) de *Leptochloa crinita* y su efecto en la germinación en diferentes profundidades y condiciones de salinidad del suelo. Hay dos componentes principales en el proceso de aglomeración de semillas: un adhesivo o aglutinante y el material de relleno. Se utilizó alcohol polivinílico (PVA) al 8 % e hidroxietilcelulosa (HEC) al 4 % como adhesivo, y tierra de diatomeas como material de relleno. Se confeccionaron dos tipos de aglomerados: pastillas en placas perforadas de 8x4 mm (P) y cilindros generados por extrusión de 4x8 mm (C). Se generaron así cuatro tipos de aglomerados: P-PVA, P-HEC, C-PVA y C-HEC. Los componentes se mezclaron en una relación de 1:2.5:0.05 de adhesivo: material de relleno: semillas. Para cada tipo de aglomerado se evaluó el n° de semillas/aglomerado. Se analizó la capacidad de mejorar la implantación de los aglomerados en suelo salino-sódico y suelo no salino-sódico a dos profundidades de siembra: superficial y a 1.5 cm de profundidad. Se utilizaron semillas desnudas como control. Los aglomerados tuvieron 19 ± 4 semillas/aglomerado. Se sembró la cantidad necesaria de cada tipo de aglomerado para alcanzar las 100 semillas por tratamiento y se utilizaron tres repeticiones para cada tratamiento de: a) tipo de aglomerado (5), b) suelo (2) y c) profundidad de siembra (2). Las macetas con los diferentes tipos de suelo, tratamiento de profundidad y tipo de aglomerado fueron colocadas en cámara de crecimiento en condiciones controladas de luz y temperatura (28 °C con 16/8 horas de luz/oscuridad en luz artificial LED de 500 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$). Se realizaron recuentos de plántulas emergidas a los 7, 14 y 21 días de iniciado el ensayo. Sólo se obtuvo diferencias significativas para el tratamiento de profundidad. Al primer recuento no se registró emergencia en la siembra en profundidad para los diferentes tratamientos de aglomerados y tipos de suelo, mientras que sí lo hubo en siembra superficial. Estas diferencias se mantuvieron en los recuentos posteriores, ya que se observó menor emergencia de plántulas en siembra en profundidad. Las semillas desnudas germinaron mejor que las semillas contenidas en aglomerados en siembra superficial en suelo sin limitantes, mientras que en suelo salino/sódico semillas contenidas en aglomerados germinaron igual o mejor que las semillas desnudas. La emergencia de semillas sembradas en profundidad fue menor en todos los casos. No obstante, semillas contenidas en aglomerados confeccionados con HEC emergieron en mayor cantidad que los restantes tratamientos, en condiciones de salinidad-sodicidad. En suelo sin limitantes, plántulas de cilindros de PVA germinaron en mayor medida. Semillas aglomeradas demostraron una mejora en la implantación en condiciones de salinidad y mayor profundidad de siembra, lo que le permitiría alcanzar mejores condiciones de humedad para la germinación.

PALABRAS CLAVE: semillas pequeñas, profundidad de siembra, germinación

POTENCIAL USO AGRÍCOLA DE AGUA GRIS TRATADA EN SISTEMA DE PRODUCCIÓN FAMILIAR

Dias, N. S[1*]; J. E. A. Araújo[1]; A. R. Aragão[1]; L. A. Mendonça[1]; M. V de M. Arruda[1]; J. B. Torres[2]

[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Rua Francisco Mota, 572, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.
[2] Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Universitário Lagoa Nova, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
* nildo@ufersa.edu.br

RESUMEN: El reúso de agua gris, mediante un sistema decanto-digestor de cámara única, se ha multiplicado en las zonas rurales del semiárido del noreste de Brasil como una estrategia de fortalecimiento de la producción en la Agricultura Familiar y como respuesta sostenible a la escasez hídrica. En los municipios de Encanto y São Miguel, ubicados en el estado de Rio Grande do Norte en Brasil, se estudiaron tres sistemas, principalmente destinados a la forrajicultura. El estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad de las fuentes de agua, de los efluentes brutos y de los efluentes tratados, así como su impacto en la productividad. Fueron estudiados tres sistemas de reúso de agua gris: la Unidad de Producción Familiar (UPF-0022), con un área de producción de 1.660 m², y la UPF-0024, con 609 m², ambas ubicadas en la comunidad Conceição, zona rural del municipio de Encanto-RN; y la UPF-0244, con 932 m², situada en la comunidad Sítio Retiro, zona rural de São Miguel-RN. Las unidades de reúso cuentan con tuberías para la recolección de aguas grises provenientes de áreas húmedas de las viviendas (baños – agua de la ducha y del lavamanos –, fregaderos, lavanderías y lavadoras), trampa de grasas, decanto-digestor, filtro, tanque de almacenamiento y sistema de riego. Para caracterizar y evaluar la composición fisicoquímica del agua a lo largo de todo el proceso de uso y reúso, se recolectaron 36 muestras del agua utilizada por la familia, de los efluentes brutos y de los efluentes tratados. Los resultados mostraron que el 47% de las muestras fueron clasificadas como C3S1 (alto riesgo de salinización y bajo riesgo de sodificación), según el sistema del USDA. A nivel individual, las UPFs presentaron variaciones en la clasificación debido al cambio de fuente hídrica, especialmente en las UPF-0022 y UPF-0244, que alternaron entre aguas de pozo y de lluvia. En términos de calidad, el 88,88% de las muestras presentaron pH dentro del rango recomendado para riego (6,5–8,4), mientras que la CE estuvo en la categoría de restricción ligera a moderada en el 83,33% de los casos. Sin embargo, los cloruros representaron un riesgo más elevado: 50% de las muestras estuvieron en la categoría de restricción severa (>10 mmolc L^{-1}). La RAS fue clasificada mayoritariamente como de restricción ligera a moderada (55,55%). La CE y los cloruros fueron los parámetros más afectados por las variaciones en las fuentes de agua en cada UPF. Particularmente en la UPF-0244, la sustitución de agua de lluvia por agua de pozo incrementó significativamente la concentración de sales en la cuarta toma de muestras. Se concluye que el monitoreo continuo es esencial para prevenir la salinización y sodificación de suelos irrigados con agua gris tratada y que la calidad del agua gris varía según la fuente hídrica y requiere un monitoreo continuo en todas las etapas (fuente, efluente bruto y tratado). La apropiación de la tecnología por parte de las familias y un manejo adecuado son esenciales para prevenir riesgos ambientales y potenciar el reúso en riego.

PALABRAS CLAVE: reúso de agua, efluentes tratados, riego sostenible

ANÁLISIS MULTIVARIADO DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LAS AGUAS DE UN SISTEMA DE REÚSO DECANTODIGESTOR DE CÁMARA ÚNICA

Dias, N. S.[1]; J. E. A. Mendonça[2]; L. A. Mendonça[1]*; A. R. Araújo[1]; J. B. Aragão[1]; M. L. L. D. Torres Laurentino[2]; M. V. de M. Arruda[1]

[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Rua Francisco Mota, 572, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.
[2] Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Universitário Lagoa Nova, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.
* leonardo.mendonca@alunos.ufersa.edu.br

RESUMEN: El reúso de agua gris en zonas rurales es una tecnología social en ascenso, especialmente en áreas de producción familiar, constituyéndose como una importante política pública de seguridad hídrica y soberanía alimentaria en el semiárido brasileño. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la composición fisicoquímica de las fuentes hídricas de tres sistemas de reúso de agua gris para riego en comunidades rurales del semiárido brasileño. Este estudio fue desarrollado en los municipios de Encanto y São Miguel, situados en el estado de Rio Grande do Norte (Brasil). Se seleccionaron tres Unidades de Producción Familiar (UPF) con sistemas de tratamiento de aguas grises. Los sistemas fueron compuestos por caja de grasa, decantador-digestor, filtro, reservorio y sistema de riego. El reuso del efluente tratado se destinó principalmente a la producción de forraje, frutas y plantas medicinales. Las áreas productivas variaron entre 609 m² y 1.660 m². Las colectas se realizaron en cuatro momentos a lo largo de un ciclo hidrológico, abarcando muestras de agua de consumo residencial, efluentes brutos y efluentes tratados. Los análisis fisicoquímicos se centraron en parámetros como pH, conductividad eléctrica (CE), calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, carbonatos y bicarbonatos. Para interpretar los resultados, se utilizó estadística multivariada, empleando la matriz de correlación de Pearson ($p \leq 0,05$). El análisis de las correlaciones entre los parámetros reveló la necesidad de realizar un seguimiento de los sistemas de reúso de agua gris con fines agrícolas, destacando la importancia de la conductividad eléctrica (CE) y la dureza, así como del monitoreo de la presencia de sales, para prevenir obstrucciones en los sistemas de riego y la salinización y sodificación del suelo. El análisis factorial identificó como variables más relevantes la CE, la dureza, el sodio (Na^+), el cloruro (Cl^-), el magnesio (Mg^{2+}) y el calcio (Ca^{2+}), con énfasis en el cloruro (Cl^-) por su impacto en el equilibrio iónico. Se extrajeron tres factores principales que explican el 84,78% de la variación total. El F1 agrupa CE, dureza, aniones, cloruro, magnesio y calcio; el F2 reúne sodio, RAS, potasio y cationes; y el F3 se asocia al pH. Carbonato y bicarbonato fueron descartados por presentar cargas factoriales inferiores a 0,65, indicando baja influencia en la explicación de los datos. En el análisis de componentes principales, la CE, la dureza, los aniones, el cloruro (Cl^-), el magnesio (Mg^{2+}) y el calcio (Ca^{2+}) fueron los atributos más importantes para discriminar las muestras de fuentes de agua, mientras que el sodio (Na^+), la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) y los cationes fueron críticos para los efluentes brutos y tratados. El pH fue relevante para discriminar las muestras de fuentes hídricas. Las técnicas multivariadas utilizadas, como el análisis factorial y de componentes principales, permitieron identificar los principales factores de discriminación entre tipos de muestras, evidenciando riesgos potenciales para la sostenibilidad agrícola si no se realiza un control adecuado. En consecuencia, se recomienda un monitoreo continuo y específico de estos parámetros para promover una gestión segura y eficiente del reúso de aguas residuales en la agricultura.

PALABRAS CLAVE: sostenibilidad hídrica, tratamiento de efluentes, agua gris

IMPACTO DEL RIEGO CON EFLUENTES INDUSTRIALES SOBRE LA SALUD EDÁFICA EN VIÑEDOS DE MENDOZA

Flores Cáceres, M. L.[1*]; R. Vallone[1]; M. Arreghini[2]; M. Peña Cervera[2]

[1] Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.
[2] Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Almirante Brown 500, Luján de Cuyo, Mendoza.
* mflores@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN: El reúso de efluentes industriales se ha convertido en una estrategia emergente para la agricultura bajo riego en regiones áridas y semiáridas, donde la escasez del recurso hídrico requiere prácticas sustentables. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto del riego con aguas residuales tratadas generadas en la bodega, provenientes del proceso de elaboración de vinos, de carga orgánica creciente, sobre distintos indicadores edáficos en un viñedo de la provincia de Mendoza para desarrollar estrategias de reúso sustentables para agroecosistemas irrigados. El estudio se realizó durante nueve meses en una finca ubicada en Luján de Cuyo, sobre un suelo franco limoso con subsuelo pedregoso, de origen aluvional y clasificado como Torrifluvente típico según la *Soil Taxonomy*. Se probaron tres tratamientos: riego con agua convencional (T1), riego con efluente tratado aplicando una carga orgánica de 100 kg/ha.día (T2) y de 500 kg/ha.día (T3). El muestreo de suelo se realizó al inicio y al final del experimento. Las muestras se tomaron a una profundidad de 0 a 30 cm. Se midieron parámetros físico-químicos (CEes, pH pasta, N total, P, K, Materia orgánica), infiltración del agua, y potencial redox. Los resultados mostraron que, respecto a la disponibilidad de nutrientes, no se observaron diferencias estadísticamente significativas, aunque se observaron tendencias relevantes. La infiltración acumulada de agua en el perfil disminuyó con el T3. Además, presentó un leve aumento de la materia orgánica y una disminución de la conductividad hidráulica saturada, lo que sugiere una reducción en la permeabilidad del suelo y entarquinamiento del perfil. La salinidad, en el suelo testigo (4,31 dS/m) se presentaba algo elevada y tendió a aumentar ligeramente en los tratamientos con efluente tratado (4,72 dS/m y 4,85 dS/m). El potencial redox disminuyó con el aumento de la carga orgánica aplicada, lo que puede indicar que a mayores cargas se generan condiciones más reductoras. Ubicado en la misma finca, hay un cuartel que recibe el vertido continuo de efluente tratado (ACRE). Comparando éste con los tratamientos, se observaron efectos más significativos en las propiedades del suelo: incremento de la salinidad y del K intercambiable, descenso del pH y deterioro de la estructura del suelo. La conductividad hidráulica saturada en este sector fue de 3,8 mm/h (frente a 15,8 mm/h en el testigo), lo que indica una disminución crítica de la porosidad total del suelo. En conclusión, estos resultados evidencian que el riego con efluentes industriales tratados puede ser una alternativa válida para regiones con escasez hídrica, siempre que se apliquen dosis controladas y se desarrollen estrategias de monitoreo continuo. Sin embargo, es necesario continuar con el monitoreo de los indicadores edáficos para establecer umbrales de aplicación y diseñar estrategias de reúso sostenibles.

PALABRAS CLAVE: reúso de efluentes, indicadores edáficos, vid

USO DE COMPOST DE PODA COMO ESTRATEGIA DE REMEDIACIÓN EN SUELOS SALINOS

García Ameijeiras, D.[1^]; L. Spaghi[1^]; A. J. Tarditti[1*]; V. Pierini[1]; O. Heredia[1]; C. Casas[1-2]

[1] Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, Av. San Martín 4453 (C1417DSE), Buenos Aires, Argentina.
[2] IFEVA, Universidad de Buenos Aires, CONICET, Buenos Aires, Argentina.
* atarditti@agro.uba.ar
^ tuvieron la misma contribución.

RESUMEN: La salinización es una de las principales causas de degradación de suelos en regiones templadas, afectando su productividad y sostenibilidad. Entre las estrategias de remediación, el uso de enmiendas orgánicas como el compost puede mejorar las propiedades químicas del suelo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del agregado de distintas dosis de compost sobre la salinidad y pH de suelos con diferente grado de salinidad en el centro de la provincia de Córdoba, Argentina. Se seleccionaron 18 suelos con un gradiente de conductividad eléctrica (CE) de 0.12 a 9.35 dS/m (de no salinos a fuertemente salinos) y un rango de pH de 5.1 a 10.4 (de moderadamente ácidos a fuertemente alcalinos), ambos medidos en una relación 1:2.5 en agua destilada. A cada suelo se le aplicaron cuatro tratamientos con 0, 5, 10 o 20 Mg/ha de un compost elaborado a partir de restos de poda, con CE de 2.7 dS/m, pH 8.2, 39% de materia orgánica y 1.9% de nitrógeno. Las 72 mezclas de suelo y compost se incubaron durante tres meses a humedad de capacidad de campo. Luego se midieron nuevamente la CE y el pH con los mismos métodos. Se establecieron macetas por duplicado (144 en total), sembrando 30 semillas de *Lotus tenuis* en cada una, y se evaluó el establecimiento a los 35 días bajo condiciones controladas en invernáculo. Los resultados mostraron que, durante la incubación, la CE aumentó levemente en los suelos no salinos y se redujo en los suelos fuertemente salinos (pendiente: 0.9; $p < 0.0001$). Independientemente del nivel de CE inicial, el agregado de compost aumentó ligeramente la CE (en 0.02, 0.05 y 0.09 dS/m para 5, 10 y 20 Mg/ha respectivamente) en comparación con el tratamiento sin compost ($p < 0.0001$). El pH final del suelo dependió de la interacción entre el pH inicial y la dosis de compost ($p < 0.0001$). El compost incrementó el pH en suelos moderadamente ácidos (de 5.1 a 6), y este efecto fue más marcado con mayores dosis. En suelos alcalinos (pH ~10), el pH se redujo en un punto, independientemente de la dosis. El establecimiento de *L. tenuis* dependió de una interacción entre el pH y la CE al final de la incubación ($p = 0.001$), así como entre la CE y el nivel de compost ($p < 0.0001$). El porcentaje de plántulas establecidas disminuyó con el aumento del pH, pero esta reducción fue significativamente menor cuando se aplicó la dosis máxima de compost (20 Mg/ha). Los resultados indican que el compost puede modificar de forma diferenciada la salinidad y el pH de los suelos, dependiendo de sus condiciones iniciales, y mitigar parcialmente los efectos negativos de estas propiedades sobre el establecimiento de *L. tenuis*. Estos hallazgos refuerzan la utilidad del compost como herramienta de remediación en suelos degradados, promoviendo sistemas productivos más resilientes y sostenibles.

PALABRAS CLAVE: remediación de suelos, compost, salinidad, enmiendas orgánicas, pH

IMPACTO DE ENMIENDAS CON NANO-PARTÍCULAS EN LA PRODUCCIÓN FORRAJERA Y LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE SUELOS ALCALINOS

Garello, F. J.[1]; M. A. Cicchino[1*]

[1] INTA AER Chascomús, EEA Cuenca del Salado. Mitre 202. - (7130) Chascomús, Buenos Aires, Argentina.
* cicchino.ma@inta.gob.ar

RESUMEN: En la Cuenca del Salado, más del 60% de los suelos presentan alcalinidad, lo que limita la productividad forrajera. Este trabajo evalúa el impacto del uso de enmiendas con nano-partículas (TPS 78; Sulfato de calcio + Azufre elemental) sobre propiedades químicas del suelo y la producción de forraje. Se implementó un ensayo en microparcelas con aplicación de TPS 78 en distintas etapas del cultivo de una mezcla de Agropiro y Lotus tenuis. Se observó una mejora en la producción de biomasa (+22%) y una tendencia a la reducción del pH, porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y conductividad eléctrica (CE), lo que sugiere efectos positivos de la enmienda sobre la calidad edáfica. Estos resultados preliminares destacan el potencial del uso de nano-tecnología como estrategia para el manejo de suelos alcalinos.

PALABRAS CLAVE: suelos alcalinos, nano-partículas, forraje, enmiendas, Cuenca del Salado

INTRODUCCIÓN:

La Cuenca del Salado, caracterizada por suelos alcalinos, presenta limitaciones significativas para la producción forrajera. A pesar de mejoras parciales con fertilización, los altos niveles de pH y sodio limitan el desarrollo de especies forrajeras. La aplicación de enmiendas tradicionales como yeso ha demostrado mejoras transitorias pero costosas. En este contexto, el uso de nano-partículas representa una estrategia innovadora de bajo volumen y alto impacto, siendo evaluada en este trabajo en condiciones experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Integrada Chascomús (MDA-INTA) sobre un Natracual típico. Se utilizaron microparcelas (2x7 m) en un diseño completamente aleatorizado con dos tratamientos (Testigo y TPS 78 a 2 l/ha) y tres repeticiones. Se sembró una mezcla de *Agropiro y Lotus tenuis*, evaluando propiedades químicas del suelo y producción de biomasa. Se realizaron ANOVAS para analizar el efecto del tratamiento y, en caso de diferencias significativas, se utilizó el test de DGC (α=0.10).

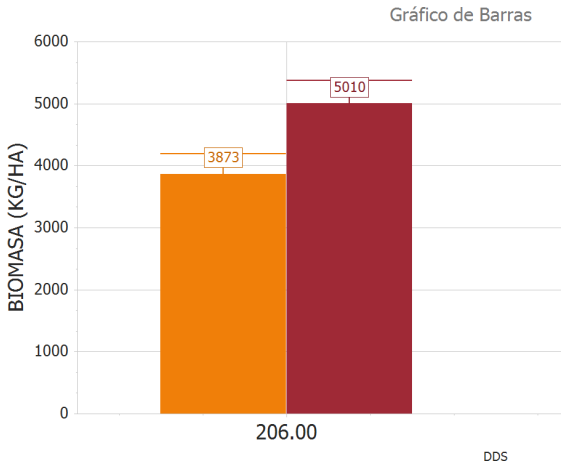


Figura 1. Producción de forraje al primer corte para los tratamientos T1 (Testigo) y T2 (TPS 78). Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0.10).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Los valores iniciales de pH (9,32) y CE (0,65 dS/m) confirmaron condiciones alcalinas y ligeramente salinas. Tras 206 días desde la siembra, el tratamiento TPS 78 redujo el PSI en un 21,3% y el pH en 0,41 unidades respecto al valor inicial. La biomasa aumentó significativamente con TPS 78 (5010 kg/ha) en comparación al testigo (3873 kg/ha), lo que sugiere mejoras en la disponibilidad de nutrientes y condiciones edáficas. El stand de plantas no difirió significativamente entre tratamientos, indicando buena implantación en ambas condiciones.

CONCLUSIONES:

Los resultados preliminares indican que la aplicación de enmiendas con nano-partículas (TPS 78) mejora las condiciones químicas de suelos alcalinos y promueve un incremento en la producción de biomasa forrajera. Esta tecnología representa una alternativa prometedora para la remediación de suelos limitantes en regiones ganaderas.

BIBLIOGRAFÍA:

Costa, J. L., & Godz, P. (1999). Aplicación de yeso a un Natracuol del sudeste de la Pampa deprimida. Ciencia Del Suelo, 17(2), 21–27.

INTA. (1990). Cartas de suelos de la República Argentina: Provincia de Buenos Aires. http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/index.htm

Lazovich, M. R., Costa, J. L., & Godz, P. (1985). Efecto de enmiendas y lavado sobre el desplazamiento catiónico y producción de materia seca de un Natracuol, en invernáculo. Ciencia Del Suelo, 3(1/2), 95–101.

Maurice, P. A., & Hochella, M. F. (2008). Chapter 5 Nanoscale Particles and Processes. A New Dimension in Soil Science. In Advances in Agronomy (1st ed., Vol. 100, Issue C). Elsevier Inc.

New, W. X., Ogbezode, J. E., & Gani, P. (2023). Nanoparticles in Soil Remediation: Challenges and Opportunities. Industrial and Domestic Waste Management, 3(2), 127–140.

Otondo, J., & Cicchino, M. A. (2007). El sorgo diferido como alternativa para la alimentación invernal del rodeo de cría. Una experiencia en la Cuenca del Salado. Todo Agro, 2.

Otondo, J., Heguy, B., Insausti, M., & Cicchino, M. A. (2015). Fertilización de Panicum coloratum implantado en suelos halomórficos de la Cuenca del Salado. 38° Congreso Argentino de Producción Animal.

Sainz Rozas, H. R., *et al.* (2019). Relevamiento y determinación de propiedades químicas en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. Simposio Fertilidad 2019, 141–158.

Sarkar, A., Sengupta, S., & Sen, S. (2019). Nanoparticles for Soil Remediation. In Environmental Chemistry for a Sustainable World (pp. 249–262).

Soil Survey Staff. (2014). Claves para la Taxonomía de Suelos. 12, 339.

Sonmez, S., *et al.* (2008). Assessment of different soil to water ratios (1:1, 1:2.5, 1:5) in soil salinity studies. Geoderma, 144(1–2), 361–369.

Tan, K. H. (2011). Principles of Soil Chemistry (4th ed.). Taylor & Francis.

Evaluación de la dinámica de la salinidad superficial del suelo en el departamento de Río Cuarto, Córdoba, a través de machine learning en Google Earth Engine.

Gentili, N.[1*]; M. B. Conde[2]

[1] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Agencia de Extensión Rural, Córdoba 1405, Corral de Bustos, Córdoba.
[2] Estación Experimental Agropecuaria INTA Marcos Juárez.
* gentili.nicolas@inta.gob.ar

RESUMEN: Los procesos de salinización de los suelos se caracterizan por ser dinámicos y con una elevada variabilidad geográfica afectando en gran medida el desempeño de los cultivos. Las imágenes satelitales tienen un alto potencial para monitorear la variabilidad espaciotemporal de la acumulación de sales. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la dinámica de la salinidad superficial en el suelo del departamento de Río Cuarto, provincia de Córdoba, mediante la integración de tecnologías de teledetección y modelos de aprendizaje automático. Para ello, se emplearon imágenes satelitales de la misión satelital Landsat 8, junto con una base de datos de 175 muestras de suelo recolectadas entre los años 2019 y 2021, que incluyeron mediciones de conductividad eléctrica, además se calcularon índices de vegetación y salinidad, datos climáticos y características del suelo.
Se diseccionaron los datos mediante técnicas de inteligencia artificial, específicamente modelos de Random Forest, con el fin de predecir la conductividad eléctrica (CE) como indicador de la salinidad superficial del suelo. La validación de dicho modelo mostró una precisión significativa, con valores de R^2 superiores a 0,75, lo que confirma su capacidad para estimar de manera confiable la salinidad en áreas extensas.
Los resultados obtenidos revelan que, en el territorio estudiado, la superficie afectada por niveles moderados de salinidad, en el rango de 0-1 dS/m y 1-2 dS/m, son predominantes. Sin embargo, también se identificaron áreas con valores de CE, superiores a 4 dS/m, las cuales, aunque representan una porción menor del total, son de especial interés debido a su potencial impacto en la productividad. Además, estas zonas con CE elevada muestran fluctuaciones anuales que están estrechamente relacionadas con variables climáticas, particularmente con cambios en la precipitación en diferentes épocas del año.

PALABRAS CLAVE: teledetección, conductividad eléctrica, dinámica

INTRODUCCIÓN:

Aproximadamente el 19% de la superficie de Argentina está ocupada por suelos afectados por salinidad. En la provincia de Córdoba, utilizando mapas con escala 1:500.000, Jarsún *et al*. (2003) determinaron que el 14% de la superficie total corresponde a suelos con algún grado de salinidad. Es sabido que estos suelos poseen una capacidad de producción de biomasa limitada respecto a los no afectados.
La salinidad de los suelos puede deberse a factores naturales o antropogénicos. Si bien los procesos naturales de salinización ocurren independientemente de las actividades antropogénicas, la agricultura y sobre todo el riego, aceleran estos procesos (Gorji *et al*., 2017; Stavi *et al.,* 2021). En este tipo de suelos se suele utilizar el término “suelos hidrohalomórficos”, en los cuales los cultivos están afectados no solo por el exceso de sales, sino también por exceso de agua, de carácter cíclico, en función de la distribución de las precipitaciones y de su posición en el relieve (Degioanni *et al*, 2020).
La salinidad del suelo disminuye la disponibilidad de agua para los cultivos y puede dar lugar a problemas por toxicidad cuando la concentración de los elementos en la solución excede los límites de tolerancia de las plantas (Hammam y Mohamed, 2020).
Es de suma importancia monitorear y conocer sus variaciones en el tiempo y en el espacio para poder predecir fenómenos naturales y desastres como la desertificación (Gorji *et al.,* 2017). Sin embargo, las técnicas de estudio tradicionales son difíciles y costosas de implementar en grandes escalas. En este sentido, las imágenes satelitales poseen un elevado potencial para monitorear la variabilidad

espaciotemporal de estos suelos (Bocco *et al.*, 2023). Existen numerosos estudios que evaluaron la salinidad del suelo a partir de imágenes satelitales. Por ejemplo, Rafik *et al*. (2022), evaluaron el incremento de la superficie afectada por salinidad en el período de 1984 a 2018 en una cuenca en el norte de Marruecos. Prajapati *et al*. (2021) realizaron un trabajo similar en la India. Sin embargo, ninguno de estos trabajos fue realizado en las condiciones agroecológicas del centro de Argentina.
Este trabajo tiene por objetivo evaluar la dinámica de la salinidad superficial del suelo en el departamento Río Cuarto, Córdoba, a través de la ejecución de un modelo de aprendizaje automático en la plataforma de Google Earth Engine.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Área de estudio

El área de estudio se centró en el departamento de Río Cuarto, dentro de la provincia de Córdoba, Argentina. El departamento se encuentra ubicado al suroeste de la provincia, abarcando un área de 18.394km². El relieve del mismo corresponde a una planicie elevada con suave pendiente que aumenta en forma gradual hasta colindar con el ecosistema de la Sierras en el Oeste de la provincia (Jarsún *et al,* 2003).
En el departamento predomina el clima subhúmedo, donde las precipitaciones decrecen hacia el oeste, promediando en 800mm anuales. La temperatura máxima del mes más cálido es en enero, con una media de 29.1ºC, y la temperatura media mínima es en julio con una media de 3.8ºC (SMN, 2020). (Figura 1).

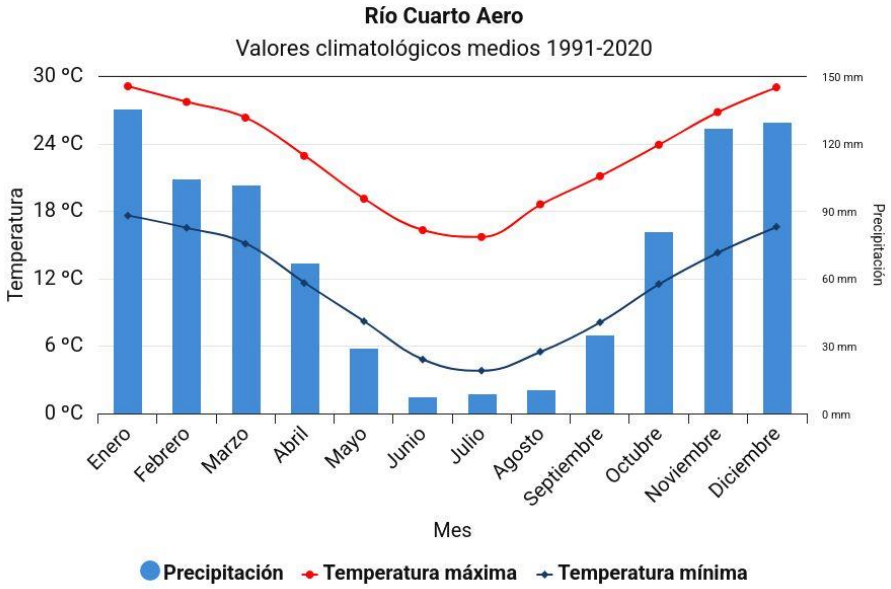


Figura 1. Valores climáticos medios de la ciudad de Río Cuarto, Córdoba. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

En base a datos de precipitaciones mensuales otorgados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), para el período 1961-2024 de la estación meteorológica "Aero Río Cuarto", se calculó el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) cada 3, 6 y 12 meses. Se definieron de esta manera períodos húmedos, valores mayores a 2 y secos para la serie de tiempo analizada, por debajo de -2, como se observa en la Figura 2. Además de esto se calcularon los valores de índice acumulados y promedios para cada semestre, y se lo analizó en diferentes períodos de tiempo, es decir, se corrieron estos valores uno y dos semestres hacía adelante y hacía atrás en el tiempo.

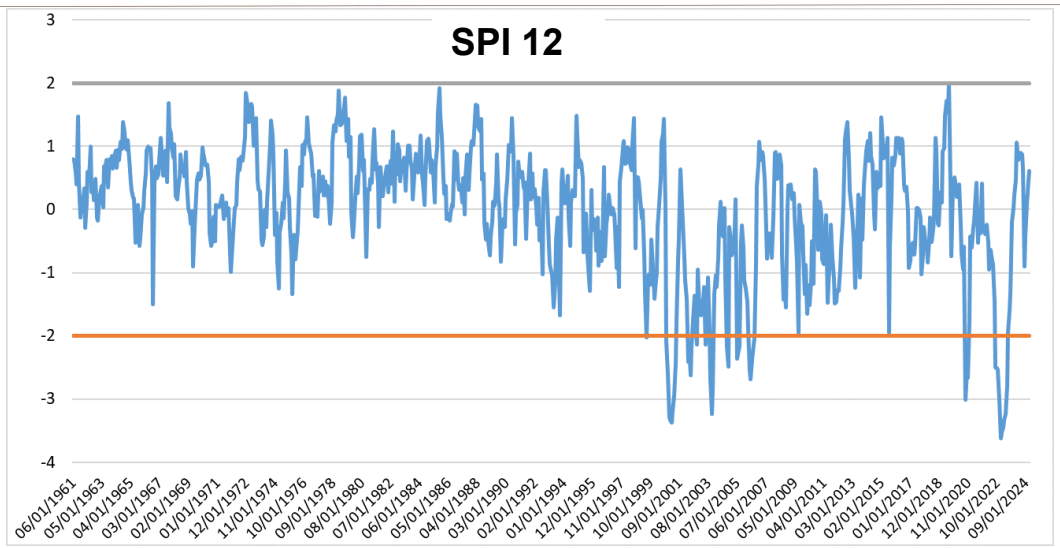


Figura 2. Valores de SPI calculado a 12 meses para el período analizado.

Muestreos de suelo

Se utilizaron muestreos de suelos realizados en todo el departamento, con un total de 175 muestras entre los años 2019-2021. La profundidad de muestreo fue de 20 cm, y con una distribución algo irregular dentro del departamento (IDECOR y Mapas Córdoba, 2024; Videla Mensegue H., comunicación personal, datos no publicados).

Esta fuente de información está georreferenciada dentro del departamento y cuenta con información de pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónica (CIC) y porcentaje de sodio de intercambio (PSI), entre otros parámetros (Figura 3). Para el desarrollo de este estudio solo se utilizaron los valores de CE como entradas del modelo, y se los utilizó para predecir toda la superficie del área de estudio.

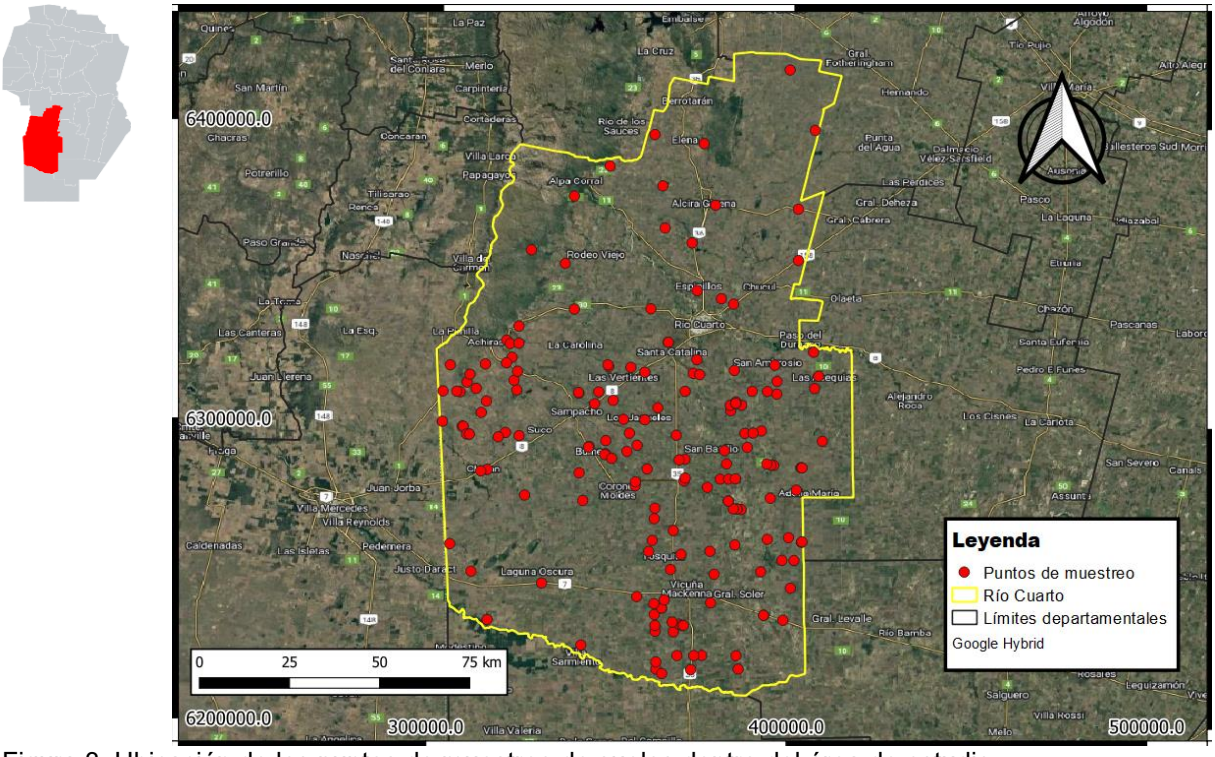


Figura 3: Ubicación de los puntos de muestreo de suelos dentro del área de estudio.

Procesamiento de imágenes

Se utilizó la plataforma Google Earth Engine (GEE) para el procesamiento de imágenes satelitales de la Misión Landsat 8. A las mismas se les aplicó un filtro de nubosidad, lo cual eliminó todas aquellas imágenes que tuvieran más de un 15% de incidencia de nubes. Se dividió las imágenes de acuerdo a la ciclicidad de las precipitaciones predominantes en el área de estudio, en semestre cálido (SC), y semestre frío (SF), desde el año 2013 hasta el SC 2024-2025.

Una vez obtenidas las colecciones de imágenes para cada período, se le aplicó el cálculo de los diferentes índices de vegetación y salinidad encontrados en la bibliografía (Tabla 1). Se trabajó con el valor medio resultado de cada índice para cada colección creada. Posteriormente, con esos resultados se alimentó el modelo de predicción creado.

Además de los índices y de los datos de suelo anteriormente mencionados, se incorporaron capas con datos texturales, información de pH, carbono orgánico y elevación (NASA, 2024; Soil Grids, 2024). Totalizando un total de 33 capas de información que alimentan el modelo de predicción.

Entrenamiento del modelo

El modelo de predicción de CE fue desarrollado con un algoritmo de aprendizaje automático Random Forest (RF). La base de datos de los muestreos de suelo se dividió en manera aleatoria. El 70% de los datos para realizar el entrenamiento del modelo, mientras que el 30% restante se utilizó para la validación. El grado de ajuste del modelo se evaluó a través raíz del error medio cuadrático (RMSE), el error absoluto medio (MAE) y el R^2, para cada período definido anteriormente.

Una vez comprobado que el número de imágenes por semestre era suficiente para alimentar el modelo en toda la región, y que los valores para evaluar el ajuste del modelo fueron relativamente constantes para todos los períodos. Se procedió a analizar cómo fue la variabilidad en el tiempo de la superficie afectada por diferentes grados de salinidad mediante la comparación con el índice SPI calculado. Se calculó para cada período de tiempo la superficie estimada con CE de entre 0-1 dS/m, 1-2 dS/m, 2-3 dS/m, 3-4 dS/m, 4-8 dS/m y >8 dS/m.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

En la Tabla 2 se observa la distribución relativa de la superficie, por grado de salinidad para la zona estudiada, calculada a través del modelo de predicción. Además, también se observan los parámetros de ajuste del modelo para cada período.

A pesar de observarse pequeñas diferencias en los valores medios de las variables de ajuste semestres (Tabla 3), no se observa una tendencia clara entre los semestres cálidos y fríos a lo largo del tiempo. En el gráfico 3 se observan ilustradas las variables de ajuste en la línea de tiempo estudiada, donde tampoco se observan una tendencia clara entre los semestres y las variables de ajuste del modelo.

Del análisis de correlación de las superficies afectadas por los diferentes grados de salinidad con los diferentes valores de spi calculados, aunque los coeficientes de correlación de Pearson indican relaciones moderadas o bajas, la interpretación de los datos sugiere ciertas tendencias relevantes en los valores bajos de salinidad (sal = 0_1 y sal = 1_2), y no arroja tendencias claras para los valores superiores.

La superficie presenta una correlación positiva moderada con el índice con el "spi 12 acumulado +1" y "promedio +1" (coeficientes de 0.42). Esto sugiere que, a medida que aumenta el índice SPI, también tiende a aumentar la superficie en esta condición (gráfico 4).

Mientras que, del análisis de regresión lineal, se observa que el índice "spi 12 promedio +1" explica un pequeño porcentaje de la variabilidad en la superficie, indicando que, a mayor valor de este índice, puede haber un aumento en la superficie, aunque la relación no es muy fuerte (gráfico 5).

Tabla 1. Índices utilizados, y su adaptación a la Misión satelital Landsat. 8.

Abreviación del Índice	Ecuación	Ecuación adaptada para Landsat 8	Referencias
NDVI	$\frac{NIR - R}{NIR + R}$	$\frac{B5 - B4}{B5 + B4}$	
EVI	$2.5 * \frac{NIR - R}{NIR + 6 * R - 7.5 * B + 1}$	$2.5 * \frac{B5 - B4}{B5 + 6 * B4 - 7.5 * B2 + 1}$	
SAVI	$1.5 * \frac{NIR - R}{NIR + R + 0.5}$	$1.5 * \frac{B5 - B4}{B5 + B4 + 0.5}$	
NDWI	$\frac{G - NIR}{G + NIR}$	$\frac{B3 - B5}{B3 + B5}$	
NDMI	$\frac{NIR - SWIR1}{NIR + SWIR1}$	$\frac{B5 - B6}{B5 + B6}$	
SI1	$\sqrt{B * R}$	$\sqrt{B2 * B4}$	Khan et al, 2005
SI2	$\frac{R - NIR}{R + NIR}$	$\frac{B4 - B5}{B4 + B5}$	Khan et al, 2005
SI3	$\sqrt{R + NIR}$	$\sqrt{B4 + B5}$	Khan et Abbas, 2007
SI4	$\frac{G - R}{G + R}$	$\frac{B3 - B4}{B3 + B4}$	Khan et Abbas, 2007
SI5	$\frac{SWIR1 - SWIR2}{SWIR1 + SWIR2}$	$\frac{B6 - B7}{B6 + B7}$	Khan et Abbas, 2007
SI6	$\sqrt{G^2 + R^2}$	$\sqrt{B3^2 + B4^2}$	Douaoui et al, 2006
SI7	$\frac{NIR}{SWIR1}$	$\frac{B5}{B6}$	IDNProject, 2002
SI8	$\frac{SWIR2 - NIR}{SWIR2 + NIR}$	$\frac{B7 - B5}{B7 + B5}$	IDNProject, 2002
SI9	$NIR - SWIR1$	$B5 - B6$	Bannari et al, 2008
SI10	$\frac{NIR * SWIR1 - SWIR1 * SWIR1}{NIR}$	$\frac{B5 * B6 - B6 * B6}{B5}$	Bannari et al, 2008
SI11	$\frac{B}{R}$	$\frac{B2}{B4}$	Abbas et al, 2008
SI12	$\frac{B - R}{B + R}$	$\frac{B2 - B4}{B2 + B4}$	Abbas et al, 2008
SI13	$\sqrt{G + R}$	$\sqrt{B3 + B4}$	Douaoui et al, 2006
SI14	$\sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2}$	$\sqrt{B3^2 + B4^2 + B5^2}$	Douaoui et al, 2006
SI15	$\frac{R}{NIR} * 100$	$\frac{B4}{B5} * 100$	Stavi et al, 2021
SI16	$\sqrt{R^2 + NIR^2}$	$\sqrt{B4^2 + B5^2}$	Stavi et al, 2021
SI17	$\sqrt{\frac{(NIR * R) - (G * B)}{(NIR * R) + (G * B)}}$	$\sqrt{\frac{(B5 * B4) - (B3 * B2)}{(B5 * B4) + (B3 * B2)}}$	Stavi et al, 2021
SI18	$\frac{SWIR1 - NIR}{SWIR1 + NIR}$	$\frac{B6 - B5}{B6 + B5}$	Stavi et al, 2021
SI19	$\sqrt{R^2 + NIR^2}$	$\sqrt{B4^2 + B5^2}$	Khan et al, 2005
SI20	$(C^2 * 50) - (B + G + R)$	$(B1^2 * 50) - (B2 + B3 + B4)$	Stavi et al, 2021

Tabla 2: Valores relativos de la superficie afectada por diferentes grados de salinidad, por semestre y con los respectivos errores estimados por el modelo de predicción.

Período		0_1	1_2	2_3	3_4	4_8	8_+	MAE	RMSE	R2
SF	2013	0.484	0.449	0.054	0.007	0.005	0.000	0.76	1.624	0.818
SC	2013/2014	0.498	0.434	0.052	0.008	0.006	0.001	0.77	1.679	0.786
SF	2014	0.389	0.472	0.085	0.037	0.018	0.000	0.82	1.676	0.724
SC	2014/2015	0.489	0.404	0.077	0.018	0.010	0.001	0.73	1.537	0.827
SF	2015	0.510	0.413	0.064	0.010	0.003	0.000	0.75	1.618	0.764
SC	2015/2016	0.500	0.439	0.043	0.005	0.012	0.001	0.77	1.63	0.835
SF	2016	0.439	0.475	0.068	0.010	0.008	0.000	0.8	1.677	0.66
SC	2016/2017	0.473	0.457	0.052	0.008	0.009	0.000	0.73	1.604	0.834
SF	2017	0.449	0.481	0.060	0.007	0.002	0.000	0.72	1.577	0.849
SC	2017/2018	0.478	0.388	0.099	0.023	0.010	0.001	0.73	1.57	0.746
SF	2018	0.391	0.473	0.082	0.027	0.027	0.000	0.76	1.613	0.733
SC	2018/2019	0.498	0.391	0.081	0.018	0.011	0.001	0.73	1.578	0.761
SF	2019	0.416	0.511	0.056	0.006	0.010	0.000	0.84	1.74	0.639
SC	2019/2020	0.529	0.387	0.059	0.014	0.010	0.001	0.74	1.617	0.707
SF	2020	0.431	0.455	0.088	0.011	0.015	0.000	0.76	1.644	0.785
SC	2020/2021	0.424	0.504	0.054	0.008	0.008	0.003	0.71	1.614	0.788
SF	2021	0.434	0.473	0.066	0.020	0.007	0.000	0.76	1.62	0.815
SC	2021/2022	0.506	0.416	0.057	0.010	0.009	0.001	0.73	1.64	0.822
SF	2022	0.474	0.419	0.091	0.010	0.007	0.000	0.78	1.678	0.748
SC	2022/2023	0.543	0.397	0.051	0.005	0.003	0.001	0.72	1.607	0.852
SF	2023	0.356	0.571	0.059	0.008	0.006	0.000	0.79	1.677	0.822
SC	2023/2024	0.406	0.486	0.079	0.011	0.017	0.001	0.8	1.679	0.679
SF	2024	0.430	0.447	0.094	0.019	0.010	0.000	0.76	1.58	0.807
SC	2024/2025	0.414	0.486	0.073	0.014	0.013	0.000	0.76	1.684	0.758
Promedio		0.457	0.451	0.068	0.013	0.010	0.001			
Desvío Estándar		0.049	0.045	0.016	0.008	0.005	0.001			
CV %		10.66%	10.03%	23.13%	58.81%	55.54%	115.94%			

Tabla 3: Valores de R2, MAE y RMSE medios de los semestres diferenciados.

R2	Media SC	0.783
	Media SF	0.764
MAE	Media SC	0.743
	Media SF	0.775
RMSE	Media SC	1.62
	Media SF	1.644

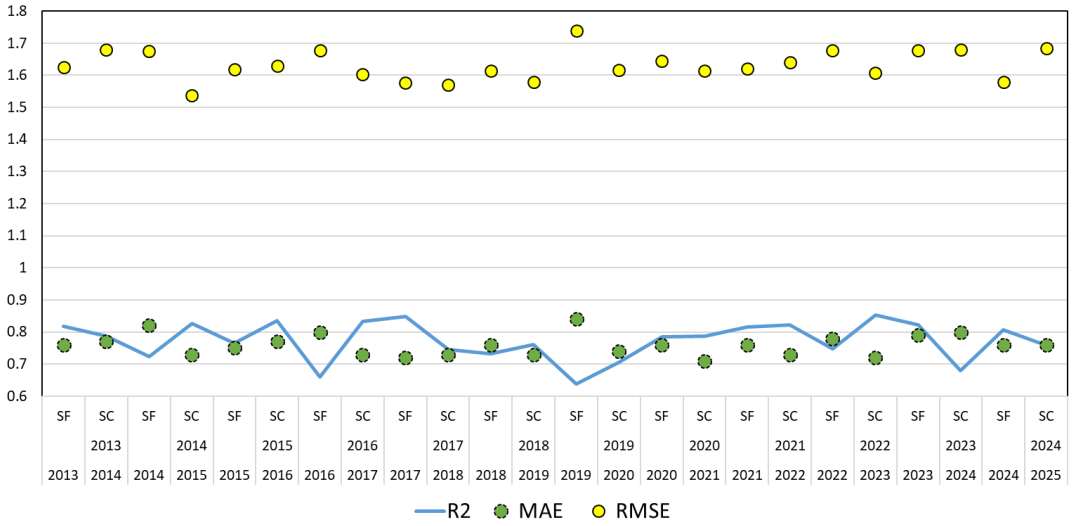


Figura 4. Valores de R^2, MAE y RMSE del modelo para cada período analizado.

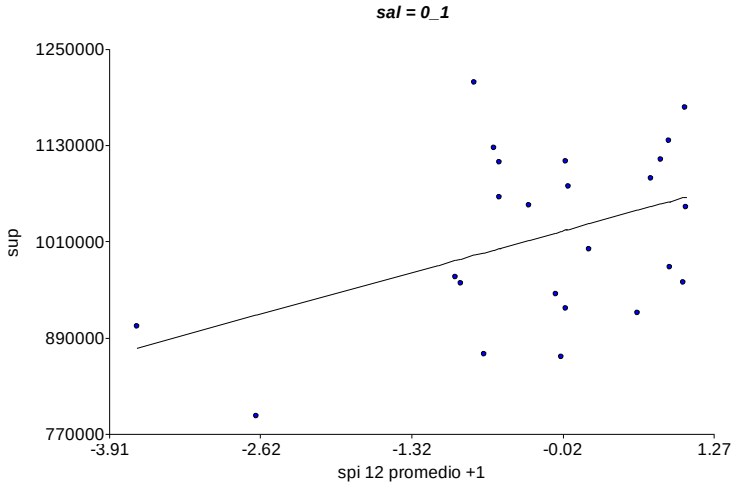


Figura 5. Regresión entre la superficie con salinidad 0_1 y SPI 12 promedio +1.

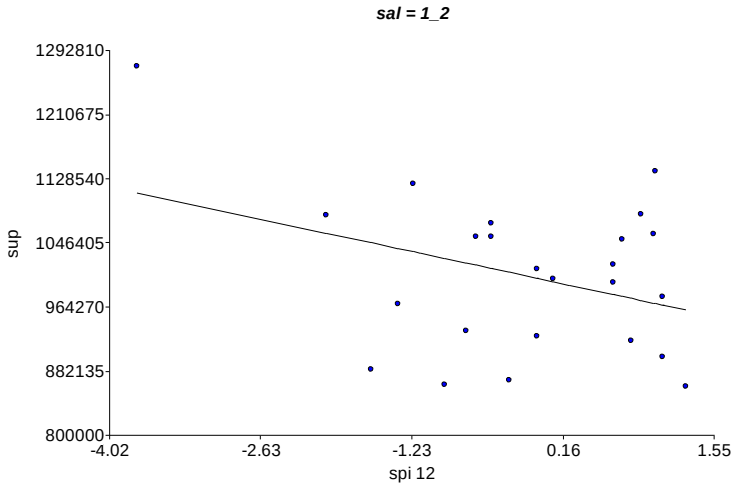


Figura 6. Regresión entre la superficie con salinidad 1_2 y SPI 12.

CONCLUSIONES:

Este estudio demuestra que la integración de tecnologías de teledetección y modelos de aprendizaje automático, específicamente el método de Random Forest, constituye una herramienta efectiva para

monitorear la salinidad superficial en grandes áreas de suelos en condiciones de alta salinidad, como en el departamento de Río Cuarto, Córdoba. El modelo mostró una alta precisión en la predicción de la conductividad eléctrica ($R^2 > 0,75$), permitiendo identificar la distribución espacial de diferentes grados de salinidad con mayor eficiencia y menor costo que las técnicas tradicionales.

Los resultados indican que, predomina una superficie afectada por niveles bajos de salinidad (0-1, 1_2 dS/m). Sin embargo, también se identificaron zonas con valores superiores a 4 dS/m que, aunque representan una menor proporción del total, son de gran interés por su potencial impacto en la productividad. Además, estas áreas con alta salinidad presentan una alta variabilidad relacionada con el índice estudiado en este trabajo.

Las relaciones analizadas mediante regresión revelaron relaciones moderadas entre la superficie estimada afectada y los diferentes índices del SPI, sugiriendo que, aunque no existen relaciones muy fuertes, las tendencias indican que un aumento en el índice de sequía puede estar asociado a un incremento en la superficie afectada por valores de salinidad mayores. Mientras que, los menores valores de salinidad aumentan en superficie a medida que aumenta también el índice, es decir cuando tiende a menos sequía. Estas evidencias aportan una base para futuras investigaciones que profundicen en la influencia de los factores climáticos y en el desarrollo de estrategias de manejo y recuperación del suelo.

En conclusión, la aplicación de la teledetección combinada con modelos predictivos ofrece una vía prometedora para la gestión sostenible de los recursos salinos en la producción, permitiendo la identificación de zonas en riesgo y facilitando la planificación de acciones de remediación y manejo del suelo de manera eficiente.

BIBLIOGRAFÍA:

Degioanni, A., Cisneros, J., Cantero, J., Plevich, O., & Cantero, A. (2020). Tecnologías para recuperar la producción de biomasa en suelos salinos.

Gorji, T., Sertel, E., & Tanik, A. (2017). Monitoring soil salinity via remote sensing technology under data scarce conditions: A case study from Turkey. *Ecological Indicators*, *74*, 384–391. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.043

Hammam, A. A., & Mohamed, E. S. (2020). Mapping soil salinity in the East Nile Delta using several methodological approaches of salinity assessment. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, *23*(2), 125–131. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.11.002

IDECOR, & Mapas Córdoba. (2024, April 24). Cartas de suelo. Carta de Suelo - Río Cuarto.

Jarsún, B., Gorjas, J. A., Zamora, E., Bosnero, H., Lovera, E., Ravelo, A., & Tassile, J. L. (2003). *Los suelos*. https://fca.aulavirtual.unc.edu.ar/pluginfile.php/181936/mod_resource/content/1/Los%20Suelos.pdf

NASA. (2024, April 24). *Earth Data*. https://www.earthdata.nasa.gov/sensors/srtm

Stavi, I., Thevs, N., & Priori, S. (2021). Soil Salinity and Sodicity in Drylands: A Review of Causes, Effects, Monitoring, and Restoration Measures. In *Frontiers in Environmental Science* (Vol. 9). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.712831

Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geografía y Turismo, J. P. (2009). Revista universitaria de geografía. In *Revista Universitaria de Geografía* (Vol. 18, Issue 1). Departamento de Geografía Universidad Nacional del Sur. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852426520090001000002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE YESO Y SUBSOLADO SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS EN UN SUELO SÓDICO

Gudelj, O. E.[1*]; M. B. Conde[1]; M. B. Aimetta[1]; C. A. Lorenzon[1]; V. J. Gudelj[1]

[1] EEA INTA Marcos Juárez. Ruta Provincial N° 12, km 36, (2580) Marcos Juárez, Córdoba.
* gudelj.olga@inta.gob.ar

RESUMEN: El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de enmienda con diferentes dosis de yeso y el subsolado sobre la condición física del suelo. El suelo estudiado es un complejo (Co10) donde el 50% de los suelos que lo forman son alcalino-sódicos, El experimento se realizó en un "manchón" de bajo crecimiento aéreo del cultivo de soja. Los tratamientos fueron sin yeso, 2000, 4000, 6000 y 8000 kg de yeso/ha combinados con roturación (subsolador) y sin roturación. Se midió densidad aparente (DA) hasta los 30 cm de profundidad y estabilidad de agregados (EA) para 0-10 cm con dos metodologías: Cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP) y el método de Le Bissonnais que incluye tres pretratamientos: humectación rápida (DMPe), disgregación mecánica (DMPd) y humectación lenta (DMPc), del promedio de ellos se obtuvo el DMPm. Los métodos de evaluación de la EA aplicados en este estudio fueron sensibles para discriminar el efecto de la aplicación de yeso sobre el suelo estudiado en el corto plazo. Algunas dosis de yeso mejoraron la EA del suelo, lo cual se observó tanto por el CDMP, como por los pre-tratamientos. La correlación de MO con CDMP fue más alta que la obtenida con el método de Le Bissonnais. También se halló correlación de pH con CDMP y CE con DMPe y DMPm. La DA no alcanzó el valor crítico (1,4 g.cm^{-1}) en ninguna de las profundidades medidas y no fue afectada por la roturación ni por la aplicación o no de yeso al suelo.

PALABRAS CLAVE: suelo alcalino-sódico, subsolado, propiedades físicas

INTRODUCCIÓN:

Los suelos sódicos se caracterizan por niveles excesivos de iones de sodio (Na^+) en la fase de solución del suelo, así como en el complejo de intercambio catiónico, exhibiendo problemas estructurales únicos como resultado de ciertos procesos físicos (hinchamiento y dispersión de arcilla) y condiciones específicas (formación de costras superficiales y endurecimiento) (Qadir, M. *et al*., 2007). En suelos sódicos de la provincia de Córdoba, los cultivos o pasturas suelen presentar un crecimiento desigual en "parches" o "manchones", siendo una de las causas relevantes, la profundidad en que aparece el sodio y las sales, en niveles que afectan negativamente a los cultivos (Milán & Bonadeo, 2017). Se considera que el estado físico de los suelos es uno de los más afectados por la presencia de sodio. Los efectos de dispersión de las partículas se traducen en disminución del sistema poroso del suelo afectando la infiltración, capacidad de almacenamiento y movimiento del agua y el aire. El efecto del yeso (sulfato de calcio) sobre las propiedades de los suelos estabiliza la microestructura de las arcillas, aumenta la estabilidad de poros y agregados y mejora la conductividad hidráulica en el suelo. Esto se debe a las reacciones que se producen en el suelo, que pasan por la incorporación de calcio a la partícula absorbente y por la liberación de sodio a la solución (Gil & Peralta, 2013). El yeso presenta gran solubilidad y puede aumentar la disponibilidad del calcio intercambiable (Ca^{2+}) del suelo, favorecer la unión de las partículas y la formación de agregados en dosis mayores a 1000 kg.ha^{-1} (Blum *et al*., 2011). La densidad aparente (DA) y la estabilidad de los agregados (EA) son dos indicadores físicos comúnmente usados para caracterizar la condición estructural del suelo. La EA, por ser una característica dinámica, es considerada un indicador sensible de tendencias a la recuperación o degradación de los suelos (Gabiuod *et al*., 2011). Además, es un excelente indicador integrador de los diversos componentes que contribuyen a la resistencia del suelo a la erosión y a su calidad general (Le Bissonnais, Y. 1996). Según este autor, la EA es una expresión de los atributos físicos del suelo, pero también es sensible a varias características químicas y biológicas importantes que afectan su condición física y calidad. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de enmienda a través de diferentes dosis de yeso y el subsolado sobre propiedades físicas del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El estudio se realizó en un establecimiento agrícola ubicado en la localidad de San Marcos Sud, Departamento Unión, Provincia de Córdoba, Argentina (32°61'63" S, 62° 44'14" W, a 115 msnm). La temperatura media anual es 17,05°C y la precipitación media anual es de 793 milímetros. El suelo es un complejo (Co10) donde el 50% de los suelos que lo forman son alcalino-sódicos, se ubican en planos bajos y deprimidos con pendientes de entre 0 y 0,5% y poseen escurrimiento lento (INTA, 1979). El lote donde se realizó la experiencia con una historia previa ganadera tuvo implantado en 2022 cebada y soja de segunda. En 2023 en la parte buena se implantó maíz de primera y en las partes buenas mezcladas con playas se hizo maíz de segunda. En 2024 se implantó soja de primera. Debido a la variabilidad espacial de las características del suelo se realizó en 2023 una selección previa de lugar para establecer el ensayo experimental en un "manchón" de bajo crecimiento aéreo del cultivo de soja. Se hicieron los muestreos de suelo para su caracterización inicial y al año luego de la realización de los tratamientos. Se utilizaron muestras compuestas (0-20 cm) para la determinación de materia orgánica (MO) por el método Walkley Black (1934), CE (electrodo de conductividad relación 1:2,5 suelo: agua) y pH del suelo medido a una relación suelo agua 1:2,5 (IRAM 29410,1999). La determinación de textura se hizo en INTA Pergamino usando Pipeta de Robinson (Robinson, GW. 1922).

El experimento consistió en la adición de diferentes dosis de yeso ($CaSO_4.2H_2O$) con roturación del suelo hasta los 40 cm de profundidad utilizando un subsolador y sin roturación del suelo. Luego de esta práctica a todos los tratamientos se les pasó un disco doble acción para incorporar el yeso.

Se utilizó un diseño de parcelas divididas, donde el factor principal fue el subsolado y el subfactor los tratamientos del corrector químico (yeso) con tres repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron:

Sin yeso + roturación (S/Y+R)
2000 kg yeso/ha + roturación (2000Y+R)
4000 kg yeso/ha + roturación (4000Y+R)
6000 kg yeso/ha + roturación (6000Y+R)
8000 kg yeso/ha + roturación (8000Y+R)
Sin yeso + sin roturación (S/Y+S/R)
2000 kg yeso/ha + sin roturación (2000Y+S/R)
4000 kg yeso/ha + sin roturación (4000Y+S/R)
6000 kg yeso/ha + sin roturación (6000Y+S/R)
8000 kg yeso/ha + sin roturación (8000Y+S/R)

Para EA se tomaron dos muestras (0-10 cm) por unidad experimental, totalizando seis muestras por tratamiento. Se aplicó el método de De Boodt-De Leenher (1958) y el método de Le Bissonnais *et al.* (1996). El primer método considera las fracciones de agregados 8-4,76 mm; 4,76-3,36 mm y 3,36-2 mm. El índice de estabilidad está dado por la diferencia que existe entre el diámetro-peso medio de los agregados secados al aire y el mismo luego de ser humedecidos, incubados y tamizados bajo agua. Este índice se enuncia como cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP) expresado en milímetros (mm). Los valores más bajos de CDMP corresponden a suelos de alta EA y los mayores pertenecen a suelos con una estructura más inestable. El segundo método considera la fracción de agregados de 5-3 mm de diámetro y consta de tres pretratamientos los cuales se aplicaron en este estudio: (1) humectación rápida por inmersión en agua o efecto "estallido". Aplica un estrés simulando la ocurrencia de una lluvia en condiciones de suelo seco, donde ocurre un estallido de los agregados por brusco desplazamiento del aire, conocido como "slacking". (2) disgregación mecánica por agitación después de la re-humectación en etanol. Evalúa la cohesión mecánica en húmedo de los agregados. (3) humectación lenta por capilaridad, pretratamiento que evita el "slacking" simulando la ocurrencia de una lluvia en condiciones de suelo húmedo. Una vez finalizados los pretratamientos se realizó la medición de la distribución del tamaño de los agregados resultantes de la misma forma para todos. Finalmente se calculó el diámetro medio ponderado (DMP) para cada pre-tratamiento después de la desagregación, el cual se obtuvo como la suma algebraica de las masas de las fracciones remanentes de cada tamiz, multiplicado por la apertura de los tamices adyacentes, como lo indica la siguiente fórmula (Gabioud *et al*., 2011):

$$\Sigma \text{ [Diámetros medios entre dos tamices (mm)] * [\% de partículas retenidas sobre el tamiz)]/100}$$

Los resultados toman valores comprendidos entre 0,025 y 3,5 mm. A mayor DMP mejor EA. El DMP de cada pretratamiento se identificó como DMPe para el tratamiento de humectación rápida o efecto estallido, DMPd para el pretratamiento de desagregación mecánica y DMPc para el pretratamiento de humectación lenta por capilaridad. El promedio de los DMP de los tres pretratamientos representa el diámetro medio ponderado medio (DMPm) y sintetiza la información obtenida. De acuerdo a ello, la EA se clasifica como: muy inestable (< 0,4), inestable (0,4-0,8), moderadamente estable (0,8-1,3), estable (1,3-2,0) y muy estable (>2,0) (Gonzalez, *et al*.,2017).
La DA se evaluó por el método del cilindro de volumen conocido (Blake & Hartge, 1986). Para la toma de muestra se utilizó un muestreador hidráulico, equipo que se asienta sobre un carro de cuatro ruedas, con el dispositivo hidráulico en el centro del mismo. Se extrajeron dos muestras por unidad experimental, en total seis muestras por tratamiento, a 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 y 25-30 cm de profundidad.
Se realizaron análisis de variancias a través de modelos lineales mixtos, y se compararon las medias con el test LSD de Fisher (5%). Además, se estudiaron correlaciones entre las variables físicas y químicas a través de la correlación de Pearson. Se utilizó el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al*., 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:
En la Tabla 1 se presentan los resultados físico-químicos promedios iniciales.

Tabla 1. Valores iniciales promedios de textura y propiedades químicas del suelo del experimento.

Prof. (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)
0-10	14,90	70.43	14.63	-	-	-
0-20	13.03	64.00	23.00	8.4	0.47	1.23

La EA medida a través del CDMP que caracterizó el suelo donde se instaló el ensayo fue débil (CDMP = 2,24 mm). La evaluación realizada al año en los distintos tratamientos apreció una mejora de la EA por la aplicación de yeso, pero no por haber roturado el suelo con subsolador o no. Los tratamientos S/Y+R, S/Y+S/R y 2000Y+S/R presentaron la menor EA (CDMP promedio 2,16 mm) similar al CDMP medido en el inicio de la experiencia. Los mismos se diferenciaron estadísticamente (p=0,00085) de 6000Y+R, 6000Y+S/R y de 8000Y+S/R, los cuales tuvieron un CDMP promedio de 1,53 mm (Figura 1). La mejora apreciada en la EA por aplicación de yeso evaluada por este método de medición fue cercana al 32 por ciento.

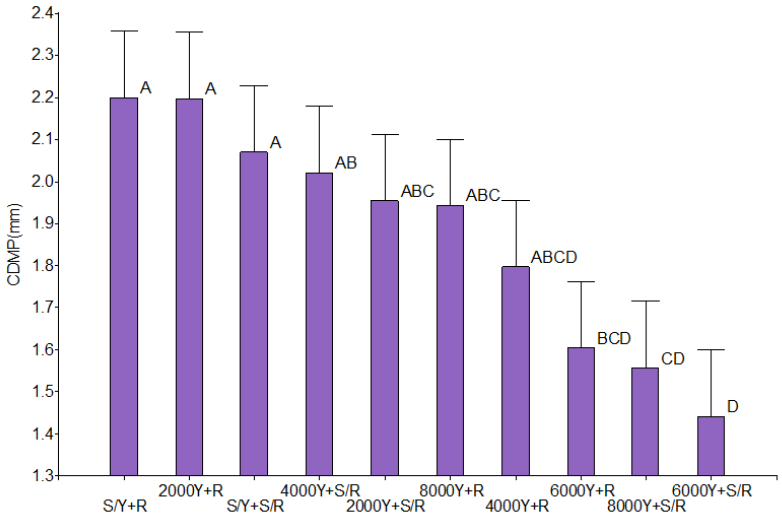


Figura 1. Cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP) para los tratamientos roturados con subsolador y sin roturar: sin yeso + roturación (S/Y+R), 2000 kg yeso/ha + roturación (2000Y+R), 4000 kg yeso/ha + roturación (4000Y+R), 6000 kg yeso/ha + roturación (6000Y+R), 8000 kg yeso/ha + roturación (8000Y+R), sin yeso + sin roturación (S/Y+S/R), 2000 kg yeso/ha+ sin roturación (2000Y+S/R), 4000 kg yeso/ha + sin roturación (4000Y+S/R), 6000 kg yeso/ha + sin roturación (6000Y+S/R) y 8000 kg yeso/ha + sin roturación(8000Y+S/R). En todos los tratamientos se pasó un disco doble acción para incorporar el yeso.

En las figuras 2 a, b y c se presentan los resultados de EA medidos por el método de Le Bissonnais, evaluados por tres pretratamientos (DMPe, DMPd, DMPc) y en la Figura 2 d el promedio de ellos (DMPm), descriptos anteriormente.

El DMPe de los agregados varió entre 0,65 mm y 0,28 mm. La EA del tratamiento 6000Y+S/R fue similar al de los tratamientos 4000Y+S/R, 6000Y+R y 8000Y+S/R, pero diferente significativamente del resto de los tratamientos (p-valor= 0,0001). Los casos donde no se aplicó la enmienda resultaron ser los más inestables, siendo mayor aún la inestabilidad en el que además se roturó el suelo (Figura 2 a). Si se considera el valor de DMPe más alto, se puede decir que la aplicación de yeso incrementó un 57% la EA respecto de la no aplicación.

Como resultado de la evaluación de la EA a través del pretratamiento de desagregación mecánica por agitación luego de humectación en alcohol, los valores de DMPd oscilaron entre 1,76 mm y 1,06 mm. El tratamiento 6000Y+R fue significativamente diferente de 8000Y+R, 4000Y+R y S/Y+R, siendo este último el más inestable de todos (Figura 2 b). Al aplicar este pretratamiento se midió una mejora de la EA de alrededor del 40 % debido a la aplicación de 6000 kg de yeso/ha respecto de la no aplicación.

Los DMPc de los tratamientos analizados estuvieron en el rango 2,45 mm y 1,21 mm. Los tratamientos 6000Y+R, 6000Y+S/R y 8000Y+R, expresaron los valores más altos de EA y fueron estadísticamente diferentes de los demás (p=0,0001). El tratamiento S/Y+R junto con 2000Y+R fueron los más inestables (Figura 2c). La evaluación de la EA con el método de humectación lenta por capilaridad, determinó una mejora de la EA del 50% respecto del tratamiento donde no se aplicó yeso.

Los tratamientos con 6000 kg/ha de yeso con y sin roturación tendieron a ser los de mejor EA ya que expresaron los mayores DMPm (1,58 mm). Los valores más bajos de EA correspondieron a las situaciones donde se roturó con subsolador el suelo y no se aplicó yeso (DMPm = 0,85 mm) o sólo se aplicó 2000 kg/ha de yeso (DMPm = 1,13 mm). Aunque éste último no difirió del de 4000Y+R y SY+S/R (DMPm = 1,22 mm) (Figura 2d). La mejora de la EA fue del 46% al considerar la situación más estable respecto del tratamiento donde no se aplicó yeso.

Mieres, L. *et al*. (2024), también midieron EA como lo propuso Le Bissonnaiss (1996), en un suelo Argiudol acuértico de textura franco-limosa (22 % arcilla en el horizonte A) para 0 a 7,5 cm de profundidad. Dichos autores hallaron efecto positivo de la aplicación de yeso sobre la EA. Informaron que el yeso determinó aumentos del 7 % de la EA (p<0,0001) cuando se aplicó 800 kg ha^{-1} y del 13 % con 1600 kg ha^{-1} de yeso respecto de la no aplicación.

Con el fin de conocer si las variables químicas se relacionaron con la EA, se realizó correlación de Pearson entre ellas. MO correlacionó significativamente (1%) con el CDMP (ρ= -0,564). El pH se relacionó significativamente (10%) con los valores de CDMP (ρ = 0,313). La CE se relacionó significativamente (5%) con el DMPe (ρ = -0,41) y al 10% con el DMPm (ρ = -0,34). La MO se correlacionó positiva y significativamente al 5% con el DMPe (ρ =0,364) y al 10%, con el DMPd (ρ = 0,354). Gabioud *et al*. (2011) hallaron correlación positiva y significativa entre el C total y el DMPm, al estudiar tres órdenes de suelos, entre ellos el Molisol que es el mismo Orden al que corresponde el suelo de este estudio.

En la Tabla 2 se presentan los resultados medios de DA y Humedad del suelo al momento de hacer la medición, para la situación inicial (2023) y luego en 2024 en cada uno de los tratamientos. La DA medida por tratamientos en seis espesores hasta los 30 cm de profundidad no fue diferente de la obtenida en la situación inicial. En ambos momentos de medición y para todos los espesores los valores estuvieron por debajo del valor crítico (1,4 $g.cm^{-3}$) considerado para el tipo de suelo estudiado (Griffith *et al*. 1977). Ni la aplicación de enmienda ni la roturación del suelo afectaron estadísticamente esta variable.

Milán & Bonadeo (2017) tampoco obtuvieron diferencias significativas de DA en un estudio realizado sobre suelo de textura franco limosa, Haplustol tipico, con fases por salinidad y sodicidad, de Villa María, Córdoba. En dicho estudio evaluaron distintos tratamientos (testigo, dosis fraccionada de yeso y dosis única de yeso) según dos horizontes A (0-24 cm) y Bwk1 (24-43 cm), a los dos años del reenyesado. Los valores promedios que obtuvieron fueron 1,36 $g.cm^{-3}$ y 1,39 $g.cm^{-3}$, para el primera y segunda profundidad respectivamente.

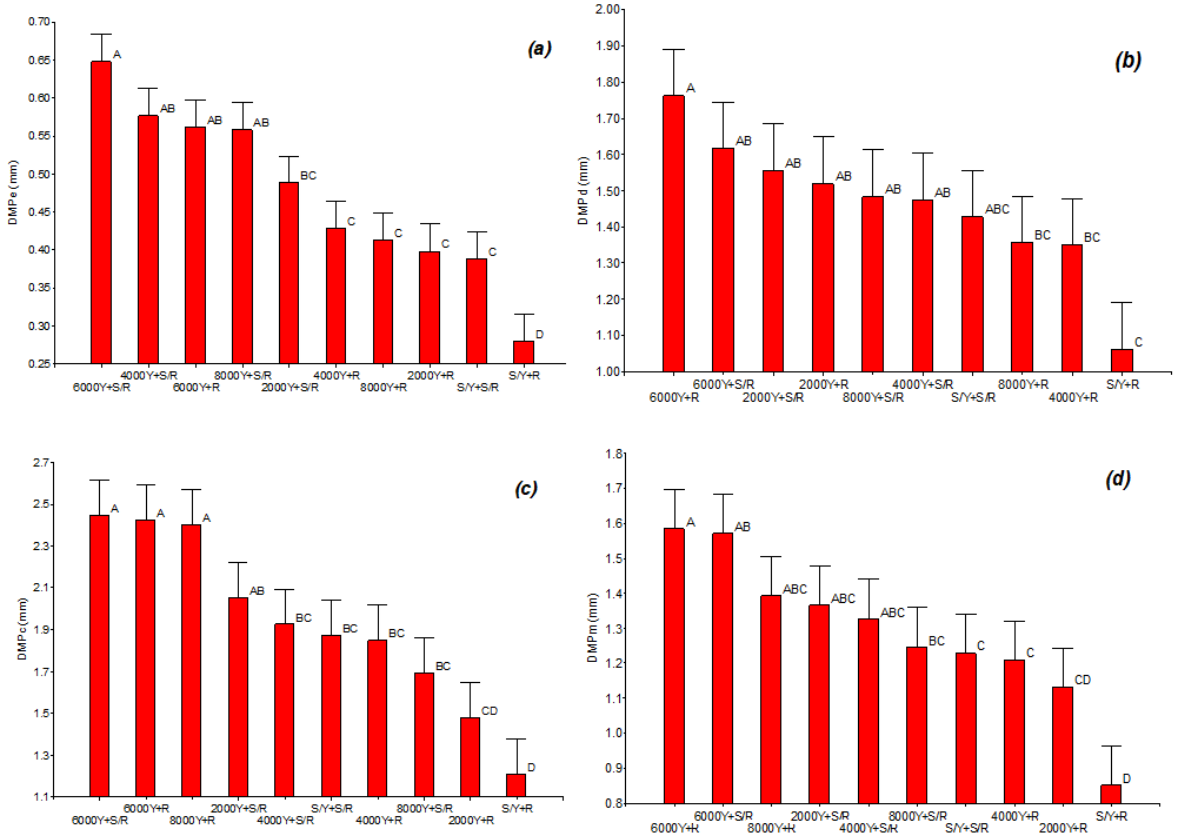


Figura 2. Diámetro medio ponderado: a) humectación rápida o efecto estallido (DMPe), b) desagregación mecánica (DMPd), c) humectación lenta por capilaridad (DMPc) y d) medio (DMPm) para los tratamientos roturados con subsolador y sin roturar: sin yeso + roturación (S/Y+R), 2000 kg yeso/ha + roturación (2000Y+R), 4000 kg yeso/ha + roturación (4000Y+R), 6000 kg yeso/ha + roturación (6000Y+R), 8000 kg yeso/ha + roturación (8000Y+R), sin yeso + sin roturación (S/Y+S/R), 2000 kg yeso/ha + sin roturación (2000Y+S/R), 4000 kg yeso/ha + sin roturación (4000Y+S/R), 6000 kg yeso/ha + sin roturación (6000Y+S/R) y 8000 kg yeso/ha + sin roturación (8000Y+S/R). En todos los tratamientos se pasó un disco doble acción para incorporar el yeso.

Tabla 2. Valores medios de densidad aparente (DA) y humedad del suelo al inicio y luego de un año de aplicación de yeso, hasta los 30 cm de profundidad.

Profundidad (cm)	2023 (inicial)		2024	
	DAP (g.cm^{-3})	Humedad (%)	DAP (g.cm^{-3})	Humedad (%)
0-5	1,19	18.89	1,17	14.35
5-10	1,37	23.86	1,35	21.25
10-15	1,32	26.76	1,32	24.92
15-20	1,23	34.86	1,24	31.58
20-25	1,22	35.25	1,24	31.37
25-30	1,23	34.51	1,25	30.25

CONCLUSIONES:

Los métodos de evaluación de la EA aplicados en este estudio fueron sensibles para discriminar el efecto de la aplicación de yeso sobre el suelo estudiado. En el corto plazo, algunas dosis de yeso mejoraron la EA del suelo, lo cual se observó tanto por el CDMP, como por los pretratamientos (DMPe, DMPd, DMPc) y por el promedio de ellos DMPm. El efecto de la roturación con el subsolado no fue significativo para los valores de EA. La correlación de MO con CDMP fue más alta que la obtenida con los DMP del método de Le Bissonnais. También se halló correlación entre pH y CDMP, CE y DMPe y DMPm. La DA no fue afectada por la roturación ni por la aplicación o no de yeso al suelo.

BIBLIOGRAFÍA:

Blake, GR & KH Hartage. 1986. Bulk Density. In: A Klute (ed.). Methods of soil analysis, Part I. 2nd. Ed. American Society of Agronomy, Madison, Agronomy 9: 363-375.

Blum, J, EF Caires, RA Ayub, A Ferreira Da Fonseca, M Sozim, M Fauate. 2011. Soil Chemical Attributes and Grape Yield as Affected by Gypsum Application in Southern Brazil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42: 1434-1446.

De Leenheer, L & M De Boodt. 1958. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. Inter Sysmp. On soil structure. Medeligen. Rykskandbouwhogesehool, Gent. Belgie, 24: 290-300.

Di Rienzo JA, F Casanoves, MG Balzarini, L Gonzalez, M Tablada, CW Robledo. InfoStat versión 2022. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar

Gabioud, EA, MG Wilson & MC Sasal. 2011. Análisis de la estabilidad de agregados por el método de Le Bissonnais en tres órdenes de suelos. CI. SUELO (ARGENTINA) 29(2): 129-139.

Gil, RC & GE Peralta. 2013. Manejo estratégico de planteos agrícolas en suelos con limitaciones sódicas Jornada Manejo De Suelos Salino - Sódicos en áreas de Secano. Org.: PROSA, - FECIC – CIRN - INTA. 7 de mayo.

Gonzalez, HM; SB Restovich & SI Portela. 2017. Utilización de cultivos de cobertura invernal como alternativa para mejorar la estabilidad estructural del suelo. Ciencia del Suelo (Argentina) 35(1): 1-10.

Griffith, DR; JV Mannering & WC Moldenhauer. 1977. Conservation tillage in the Eastern Corn Belt. Journal of Soil and Water Conservation, 32:20-28.

INTA. 1979. Carta de suelos de la República Argentina Hoja 3363-11 Leones. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro de Investigacion de Recursos Naturales.

IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación).1999. Norma 29 410. Determinación del pH.

Le Bissonnais, Y. 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. Eur. J. Soil Sci. 47:425-437.

Mieres, LN & SC Imhoff. 2024. Cambios físico-químicos en suelos enmendados con cama de pollos y sulfato de calcio. Actas XXIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Fernando del Valle de Catamarca, Prov. de Catamarca, Argentina 21 al 24 de mayo. Páginas: 220-226.

Milán, C & E Bonadeo. 2017. Efecto de la aplicación de yeso sobre la capacidad productiva de un suelo sódico de alta variabilidad espacial. Cienc Suelo (Argentina) 35(2): 315-323.

Qadir, JD Oster, S. Schubert, AD Noble, KL Sahara. 2007. Fitorremediación de suelos sódicos y salino-sódicos. Avances en Agronomia, Academy Press, Volumen 96, Páginas 197-247. ISSN 0065-2113, ISBN 9780123742063, https://doi.org/10.1016/S0065-2113(07)96006-X

Robinson, GW. 1922. A new method for the mechanical analysis of soils and other dispersions. J. Agric. Sci. 12: 306-321.

Walkley Black.1934. An examination of the degtjareff method for determining proponed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38.

EFECTO DE PRÁCTICAS REMEDIADORAS EN UN SUELO SÓDICO

Gudelj, V. J.[1]; M. B. Aimetta[1]; M. B. Conde[1]; C. A. Lorenzon[1]; R. D. Seravalle[1]; P. Marelli[1]; O. E. Gudelj[1]

[1] Estación Experimental Agropecuaria INTA Marcos Juárez, Ruta Prov. N° 12 Km 36 CC 21, Marcos Juárez, Córdoba.
* gudelj.vicente@inta.gob.ar

RESUMEN: Para evaluar el efecto de la aplicación de yeso y la roturación del suelo con subsolador en la producción de una secuencia agrícola de cultivos y sobre algunas propiedades de un suelo sódico, se condujo un experimento durante los ciclos 2023-2024 y 2024-25 en el lote de un productor que realiza agricultura continua, en el área rural de la localidad de San Marcos, provincia de Córdoba. En 2023 se implantó maíz y en 2024 trigo. Se utilizó un diseño de parcelas divididas, donde el factor principal fue el subsolado y el subfactor los tratamientos (0,2000,4000,6000 y 8000 kg/ha del corrector químico yeso) con tres repeticiones. Los resultados indicaron un aumento de los valores del calcio y la saturación de calcio, pero no hubo disminución de la alcalinización. Hubo una mejor emergencia y crecimiento de los cultivos en los tratamientos con yeso, que redundó en un mejor rendimiento de grano de maíz y biomasa de trigo, que estarían muy lejos, por lo observado, de los rendimientos en los manchones de suelo sin problemas de sales ubicados en el mismo lote. El subsolado solo tuvo efecto aumentando levemente los valores de potasio de intercambio y la capacidad de intercambio catiónico. Con todo, es necesario continuar midiendo la evolución de las propiedades del suelo y los rendimientos por un tiempo más prolongado.

PALABRAS CLAVE: suelo alcalino-sódico, yeso, subsolado

INTRODUCCIÓN:

En el sudeste de Córdoba (Argentina) una importante área de suelos con problemas de salinidad o alcalinidad es implantada con cultivos agrícolas (trigo, soja y maíz). En el ciclo 2016-2017 del área sembrada 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 salino, sódicas y salino-sódicas (Aimetta y colaboradores 2023). Cercano a la localidad de San Marcos, sudeste de la Provincia de Córdoba, existen complejos de suelos con limitaciones para su uso por exceso de humedad, productos de escorrentías provenientes de partes más altas del relieve o con drenaje interno muy pobre que con frecuencia producen anegamiento y están asociados a suelos fuertemente alcalinos. Los porcentajes de suelos sin alcalinidad varían según los complejos, y como dentro de un mismo lote puede haber más de un complejo, el productor agrícola siembra todo el lote y se produce el típico machoneo que incluye áreas donde el cultivo crece normalmente, áreas con menor crecimiento y áreas donde el crecimiento del cultivo está muy restringido o casi no crece. La alta cantidad de sodio presente en los suelos sódicos o salino sódicos dispersa las arcillas perjudicando la estructura del suelo, reduciendo su capacidad de infiltración de agua con lo que se restringe el crecimiento de los cultivos. También la dispersión de las arcillas produce un encostramiento de la superficie del suelo que impide la normal infiltración de agua y perjudica la instalación de los cultivos. (Shainberg I & J Letey, 1984; Costa JL y P Godz 1999, Montico, S. 2006). La compactación al incrementar la micro porosidad en desmedro de la macro porosidad del suelo afecta el suministro de oxígeno. 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 sodio (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). La aplicación de correctores químicos puede morigerar el problema que presentan los suelos sódicos o salinos-sódicos para el crecimiento de los cultivos. La recuperación de suelos sódicos y salino-sódicos generalmente implica reemplazar el sodio intercambiable con calcio, lo que a menudo se logra mediante la aplicación de yeso (Shainberg & Letey 1984). El yeso aumenta la concentración de

electrolitos a un nivel que permite el floculado del suelo manteniendo una adecuada infiltración del agua (Costa JL & P Godz, 1999). Estos mismos autores incorporando 15 Mg/ha yeso en los primeros 10 cm de suelo redujeron los valores de sodio hasta los 20 cm de profundidad y cuando aumentaron la dosis de yeso hasta 35 y 60 Mg/ha, la reducción llegó a horizontes más profundos del suelo. La mejora lograda debido al agregado de yeso favoreció la implantación de pasturas y duplicó la producción de forrajes. Otra posibilidad de mejora es la roturación en superficie y/o en profundidad para eliminar capas endurecida. La roturación permite mejorar la infiltración del agua, aumentar la retención superficial, cortar la capilaridad e incrementar la disponibilidad de nutrientes del suelo (Degioanni y col, 2020). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de yeso y la roturación del suelo con subsolador, en la producción de una secuencia agrícola de cultivos y sobre algunas propiedades químicas de un suelo sódico en el área rural de la localidad de San Marcos provincia de Córdoba.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El experimento se condujo durante los ciclos 2023-24 y 2024-25, en el área rural de San Marcos Sud, departamento Marcos Juárez, provincia de Córdoba, en un establecimiento en el que el productor realiza agricultura continua. La localidad posee temperatura media anual de 17,05 ºC 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, 1979). Se utilizó un diseño de parcelas divididas, donde el factor principal fue el subsolado y el subfactor los tratamientos del corrector químico (yeso) con tres repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1) 0 kg yeso/ha + subsolado + incorporación con doble disco
2) 2000 kg yeso/ha + subsolado + incorporación con doble disco
3) 4000 kg yeso/ha + subsolado + incorporación con doble disco
4) 6000 kg yeso/ha + subsolado + incorporación con doble disco
5) 8000 kg yeso/ha + subsolado + incorporación con doble disco
6) 0 kg yeso/ha + incorporación con doble disco
7) 2000 kg yeso/ha + incorporación con doble disco
8) 4000 kg yeso/ha + incorporación con doble disco
9) 6000 kg yeso/ha + incorporación con doble disco
10) 8000 kg yeso/ha + incorporación con doble disco

Para la ubicación del experimento se seleccionó una parte del lote lo más homogénea posible en cuanto al suelo, observando malezas y desarrollo del cultivo anterior que allí había. Esto se pudo comprobar en el cultivo de maíz que se implantó, en el que se observaron pequeñas islas donde el cultivo se desarrolló mucho mejor, las cuales se obviaron en el momento de la determinación de materia seca o la cosecha. El muestreo inicial de suelo en estratos de 20 cm hasta los 60 cm se realizó el 7 de agosto de 2023 y la aplicación de yeso fue el 31 del mismo mes. Inmediatamente se subsolaron las parcelas correspondientes a una profundidad de 0,4 m y con una distancia entre púas de 0,52 m. Luego en todas las parcelas se pasó un disco de doble acción que profundizó hasta los 10 cm aproximadamente. El 2 de setiembre de 2024 se realizó otro muestreo de suelo en cada tratamiento y repetición. La evaluación de pH y conductividad eléctrica se realizó en estratos de 20 cm hasta 60 cm de profundidad, mientras que las demás variables químicas de suelo sólo se evaluaron en los primeros 20 cm. Las variables químicas de suelo evaluadas fueron: pH, conductividad eléctrica (CE), calcio (Ca) (cmol (+) /kg), magnesio (Mg) (cmol (+) /kg), sodio (Na^+) (cmol (+) /kg), potasio (K) (cmol (+) /kg), capacidad de intercambio catiónico (CIC) (cmol (+) /kg), porcentaje de sodio intercambiable (PSI), Saturación Ca^{++}, Rel. Ca/Mg. El 28 de diciembre de 2023 se implantó maíz con una densidad de 72000 plantas/ha, se fertilizó a la siembra con 70 kg/ha de MAP y el 29 de febrero de 2024 con 80 kg/ha de urea. La cosecha se realizó en forma manual en una superficie de 10,4 m^2 (2 surcos a 0,52 m x 10 m lineales) que se desgranaron con una máquina estática para luego determinar el rendimiento (kg/ha) de cada tratamiento. El 15 de junio de 2024 se implantó el cultivo de trigo cosechándose en grano lechoso (porque se estimó que no iba a prosperar) una muestra de 0,250 m^2 por tratamiento y repetición. La muestra se llevó a estufa para luego determinar materia seca. Con los datos obtenidos de cada una de las variables estudiadas se realizó un análisis de variancias a través de modelos lineales mixtos, teniendo

en cuenta el diseño utilizado y comparando las medias con el test LSD de Fisher al 5 %. Se utilizó software Infostat (Di Rienzo, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis químico básico de suelo previo a la instalación del experimento.

Tabla 1. Análisis inicial básico de suelo

Profundidad (cm)	pH	CE (mS/cm)	MO (%)	NO_3^- (ppm)	P (ppm)	$S(SO_4^{-2})$ (ppm)
0-20	8,4	0,46	1,23	43	60	56
20-40	9,3	0,87		29		
40-60	9,5	0,68		15		

Dado que no hubo interacción para las dosis de yeso aplicadas con y sin subsolado, se presentan los resultados del análisis conjunto y sólo de las variables que manifestaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. De las variables químicas evaluadas el análisis para pH en el estrato de 40-60 cm de profundidad, y para calcio (Ca), Potasio (k), CIC y Saturación con calcio en el estrato de 0-20 cm de profundidad, presentaron diferencias entre tratamientos. Todos los tratamientos con yeso presentaron, en el estrato de 40-60 cm de profundidad, un menor valor de pH que el testigo sin yeso y si bien agronómicamente es exigua la diferencia, estadísticamente resultó significativo Pr > F 0.0410 (Figura 1) y no hubo diferencias por el subsolado. Las precipitaciones desde la aplicación de los tratamientos hasta la toma de las muestras de suelo totalizaron 1000 mm (451 en 2023 y 559 en 2024) y por lavado podría haber llegado calcio en profundidad. Igual llama la atención que en los estratos superiores no hubo diferencias en los valores de pH ni por subsolado ni por aplicación de yeso de ninguna de las dosis aplicadas. Quizás haya pasado poco tiempo entre la aplicación de los tratamientos y el muestreo de suelo. Costa y Godz (1999) con dosis mayores de yeso, luego de un año desde la aplicación y con 1100 mm de precipitación, en ese periodo, encontraron menor pH en las parcelas con yeso sólo de 10 a 20 cm de profundidad, mientras que luego de seis años desde la aplicación y de haber precipitado 6500 mm de agua de lluvia, hubo diferencias significativas en los primeros 20 cm de todos los tratamientos con respecto al testigo y con valores por debajo 8. Similar análisis se podría hacer para la CE en la que tampoco se encontró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos con yeso y el testigo. Según (Aimetta, 2022) el ascenso de la napa freática, determinación que no se realizó en el presente trabajo, es otro factor que puede limitar la lixiviación de sales y sodio hacia capas más profundas de suelo. Los valores de Ca aumentaron en los primeros 20 cm en los tratamientos con yeso y se diferencian significativamente del testigo Pr > F 0.0024, pero no hubo efecto del subsolado ni interacción con dosis de yeso. Claramente, se observa un incremento de los valores de Ca con el aumento de las dosis de yeso (Figura 2). Algo similar ocurrió en la determinación Saturación de Ca ya que los tratamientos con yeso mostraron valores significativamente mayores que el testigo Pr > F 0.0015 (Figura 3).

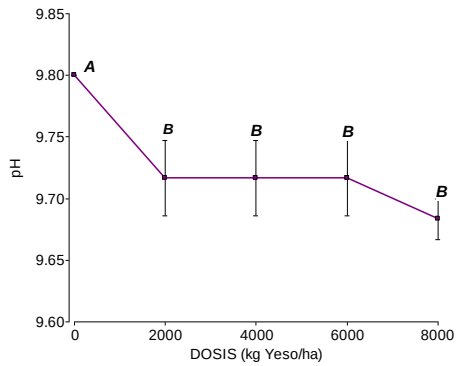


Figura 1. pH en estrato de 40-60 cm.

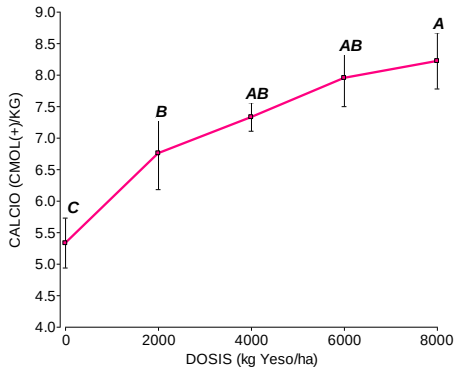


Figura 2. Valores de Ca de 0-20 cm (cmol (+) /kg).

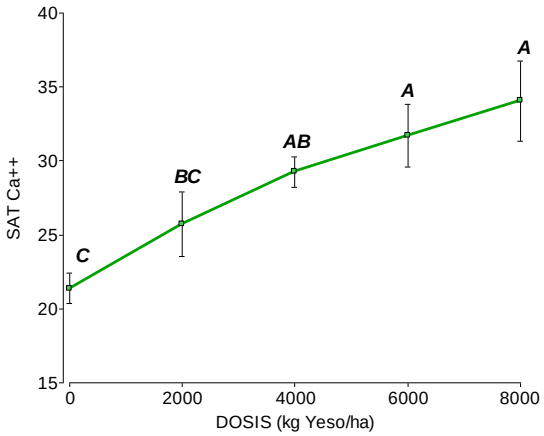


Figura 3. Valores de saturación de Ca^{++}.

Cuando se subsoló el suelo se modificaron los valores de potasio del complejo de intercambio Pr > F 0.0146 (Figura 4) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) Pr > F 0.0014 (Figura 5). Haber captado, durante el muestreo, más arcilla desde profundidad en los tratamientos subsolados puede ser una explicación a estos incrementos.

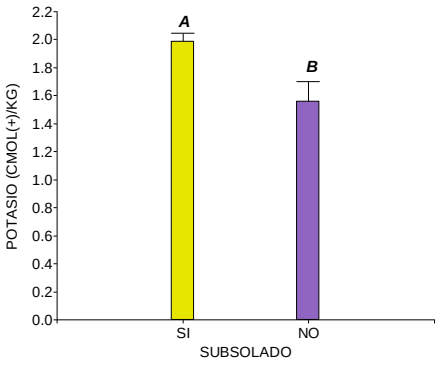


Figura 4. Valores de K (cmol (+) /kg).

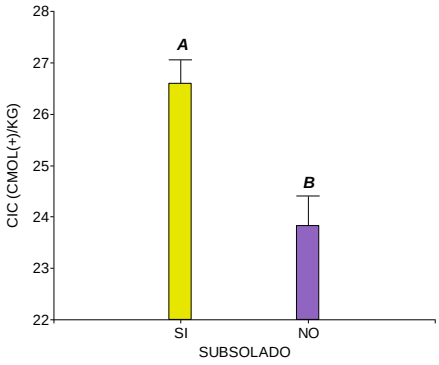


Figura 5. Valores de CIC (cmol (+)/kg).

En cuanto a los cultivos implantados se observó un mejor stand de plantas y crecimiento en las parcelas que tuvieron los tratamientos con yeso, incluso hubo parcelas testigos sin yeso donde directamente el cultivo no emergió y otras donde la emergencia fue escasa y el crecimiento restringido respecto de los tratamientos con yeso, principalmente en los que se habían utilizado las mayores dosis. Seguramente, esto se debió a una mejora de las condiciones físicas del suelo que aumentó la infiltración y permitió una mejor emergencia y crecimiento. Según Degioanni y col. (2020) puede agregarse yeso en la línea de siembra con la finalidad de producir una mejora física aumentando la agregación, y química, reduciendo el pH, del micrositio de germinación de las semillas. En nuestro experimento, en los primeros centímetros donde se alojan y germinan las semillas, es muy posible que lo anterior haya ocurrido, dado que en las parcelas en las que se aplicó yeso, principalmente en las de mayor dosis, se observó una mayor emergencia y crecimiento de los cultivos. También vale decir que, si bien los tratamientos con yeso tuvieron mejor emergencia y crecimiento que los tratamientos testigos sin yeso, estuvieron muy lejos de igualar, por lo que se observó visualmente, al maíz nacido en las islas o manchones de suelo sin problema de alcalinidad ubicadas en el mismo lote fuera de la superficie del ensayo.

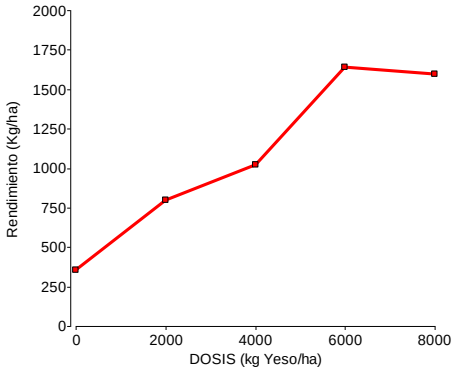


Figura 6. Rendimiento Maíz 2023-24 kg/ha.

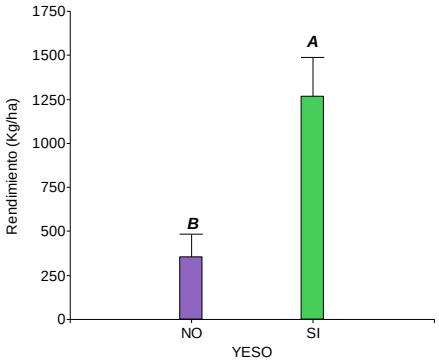


Figura 7. Rendimiento Maíz 2023-24 kg/ha.

No obstante, no hubo diferencias significativas en rendimiento entre tratamientos ni por dosis de yeso aplicadas Pr > F 0.1279, ni por subsolado Pr > F 0.1124 y tampoco interacción de yeso por subsolado (Figura 6). Dado esos resultados, se realizó el contraste del promedio de todos los tratamientos con yeso versus el promedio de los testigos que resultó significativo Pr > F 0.0458 (Figura 7). En promedio, las parcelas con yeso rindieron 911 kg/ha más que el testigo (3,5 veces superior).

El cultivo de trigo 2024 se vio perjudicado dada la baja recarga hídrica del otoño, ya que sumó de marzo a junio 169 mm, y más aún, por las escasas precipitaciones post-emergencia donde desde julio a mediados de octubre precipitaron 33 mm. Por lo que, dado el pobre crecimiento del cultivo, que se estimó no se iba a revertir, se decidió determinar biomasa aérea. Hubo diferencias significativas por la aplicación de yeso, no hubo efecto del subsolado y tampoco interacción de yeso x subsolado. Todos los tratamientos con yeso se diferenciaron del testigo, pero sin diferencia entre ellos Pr > F. 0.0063 (Figura 8). En promedio los tratamientos con yeso superaron al testigo en un 94%.

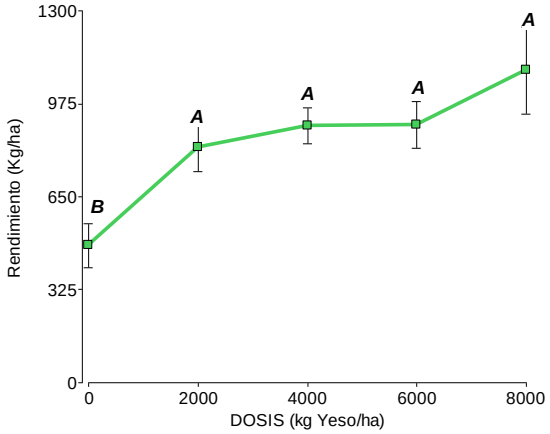


Figura 8. Biomasa de Trigo 2024-25 kg/ha.

CONCLUSIONES:

La aplicación de yeso aumentó los valores de calcio en el horizonte superficial pero no logró disminuir la alcalinización del suelo dado que los valores de sodio y el porcentaje de sodio de intercambio resultaron similares que el testigo sin aplicación de yeso, quizás por el escaso tiempo transcurrido desde la aplicación hasta el muestreo de suelo y/o la re alcalinización por ascenso de la napa.

La aplicación de yeso mejoró las condiciones para la implantación dado que se observó, principalmente en los tratamientos con dosis más alta, un mejor stand de planta y un mejor crecimiento luego de la emergencia, y parcelas de tratamientos testigo donde no hubo emergencia o con crecimiento restringido luego de la emergencia.

No obstante, los rendimientos conseguidos, tanto en grano de maíz como en biomasa de trigo, si bien fueron significativamente superiores en los tratamientos con yeso respecto del testigo, estarían muy lejos, por lo observado, de los rendimientos en los manchones de suelo sin problemas de sales ubicados en el mismo lote.

El subsolado solo tuvo efecto aumentando levemente los valores de potasio de intercambio y la capacidad de intercambio catiónico. Sin embargo, es necesario continuar midiendo la evolución de las propiedades del suelo y los rendimientos por un tiempo más prolongado que el contemplado en este estudio.

BIBLIOGRAFÍA:

Aimetta M. B. 2022. Estrategias para atenuar los efectos de la sodicidad sobre la producción de soja (Glycine max (L.)): un estudio en tres escalas de análisis. Tesis para optar al Grado Académico de Doctor en Ciencias Agropecuarias.

Aimetta M. B.; V. J. Gudelj; M. B. Conde. 2023. Efecto de la fertilización e inoculación sobre la producción del cultivo de soja en suelos sódicos. VII Congreso de la red argentina de salinidad y II simposio latinoamericano de salinidad. Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

Costa JL & P Godz. 1999. Aplicación de yeso a un natracuol del sudeste de la pampa deprimida Ciencia del Suelo 17 (2).

Degioanni A, J Cisneros, O Previch y A Cantero. 2020. Tecnologías para recuperar la producción de biomasa en suelos salinos. Revista Científica FAV-UNRC Ab Intus 5(3): 94-111.

Di Rienzo JA., F Casanoves, MG Balzarini, L Gonzalez, M Tablada, CW Robledo. InfoStat versión 2022. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar

INTA. (1979). Carta de suelos de la República Argentina Hoja 3363-11 Leones. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro de Investigacion de Recursos Naturales.

Montico, S. 2006. Principios para el manejo de situaciones con suelos salinos y alcalinos. Agro mensajes. Año VI, Número 19, pág. 02-04. ISSN 1669-8584.

Munns R & M Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plan 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.

Shainberg I & Letey J. 1984. Response of soil to sódico and saline conditions. Hilgardia 52.

RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN SUELOS HALOHIDROMÓRFICOS DE LA PAMPA ARENOSA

Lehr, L.[1*]; S. Mira[1*]; C. Álvarez[2-3]

[1] AAPRESID, Dorrego 1639, (S2000) Rosario, Santa Fe.
[2] Facultad de Agronomía UNLPam, Ruta Nacional 35 km 334, (L6300) Santa Rosa, La Pampa.
[3] INTA AER Gral Pico.
* lehrluciano5@hotmail.com, mira@aapresid.org.ar

RESUMEN: La producción de forraje en cantidad y calidad es limitada en diferentes ambientes productivos de los sistemas actuales. La vocación productiva asociada a limitantes por encharcamiento (frecuencia, tiempo y momento) además de la concentración y tipo de sales presente limitan estos sitios a el uso de agropiro alargado (Thinopyrum ponticum) transformándose él mismo en la gramínea perenne utilizada en sistemas ganaderos extensivos con diferentes finalidades y uso (forraje pastoreo/silo, y o cosecha). Sin embargo, su producción potencial puede estar condicionada por el manejo nutricional principalmente a el uso de N como fuente generadora de biomasa y grano. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa, la calidad forrajera y el impacto sobre la infiltración de los suelos susceptibles a anegamiento en la pampa arenosa, América, Buenos Aires. El ensayo se realizó sobre una pastura de agropiro con siete años de antigüedad, en un lote con conductividad eléctrica de 2,51 dS/m (0–5 cm) y 3,83 dS/m (5–20 cm) y pH 9.42 y 9.54 en 0-5 y 5-20 cm, respectivamente. Se aplicaron cinco tratamientos de fertilización con urea: 0 (testigo), 46, 92, 150 y 200 kg/ha de N, en franjas de 30 x 150m, con dos repeticiones. Se realizaron dos cortes de biomasa aérea (6/11 y 14/12 de 2024), tomando muestras con marco de 0,25 m² para estimar la producción de materia seca (kg/ha). Además, se determinó el contenido de proteína bruta (PB,%) y producción por hectárea (kg PB/ha). Complementariamente, se evaluó la infiltración del suelo mediante infiltrómetro de anillo simple, en dos franjas contrastantes (testigo y 200 kg N/ha). La producción de materia seca acumulada presentó un incremento significativo entre dosis creciente de fertilización (p=0.0001). En el primer corte, la dosis de 200 kg N/ha alcanzó 2082 kg MS/ha, mientras que el testigo género 801 kg MS/ha. En el segundo corte, las diferencias fueron más marcadas: el testigo produjo 1187 kg MS/ha y la dosis de 200 kg N/ha alcanzó 4954 kg MS/ha. El contenido de proteína bruta varió positivamente al incremento de dosis de fertilización: en el primer corte, el testigo presentó 11,6% y el tratamiento con 200 kg N/ha alcanzó 19,1%. La proteína total acumulada por hectárea (suma de ambos cortes) fue de 973 kg PB/ha en el tratamiento con 200 kg N/ha, respecto a 211 kg PB/ha en el testigo, incrementando un 361%. En términos físicos, la infiltración acumulada en 60 minutos fue de 78,5 mm en la franja fertilizada y de 53 mm en el testigo, mostrando una mejora del 48%. Estos resultados evidencian el potencial de la fertilización nitrogenada mejora la productividad en biomasa aérea, la calidad forrajera y la condición física del suelo en pasturas de agropiro implantadas en ambientes sódicos posiblemente asociado a una mayor producción de su sistema radicular.

PALABRAS CLAVE: agropiro, fertilización nitrogenada, suelos salinos

INTRODUCCIÓN:

En zonas subhúmedas, el avance de la agricultura implicó la concentración de la ganadería en ambientes marginales como los bajos salinos/sódicos con especies de escaso nivel productivo. Este fenómeno obligó a la incorporación de especies tolerantes a condiciones de anegamiento como el agropiro (Thinopyrum ponticum) para poder intensificar la ganadería con mejores niveles productivos y de calidad de forraje.

La productividad del agropiro alargado (Thinopyrum ponticum) en ambientes salinos es muy variable entre clases de uso de los suelos, especialmente en distintos sistemas ganaderos extensivos donde se busca mejorar la oferta forrajera. En suelos con conductividad eléctrica moderada (2–3 dS/m), diversos trabajos presentan variabilidad en respuesta y eficiencias de uso a la fertilización nitrogenada. Además de incrementos en el contenido de proteína bruta (Fina *et al*., 2021; Baioni *et al.,* 2019).

La finalidad de este trabajo es fundamentar decisiones de manejo en ambientes de bajo potencial agrícola, donde la fertilización puede ser una herramienta para sostener o mejorar la productividad, ajustando estrategias a las particularidades del suelo y del sistema de producción. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa, la calidad forrajera y el impacto sobre la infiltración de los suelos susceptibles a anegamiento en la pampa arenosa, América, Buenos Aires.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Este trabajo se desarrolló en un bajo salino anegable del noroeste de Buenos Aires, (35°39'51.18"S, 63°09'00.10"O), con una pastura de agropiro de siete años de antigüedad y antecedentes de uso ganadero. El ensayo se llevó a cabo en un lote con pastura de agropiro alargado (Thinopyrum ponticum) de siete años de producción, ubicado en un bajo anegable en la región noroeste de la provincia de Buenos Aires. El ambiente sódico, con valores de conductividad eléctrica en extracto de pasta saturada de 2,51 dS/m en el estrato 0–5 cm y 3,83 dS/m entre 5–20 cm, y un pH fuertemente alcalino de 9,42 y 9,54, respectivamente. No se registraron antecedentes recientes de fertilización.

Se evaluaron cinco tratamientos de fertilización nitrogenada con urea: 0 (testigo), 46, 92, 150 y 200 kg/ha de N, aplicados al voleo el 16 de septiembre de 2024. Cada tratamiento se implementó en tres repeticiones, mediante franjas de aproximadamente 30 × 150 metros distribuidas al azar.

Se realizaron dos cortes de biomasa aérea, el 6 de noviembre y el 14 de diciembre de 2024. En cada franja se extrajeron dos muestras con marco de 0,25 m² (cuatro por tratamiento), las cuales fueron secadas en estufa y pesadas para determinar la producción de materia seca (kg MS/ha).

A partir de una submuestra por franja se determinó el contenido de proteína bruta (%PB) en laboratorio, como indicador de calidad del forraje.

Complementariamente, se evaluó la infiltración del suelo en dos franjas contrastantes (testigo y 200 kg N/ha), mediante infiltrómetro de anillo simple. Se tomaron dos repeticiones por tratamiento, registrando la altura del agua infiltrada a los 1, 3, 5 minutos, luego cada 5 hasta los 30 minutos, y cada 10 hasta los 60 minutos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

La producción de materia seca mostró incrementos por aumento de la dosis de nitrógeno en ambos momentos de evaluación. En el primer corte (6/11/2024), las diferencias globales entre tratamientos no resultaron significativas (p= 0,0797), se evidenció una tendencia positiva, destacándose el tratamiento con 200 kg N/ha, que alcanzó los 2082 kg MS/ha y se diferenció estadísticamente del testigo (801 kg MS/ha).

En el segundo corte (14/12/2024), las diferencias entre tratamientos fueron altamente significativas (p= 0,0002), observándose una respuesta continua y creciente a la fertilización. La producción fue de 1187 kg MS/ha en el testigo y de 4954 kg MS/ha en el tratamiento con 200 kg N/ha. Las dosis de 150 y 200 kg N/ha se separaron estadísticamente del resto (Figura 1). Estos resultados coinciden con lo reportado por Fina *et al*. (2021) y Baioni *et al*. (2019), quienes observaron incrementos en la biomasa del agropiro bajo diferentes dosis de nitrógeno, en ambientes salinos.

En relación al contenido de proteína bruta, se registraron diferencias significativas en ambos cortes. En el primero (p = 0,0057), el testigo presentó un valor promedio de 11,63%, mientras que el máximo (19,12%) se registró en la franja con 200 kg N/ha. Las dosis altas (150 y 200 kg N/ha) conformaron el grupo de mayor concentración proteica. En el segundo corte (p = 0,0041), las diferencias menores pero significativas, con valores máximos de 11,97% y 11,80% para 46 y 200 kg N/ha, respectivamente. La menor respuesta en el segundo corte podría estar vinculada a un efecto de dilución, fenómeno reportado por Lemaire y Gastal (1997), donde la acumulación de carbono supera a la de nitrógeno a medida que aumenta la biomasa.

Para evaluar de manera integrada la productividad y calidad del forraje, se calculó la proteína bruta total (kg PB/ha), combinando la producción de materia seca y la concentración de proteína en cada tratamiento. Esta variable mostró un aumento sostenido con la fertilización. Por ejemplo, el tratamiento con 200 kg N/ha produjo 394 kg PB/ha en el primer corte y 578 kg PB/ha en el segundo, superando ampliamente al testigo (Figura 2).

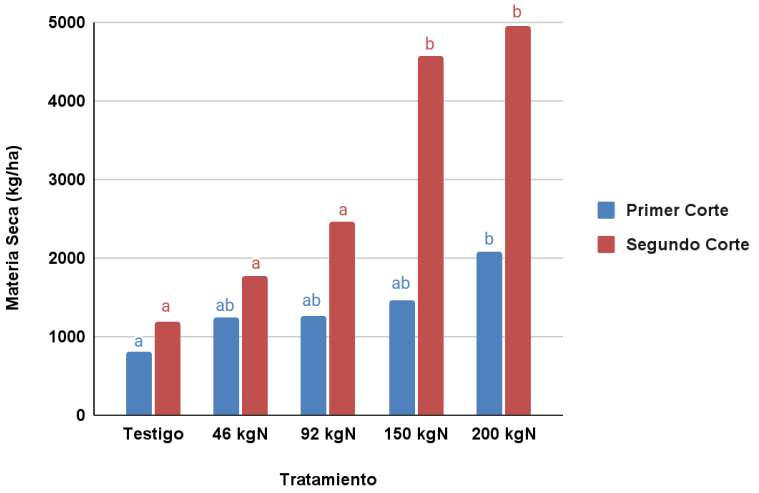


Figura 1. Producción de materia seca (kg/ha) en agropiro alargado en dos fechas de corte, bajo cinco niveles de fertilización nitrogenada.

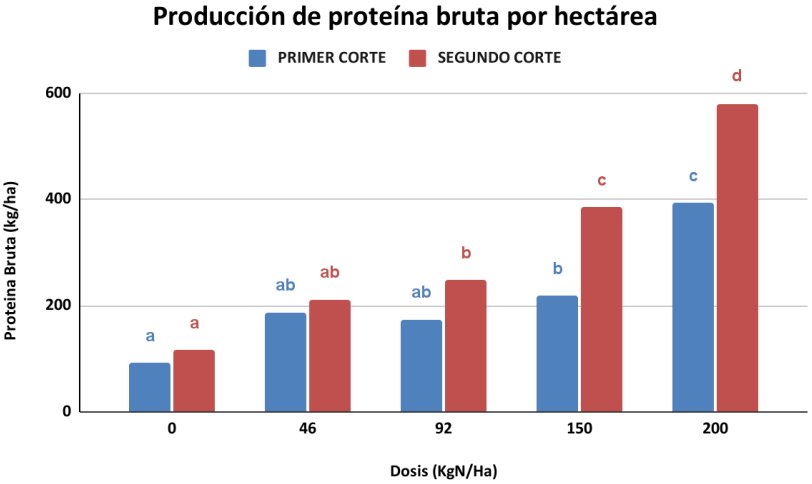


Figura 2. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos según el test de LSD Fisher (α = 0,05).

Al considerar la proteína bruta total acumulada del ciclo (suma de ambos cortes), se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,0001$). La producción de proteína bruta por hectárea se incrementó con la dosis de nitrógeno, alcanzando un máximo de 973 kg PB/ha en el tratamiento con 200 kg N/ha, en comparación con 211 kg PB/ha obtenidos en el testigo, lo que representa un incremento del 361%. Las dosis de 150 y 200 kg N/ha se diferenciaron estadísticamente del resto, mientras que las dosis intermedias (46 y 92 kg N/ha) presentaron valores intermedios (Figura 3).
La infiltración acumulada en 60 minutos no presentó diferencias estadísticamente significativas entre las franjas contrastantes (testigo y 200 kg N/ha) ($p = 0,0791$). Sin embargo, se observó una tendencia a mayores valores en el tratamiento fertilizado, con 78,5 mm frente a 53 mm en el testigo, lo que representa un aumento del 48%. Este resultado sugiere una posible mejora en la estructura del suelo asociada al desarrollo radicular, en línea con lo planteado por Fernández *et al.* (2017).

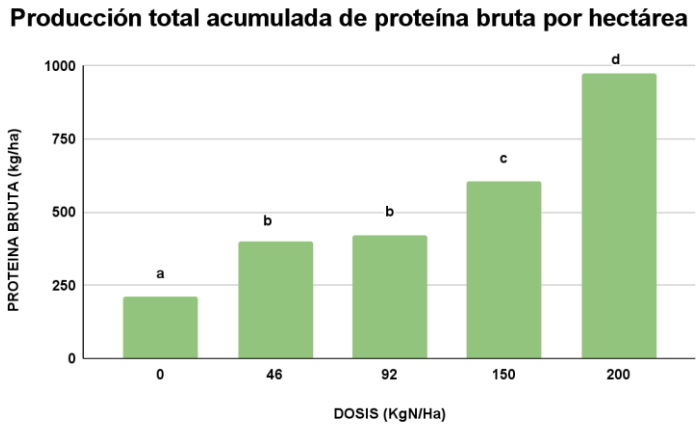


Figura 3. Producción total acumulada de proteína bruta (kg PB/ha) en agropiro alargado, sumada entre ambos cortes, en función de la dosis de fertilización nitrogenada. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) según el test de LSD Fisher.

En particular, para la tasa de infiltración instantánea a los 40 minutos, se observó un valor promedio de 67,5 mm en el tratamiento fertilizado con 200 kg N/ha, frente a 48 mm en el testigo, pero estas diferencias no fueron significativas ($p = 0,1198$) (Figura 4).

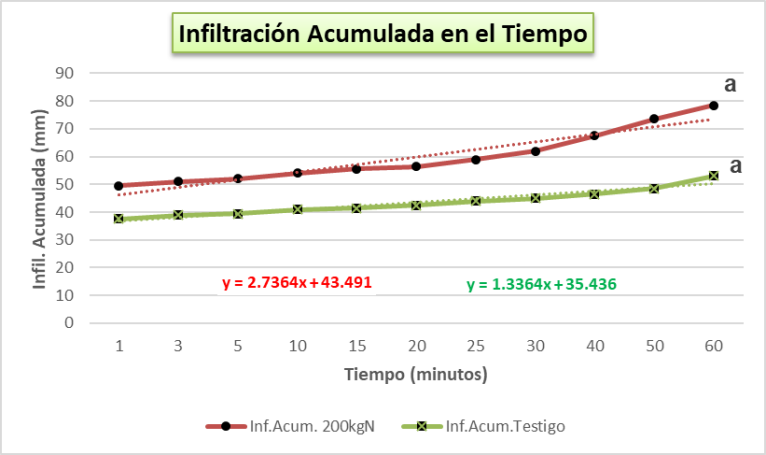


Figura 4. Infiltración acumulada (mm) en función del tiempo (minutos), comparando los tratamientos testigo y 200 kg N/ha con infiltrómetro de anillo simple. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) según el test de LSD Fisher.

Este resultado sugiere una tendencia a una mayor capacidad de infiltración en el tratamiento fertilizado, posiblemente vinculada al desarrollo radicular y a la mejora de la estructura del suelo, aunque no pudo ser confirmada estadísticamente.

CONCLUSIONES:

La fertilización nitrogenada del agropiro alargado implantado en un bajo sódico anegable permitió mejorar significativamente la producción de materia seca y el contenido de proteína bruta, especialmente a partir de las dosis de 150 y 200 kg N/ha. La respuesta mayor se observó en el segundo corte, donde las dosis más altas lograron duplicar y hasta triplicar la biomasa respecto al testigo. Asimismo, el incremento en la proteína bruta por hectárea confirma el potencial de la fertilización como herramienta para aumentar la calidad del forraje. Además, los resultados de infiltración sugieren que una nutrición adecuada podría favorecer la condición física del suelo, posiblemente a través de un mayor desarrollo radicular, lo cual es especialmente relevante en ambientes con sodicidad y riesgo de anegamiento. Este trabajo demuestra que ajustar estrategias de manejo de nutrición en sistemas ganaderos extensivos, permitió aumentar productividad, calidad del forraje y mejorar condición física del suelo, evaluado a través de la infiltración.

BIBLIOGRAFÍA:

Álvarez, C. 2025. Comunicación personal. INTA EEA General Pico.

Ayala, M.D., Taleisnik, E. 2012. Respuesta de gramíneas forrajeras a la salinidad en diferentes etapas fenológicas. Revista de Investigaciones Agropecuarias 38(2): 121–130.

Baioni, D., González, M., Pedreira, P., & Ballester, M. (2019). Rendimiento y calidad de agropiro alargado bajo fertilización en el sudoeste bonaerense. INTA Bordenave. (pdf) Rendimiento y calidad de Agropiro alargado bajo condiciones de sequía, buenos aires semiárido, argentina

Fernández, R., Frasier, I., Uhaldegaray, M., Oderiz, J., Scherger, E., Noellemeyer, E., & Quiroga, A. (2017). Eficiencia en el uso del agua en pasturas en un Molisol de la región semiárida pampeana. VII Congreso Nacional de Forrajes.

Fina, F. (2021). Impacto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de forraje de agropiro alargado en ambientes halo-hidromórficos del Sudeste de Córdoba. INTA Bordenave. Informe técnico interno.

INTA EEA Balcarce. 2021. Infiltración Horton – Cálculo de la infiltración del suelo. Versión 01/03/2021.

INTA EEA Bordenave. 2007. Relevamiento sobre eficiencia de conversión en pasturas templadas perennes. Boletín Técnico Interno.

CARACTERIZACIÓN ESPACIAL Y VERTICAL DE SUELOS SALINO-SÓDICOS EN EL OESTE BONAERENSE: HERRAMIENTAS Y DELIMITACIÓN DE AMBIENTES

Martinez, L.[1*]; M. Barragan[2]; C. Sardiña[1]; C. Álvarez[3-4]

[1] EEA INTA General Villegas.
[2] AER INTA Lincoln.
[3] EEA INTA General. Pico.
[4] Facultad de Agronomía (UNLPam). CP 6230, Gral. Villegas, Buenos Aires.
* martinez.liz@inta.gob.ar

RESUMEN: La Pampa Arenosa es una región subhúmeda con escasa pendiente y cuencas arreicas, donde predominan el drenaje vertical, la elevación de la napa freática y procesos de salinización en determinadas posiciones del relieve que en conjunto dan origen a suelos halohidromorficos generando impactos negativos sobre la productividad de los cultivos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar ambientes afectado por salinidad y riesgo hídrico en el establecimiento "El Tacuen" (Carlos Tejedor, Buenos Aires) y cuantificar la productividad de diferentes especies. Se utilizó para realizar la caracterización la Sonda Veris que mide la conductividad eléctrica aparente (CEa) de suelo. La interpolación de CEa por kriging permitió delimitar tres zonas de manejo potencial (ZMP): alta (<0,5 mSm^{-1}), media (1,6–3,5 mS m^{-1}) y baja (>4 mS m^{-1}). La siembra de pasturas se realizó en junio de 2024 con especies puras (festuca y agropiro) y una mezcla consociada (festuca, agropiro, lotus y melilotus). Se evaluó la producción de biomasa aérea en enero de 2025 mediante un corte único en cuatro sitios representativos por ambiente. Los resultados indicaron diferencias significativas ($p<0,05$) en la biomasa acumulada según ambiente y especie. Las mayores producciones se registraron en el ambiente alto (Consociada 1 (C1): 5378 kg MS/ha) y medio (Consociada 2 (C2): 5285 kg MS ha^{-1}; agropiro: 5198 kg MS há$^{-1}$), mientras que las menores correspondieron a festuca en ambientes medio (2015 kg MS ha^{-1}) y bajo (2304 kg MSha^{-1}). El modelo estadístico explicó el 85% de la variabilidad observada, destacando el ambiente y la especie como los factores principales que afectan la productividad forrajera. Este tipo de herramientas (sensores y especies) permitirán en el tiempo poder mejorar la productividad de cada ambiente delimitado y ajustado por especies y manejo de la misma.

PALABRAS CLAVE: ambientación, conductividad eléctrica, riesgo hídrico

INTRODUCCIÓN:

La pampa arenosa se caracteriza por una alta variabilidad de series de suelos que presentan restricciones edáficas (e.g: salinidad, alcalinidad, escasa profundidad del horizonte A, presencia de horizonte Bt, etc.). En sectores deprimidos o con mal drenaje, y con napas salinas por concentraciones de la misma y tipos de sales, la acumulación de las mismas puede generar suelos salino-sódicos que afectan la estructura del suelo, disminuyen la infiltración y provocan toxicidad para las plantas (Álvarez y Rogel, 2022). Por lo que, estos ambientes suelen destinarse a la cría vacuna en base a pastizales naturales o pasturas implantadas. Por otra parte, la heterogenidad espacial y vertical edáfico de estos suelos no sólo implica diferencias en la capacidad de producir forraje sino también en la eficiencia en el uso de los recursos o insumos utilizados, generándose así la necesidad de ajustar prácticas de manejo. En este contexto, la delimitación de zonas de manejo potenciales (ZMP), que son áreas dentro de un lote con potenciales de producción diferentes (Bullock, 2000), sería el primer paso para realizar un uso más eficiente de recursos. La conductividad eléctrica aparente (CEa) del suelo, que se define como la capacidad que tiene el suelo para conducir la corriente eléctrica, sería un parámetro confiable para delimitar las ZMP. Esto se debe que los valores de CEa están influenciados por una combinación de propiedades físico-químicas del suelo, e.g: salinidad (Rhoades, 1976), textura y pH (Serrano, 2010) relacionadas con el potencial productivo. Además, la CEa tiene la ventaja de que su medida resulta ser estable en el tiempo. Los valores relativos de la CEa cambian con el contenido de agua del suelo, pero los patrones de variación permanecen relativamente estables (Farahani, 2007).

En ambientes salinos y arenosos, la integración de mapas de riesgo hídrico, índices de vegetación y propiedades físicas y químicas del suelo es esencial para delimitar zonas de manejo diferenciadas (Isasti *et al.,* 2024). Entender los procesos que generan heterogeneidad y las limitaciones productivas propias de regiones como La Pampa Arenosa, permiten promover un uso más sustentable y eficiente del recurso suelo (INTA, 2020). El objetivo de este trabajo fue caracterizar ambientes afectado por salinidad y riesgo hídrico en el establecimiento "El Tacuen" (Carlos Tejedor, Buenos Aires) y cuantificar la productividad de diferentes especies.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El trabajo se realizó en el establecimiento El Tacuen del partido de Caros Tejedor (35°06'10.9"S 62°32'22.8"O) en un lote con una superficie de 7 ha. Para la delimitación de ambientes se integraron tres capas de información que incluyen un mapa de riesgo hídrico (o recurrencia hídrica) de los últimos 30 años generado con imágenes Landsat 8 y 9 (Figura 1), un mapa de potencial productivo inferido a partir del Índice de Vegetación Normalizada (NDVI) obtenido de imágenes Sentinel 2 y la carta de suelos de la provincia de buenos aires a escala 1:50000 (Figura 2).

Posteriormente se realizó el relevamiento con Rastra Veris (3100). El lote se recorrió en transectas paralelas separadas entre sí 15 m dado que distancias mayores a 20-25 m generan errores de estimación y pérdida de información (Farahani, 2007), para determinar la CEa del lote en estudio. Finalmente, se realizó la predicción en puntos, dentro del lote mediante el método de interpolación kriging ordinario, obteniendo como resultado una superficie continua (mapa) de la CEa. Se delimitaron tres zonas de diferente potencial productivo (ALTO, MEDIO, BAJO). Para la realización del mapa se utilizó el software Qgis 3.34.4 (Figura 4).

La implantación de los recursos forrajeros se realizó en la primera semana de junio del año 2024. Las especies seleccionadas fueron Festuca (*Festuca arundinacéa*), Agropiro (*Thinopyrum ponticum*), lotus (*Lotus tenuis*) y melilotus (*Melilotus albus*) de forma consociada. En una zona del lote se realizaron dos pasadas de sembradora (1 franja /especie) con especies puras, 6-7 kg de festuca y 25 kg de agropiro. La implantación de especies forrajeras se efectuó mediante siembra directa a surco abierto con una profundidad de 1,5 cm

En las figuras 4 y 5 se identifican los sitios de muestreo, seguimiento y monitoreo. Sitios con la letra C (C1; C2; C3) corresponden a la pastura "CONSOCIADA" (festuca+agropiro+lotus+melilotus) y en los sitios con la letra "P" (P1; P2) denominadas "PURAS" (festuca y agropiro). Se realizó 1 corte de biomasa aérea con un marco de (0,25 m^2) y 4 sitios por ZM el 22 de enero de 2025 para determinar la biomasa acumulada (kg MS ha^{-1}).

Para el análisis de los datos se utilizó el software InfoStat (Di Rienzo, 2020), donde se aplicaron modelos mixtos, análisis de varianza (ANOVA) y pruebas post hoc (LSD de Fisher) para comparar medias cuando correspondía. Para el análisis del efecto del ambiente y tipo de pastura sobre la biomasa, se ajustó un modelo lineal mixto considerando únicamente los ambientes medio y bajo, excluyendo el ambiente alto por falta de representación en pasturas puras. Se incluyó sitio como efecto aleatorio y ambiente y tipo de especie como efectos fijos. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias en biomasa (Kg MS ha^{-1}) entre especies y ambientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

El análisis integrado de la carta digital de suelos (INTA, escala 1:50.000), el mapa de frecuencia de anegamiento (imágenes Landsat 8 y 9, últimos 30 años), la CEa obtenida con Rastra Veris 3100, e imagen satelital NDVI (Sentinel-2) del 14 de diciembre de 2024, permitió caracterizar ambientalmente un lote de 7 ha dentro de un establecimiento de 700 ha. El lote se encuentra principalmente sobre el complejo de serie de suelo Drabble 2 y en menor medida sobre el complejo Drabble 1, ambos clasificados como VIws, con limitaciones por drenaje deficiente, salinidad y alcalinidad.

La frecuencia de anegamiento fue baja (0–9%) en el lote seleccionado para realizar el ensayo, mientras que otras zonas del establecimiento alcanzaron entre 18% y 70%. El relevamiento de CEa permitió delimitar tres ambientes de manejo según su potencial productivo en Alto (<0,5 mS m^{-1}), Medio (1,6 a 3,5 mS m^{-1}), Bajo (>4mS m^{-1}), reflejando la variabilidad de salinidad en el perfil del suelo.

La imagen NDVI tomada a los seis meses de la siembra (realizada en la primera semana de junio de 2024) mostró valores que oscilaron entre -0,29 y 0,72, siendo predominantes en el lote los valores altos,

indicativos de buena cobertura vegetal, aunque con algunos sectores aislados con menor vigor, posiblemente asociados a condiciones edáficas más restrictivas. La delimitación del lote en tres zonas de manejo potencial (ZMP)—ALTO, MEDIO y BAJO— permitió relacionar parámetros químicos del suelo con el rendimiento en biomasa aérea de las especies forrajeras implantadas.

Se ajustó un modelo lineal mixto para explicar la variación en biomasa aérea (kg MS ha^{-1}) en función de ambiente y especie, considerando sitio como efecto aleatorio. El modelo presentó un ajuste alto (R^2 = 0.73, AIC = 394.49). Los resultados mostraron que tanto el Ambiente (F (1,20) = 7.21, p = 0.014) como la Especie (F (2,20) = 23.97, p <0.001) tienen efectos significativos sobre la biomasa. Esto indica que la biomasa varía significativamente según las condiciones ambientales y el tipo de especie estudiada. La especie explica más variación que el ambiente, ya que su F-value es más alto (23.97 vs. 7.21) (Tabla 1).

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias en biomasa aérea (Kg MS ha^{-1}) entre especies festuca y agropiro puro y consociadas (C2 y C3) y ambientes medio y bajo. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los ambientes, con el ambiente medio (4166,5 Kg MS ha^{-1}) produciendo significativamente más biomasa que el ambiente bajo (3291,1 Kg MS ha^{-1}) (Tabla 1).

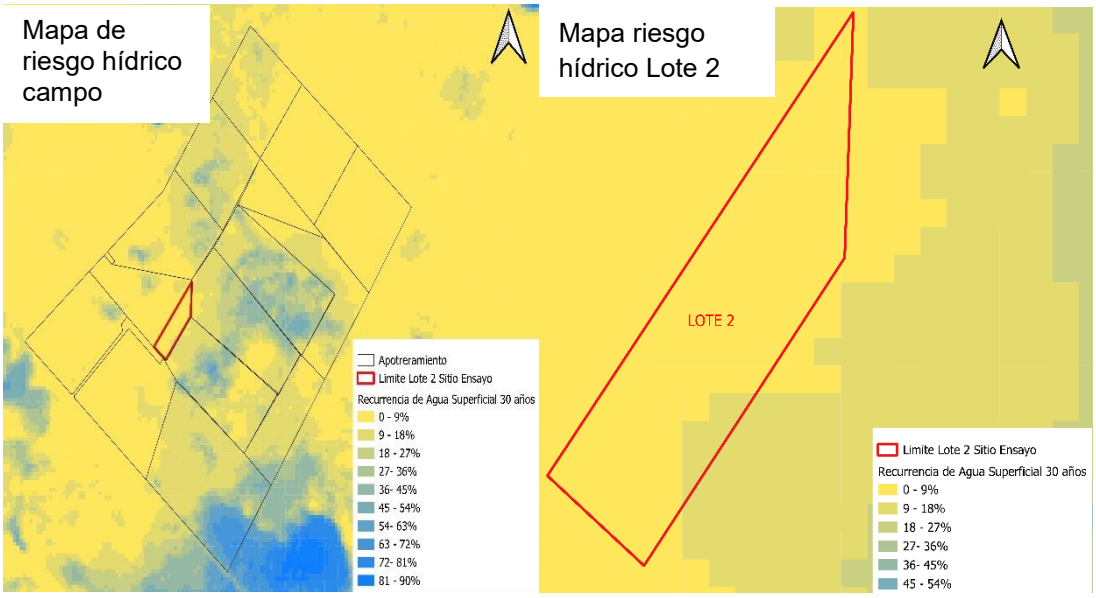


Figura 1. Mapa de riesgo hídrico de los últimos 30 años Izq. Campo completo, der. recurrencia hídrica lote 2.

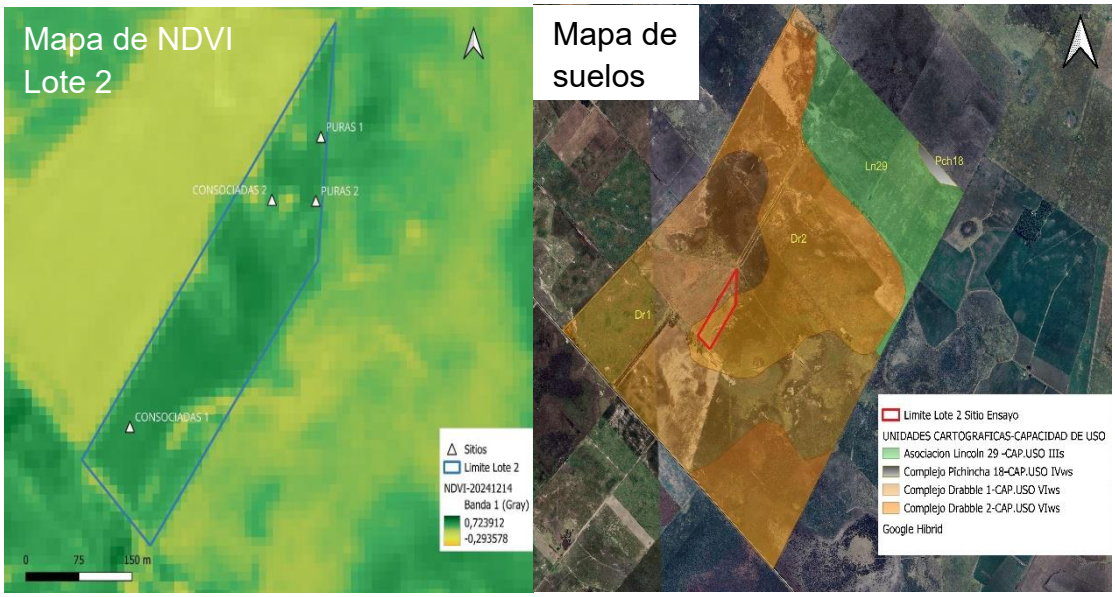


Figura 2. Imagen temporal de NDVI del 14 de septiembre de 2024 izq. mapa de suelos der.

En cuanto a las especies, C2 (5285,5 Kg MS ha^{-1}) y agropiro en ambiente medio (5198,3 Kg MS ha^{-1}) presentaron las mayores producciones, seguidas por agropiro en ambiente bajo (4332,0 Kg MS ha^{-1}). Las menores producciones se registraron en festuca en ambiente bajo (2304,0 Kg MS ha^{-1}) y festuca en ambiente medio (2015,8 Kg MS ha^{-1}). El modelo explicó el 85% de la variabilidad (R^2 = 0,85) con un coeficiente de variación aceptable (CV = 17%).

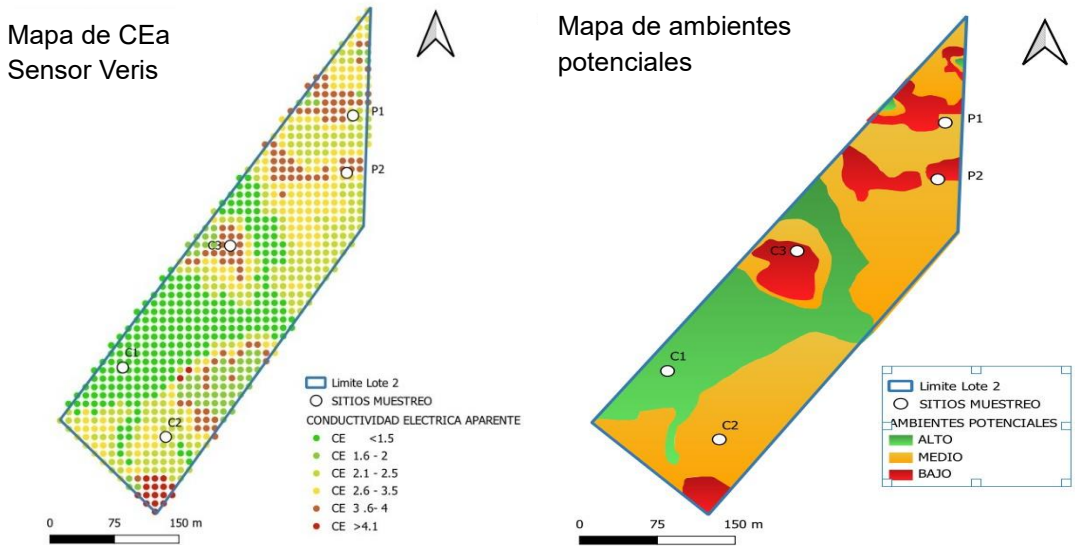


Figura 3. Mapa de Conductividad Eléctrica Aparente (CEa) izq. y mapa de ambientes Alto, Medio y bajo a la der.

Tabla 1. Biomasa acumulada (kg MS ha^{-1}) en el primer corte 22/01/25

Ambiente	Especie	Sitio	Kg MS ha^{-1}
Alto	Consociada	C1	5378,3
Medio	Consociada	C2	5285,5 A
Medio	Agropiro puro	P1	5198,2 AB
Medio	Festuca puro	P1	2015,8 D
Bajo	Consociada	C3	3237,4 C
Bajo	Agropiro puro	P2	4332,0 B
Bajo	Festuca puro	P2	2304,1 CD
Factor	F-value	p-valor	
Ambiente	7,21	0,014	
Especie	23,97	<0,001	

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

CONCLUSIONES:

La combinación de herramientas como el uso de imágenes, sensores y muestreos de suelo (delimitar zona de manejo) y elección de especies fue clave para seleccionar especies y/o blems de las mismas.

La delimitación de zonas de manejo fue la variable más importante ante la variación en parámetros espaciales y verticales como salinidad considerada el más importante.

Las mezclas de especies permitieron determinar el impacto del ambiente sobre la productividad, variando entre zona de manejo la presencia de especies puras o mezclas en ambientes con menor restricción.

La evaluación y seguimiento en el tiempo de variables productivas y edáficas permitirán mejorar el ajuste de especies y manejo de las misma en ambientes restrictivos como los evaluados. Generando en el tiempo mapas de decisiones agronómicas frente a las variables evaluadas en este tipo de escenario productivo.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Rogel, J. B., 2022. La variabilidad de la salinidad y humedad en la génesis de suelosde un humedal. Ciencia del Suelo, 40(2), 237-249.

Bullock, D. G., 2000. Zonificación de manejo de tierras: una perspectiva de la agricultura de precisión. Soil Science Society of America Journal, 64(2), 387-393.

Di Rienzo, J. A., 2020. InfoStat versión 2020. Obtenido de http://www.infostat.com.ar

Farahani, H. J., 2007. Estabilidad temporal de la conductividad eléctrica aparente del suelo en ambientes agrícolas. Soil Science Society of America Journal, 71(6), 1893-1901.

INTA, 2020. Estrategias para recuperar la producción en suelos salinos. INTA Informa https://intainforma.inta.gob.arestrategias-para-recuperar-la-produccion-en-suelos-salinos/

Rhoades, J. D., 1976. Efectos de la conductividad eléctrica de la fase líquida, contenido de agua y conductividad superficial en la conductividad eléctrica aparente del suelo. Soil Science Society of America Journal, 40(5), 651-655.

Serrano, J. P., 2010. Mapeo de la variabilidad del suelo y la pastura con un sensor de inducción electromagnética. Computers and Electronics in Agriculture, 73(1), 7-16.

INCREMENTO DE SALINIDAD DEL SUELO POR APLICACIÓN DE GUANO Y RIEGO POR GOTEO EN CIRUELO

Martinez, L. E.[1*]; H. Lázaro[1]

[1] INTA EEA Rama Caída. Vivero s/n Rama Caida. San Rafael, Mendoza.
* martinez.laura@inta.gob.ar

RESUMEN: La salinidad en los sistemas frutícolas de la región árida e irrigada del oasis sur de Mendoza es afectada por los diferentes manejos de suelo y riego. Una práctica común de fertilización es la aplicación de guano en la base la planta y debajo del pico de la manguera de riego por goteo, pero poco se sabe del efecto salino que produce en el perfil del suelo. El objetivo de este trabajo es evaluar la cantidad y calidad de las sales dentro y fuera del bulbo mojado de riego. Para ello, en una parcela demostrativa de portainjertos de ciruelo de INTA EEA Rama Caída ubicado en San Rafael, Mendoza, se seleccionaron 6 parcelas experimentales con plantas que presentaron portainjerto Mariana GF8.1 y variedad D'Agen707. El manejo de suelo es labranza cero y riego por goteo. En un diseño completo al azar se evaluó el tratamiento con aplicación de guano y testigo (sin guano). El guano fue cama de pollo, la dosis y momento de aplicación fue de 8.3 Mg/ha (10kg por planta) y a principios de primavera. A 30 días de la aplicación de guano, se extrajo una muestra de suelo, a una profundidad de 0-30cm, y en dos posiciones, en la hilera e interfilar de cada parcela. En cada muestra se determinó textura por volumen de sedimentación, conductividad eléctrica en extracto de saturación (ES), pH en pasta, cloruro, sodio, calcio, magnesio soluble ES y relación adsorción sodio. Los datos se analizaron mediante un análisis de la varianza por tratamiento de aplicación de aplicación de guano, y por otro lado se agregó la ubicación del muestreo. Entre los resultados, se detectó el incremento de la conductividad eléctrica en ES, el contenido de calcio, magnesio en ES en las parcelas que habían recibido guano. Pero lo más importante es que no hubo diferencias significativas en los contenidos de cloruros y sodio en ES. Complementariamente, y a pesar de no encontrar diferencias significativas, hay una tendencia a incrementar la conductividad eléctrica del suelo hacia el interfilar del monte de ciruelo. Esta situación podría resultar frente a una lluvia torrencial pudiendo provocar salinización en el bulbo mojado del riego y generar un estrés grave según el momento fenológico de la planta. En conclusión, la aplicación de guano localizado cerca de la planta, y siendo un abono orgánico sin estabilizar, incrementa la salinidad de los suelos en la zona del bulbo de riego. Pero la calidad de esas sales no resultaría tóxica para la planta. Otro aspecto importante que desprende de este estudio exploratorio es la necesidad de monitorear la salinidad de los suelos, tanto en hilera como en el interfilar. Esto permitirá conocer y controlar el potencial problema de salinizar la zona rizosférica frente a un evento de lluvia abundante.

PALABRAS CLAVE: cama de pollo, cloruro, calcio

¿SE PUEDE DETECTAR SALINIDAD MEDIANTE IMÁGENES OBTENIDAS POR UN DRON CON CÁMARA RGB?

Martinez, L. E.[1*]; M. Vico[1]; P. Castro[1]

[1] INTA EEA Rama Caída. Vivero s/n Rama Caida, San Rafael, Mendoza.
* martinez.laura@inta.gob.ar

RESUMEN: Con el fin de incorporar tecnologías nuevas a la detección de variables de salinidad de suelos vitícolas, es que se evaluaron imágenes obtenidas por un dron con cámara RGB. Estas fotografías y su posterior procesamiento permiten realizar un reconocimiento del terreno y otorgar resultados relacionados al estado hídrico y nutricional relacionado al vigor de las plantas. El objetivo de este estudio fue evaluar si dichas imágenes pueden ser utilizadas para detectar salinidad del suelo. Para ello, se obtuvieron imágenes con un dron Parrot Anafi con cámara RGB, que permite detectar alto, medio y bajo vigor vegetal. Por un procesamiento en Pix4D Fields se diferenciaron sectores coloreadas por verde, amarillo y rojo según el vigor. Posteriormente, en cada sector coloreada del viñedo, se tomaron muestras de suelo a 0-30 y 30-60cm de profundidad en 45 viñedos de San Rafael y General Alvear. En laboratorio se determinó textura por volumen de sedimentación, conductividad eléctrica en extracto de saturación (ES), pH en pasta, cloruros, sodio y calcio+magnesio solubles en ES y relación adsorción sodio. Los datos se analizaron mediante un análisis de la varianza y gráfico de frecuencia relativa de las conductividades eléctricas según cada sector. Los resultados indicaron que no se observó diferencia significativa en las variables analizadas, pero en el análisis de frecuencia relativa se observó que el 83% de las muestras de suelos resultaron no salinas (CEes por debajo de 4 dS/m), pero el 17% de muestras salinas entre 4 y 8 dS/m correspondieron a sector malo (áreas rojas de la imagen). Además, se pudo detectar que la salinidad está relacionada positivamente con un incremento de cloruros y calcio+magnesio solubles en ES del suelo. En conclusión, aunque no se evidenció una relación lineal directa entre las imágenes de vigor y la salinidad del suelo, sí se observó una coincidencia entre las zonas de bajo vigor (sector rojo) y las áreas con mayor proporción de suelos salinos, lo que sugiere que las imágenes podrían estar reflejando indirectamente condiciones edáficas adversas. Por lo tanto, las imágenes obtenidas por dron con cámara RGB y procesamiento Pix4D Fields, si bien no constituye una herramienta precisa para detectar salinidad en plantas, sí mostraron concordancia con características vegetativas observadas en terreno, y podrían relacionarse con otras variables físicas edáficas como compactación, deficiencias nutricionales o hídricas. Estos resultados justifican profundizar el estudio para validar la utilidad de imágenes obtenidas con drones con cámara multiespectrales y procesamiento con software más específicos para correlacionar con variables fisicoquímicas del suelo.

PALABRAS CLAVE: vid, teledetección, conductividad eléctrica

EL MAGNESIO ATENÚA EL ESTRÉS SALINO EN LAS PLÁNTULAS DE ANACARDO

Medeiros-Sá, R. C. N.[1]; A. X. Oliveira[1]; J. P. Silva Júnior[1]; G. S. S. Rêgo[1]; F. V. S. Sá[1]

[1] Universidade Estadual da Paraíba, Brasil.
* rita.medeiros@aluno.uepb.edu.br

RESUMEN: El crecimiento del árbol de anacardo está restringido por la salinidad del agua de riego. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo evaluar las dosis de magnesio como atenuador del estrés salino en plántulas de anacardo. La investigación se desarrolló en un invernadero en la Universidad Estatal de Paraíba-UEPB, Campus IV, Catolé do Rocha-PB, Brasil. El diseño experimental utilizado fue un diseño de bloques al azar, en un esquema factorial 2 x 2 x 3, con cuatro réplicas cada uno. El primer factor consistió en dos clones de anacardo (CCP 76 y AT01), el segundo factor consistió en dos niveles de salinidad del suelo (1,0 y 4,0 dS m^{-1}) y el tercer factor consistió en tres dosis de magnesio aplicadas por vía foliar (0, 1 y 2 ml L^{-1}). Las plantas se cultivaron en bolsas plásticas con 2 dm^3 de Fluvic Neosol y a los 65 días se evaluaron la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de hojas, la fotosíntesis neta, la conductancia estomática, la transpiración y la materia seca total. La salinidad limitó el crecimiento de ambos clones de anacardo. El clon AT01 mostró un mejor crecimiento e intercambio gaseoso foliar que el clon CCP 76. La aplicación de magnesio foliar mitigó el efecto de la salinidad en el crecimiento de las plántulas de anacardo. Las mejores dosis fueron 1 y 2 mL L^{-1} de Mg para los clones CCP 76 y AT01, respectivamente.

PALABRAS CLAVE: *Anacardium occidentale* L., salinidad, fotosíntesis

EL MAGNESIO ATENÚA EL ESTRÉS SALINO EN PLÁNTULAS DE ANONA Y GUANÁBANA

Medeiros-Sá, R. C. N.[1]; M. M. X. Cavalcante[1]; D. S. Cavalcante[1]; P. C. A. Linhares[1]; F. V. S. Sá[1]

[1] Universidade Estadual da Paraíba, Brasil.
* rita.medeiros@aluno.uepb.edu.br

RESUMEN: El crecimiento de la guanábana (*Annona muricata* L.) y la anona (*Annona squamosa* L.) se ve afectado por la salinidad. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar las dosis de magnesio como atenuador del estrés salino en plántulas de anona y guanábana. La investigación se desarrolló en un invernadero de la Universidad Estatal de Paraíba-UEPB, Campus IV, Catolé do Rocha-PB, Brasil. El diseño experimental utilizado fue un diseño de bloques al azar, en un esquema factorial 2 x 2 x 3, con cuatro réplicas cada uno. El primer factor consistió en dos especies de Anonaceae (guanábana y anona), el segundo factor consistió en dos niveles de salinidad del suelo (1,0 y 4,0 dS m^{-1}) y el tercer factor consistió en tres dosis de magnesio aplicadas por vía foliar (0, 1 y 2 ml L^{-1}). Las plantas se cultivaron en bolsas de plástico con 2 dm^3 de Fluvic Neosol y, tras 80 días, se evaluaron su altura, diámetro del tallo, número de hojas y contenido de clorofila a, b y total. El crecimiento de la anona es más sensible que el de la guanábana en suelo salino (4,0 dS m^{-1}). La fertilización foliar con Mg en dosis de 1 y 2 ml L^{-1} mitiga el efecto del estrés salino sobre el contenido de clorofila de la guanábana y la anona, respectivamente.

PALABRAS CLAVE: *Annona muricata* L., *Annona squamosa* L., clorofila

LAVANDERÍAS COLECTIVAS Y AGROECOLÓGICAS EN EL SEMIÁRIDO BRASILEÑO: REUSO DEL AGUA, BENEFICIOS Y IMPACTOS EN EL SUELO

Moura, M. C. D[1*]; M. F. Neto[2]; N. S. Dias[2]

[1] Centro Feminista 08 de Março - R. Des. Dionísio Figueira, 519 - Centro, Mossoró - RN, 59610-090, Brasil.
[2] UFERSA - BR-110, Km 47, Bairro Presidente Costa e Silva, Mossoró - RN, 59625-900, Brasil.
* conceicao@email.com

RESUMEN: El proyecto Lavanderías Colectivas y Agroecológicas consiste en mujeres campesinas construyendo tecnologías sociales y prácticas sostenibles que se desarrolla en asentamientos y comunidades tradicionales del semiárido brasileño, donde se implementan lavanderías ecológicas de uso colectivo. Estas estructuras permiten el tratamiento y reutilización del agua gris en la irrigación de frutales y huertos gestionados principalmente por mujeres. El objetivo general del estudio fue evaluar los beneficios y posibles impactos del reúso de aguas residuales domésticas en sistemas agrícolas sostenibles, especialmente sobre la calidad del suelo. Se realizaron análisis de la calidad del agua tratada, así como mediciones de pH, conductividad eléctrica y sodio intercambiable en el suelo. También se aplicaron entrevistas semiestructuradas con familias usuarias para levantar percepciones sobre la produtividad y cambios en las dinámicas comunitarias. Los resultados indicaron que el reúso del agua disminuyó la presión sobre fuentes hídricas locales y favoreció la producción agrícola incluso en períodos de escasez hídrica, contribuyendo a la seguridad alimentaria, generación de ingresos y autonomía de mujeres rurales. No obstante, se identificaron riesgos como el aumento de la salinidad del suelo en áreas sin manejo adecuado de riego y drenaje, lo cual afectó la estructura del suelo y su capacidad de infiltración. Las experiencias que integraron prácticas agroecológicas como la rotación de cultivos, abonos verdes y materia orgánica lograron mitigar estos impactos, manteniendo la calidad del suelo dentro de límites aceptables. La salinización, común en regiones áridas y semiáridas, exige monitoreo continuo y estrategias adaptativas. Se concluye que, con apoyo técnico y políticas adecuadas, el reúso del agua a partir de lavanderías colectivas agroecológicas es una alternativa sostenible para las comunidades del semiárido brasileño.

PALABRAS CLAVE: manejo del suelo; agroecología; salinización del suelo

RIESGO DE SALINIZACIÓN O SODIFICACIÓN POR EL USO AGRONÓMICO DE EFLUENTES PORCINOS EN CÓRDOBA, ARGENTINA

Pegoraro, V.[1*]; N. Sosa[1]; D. Mathier[1]; M. Bragachini[1]; G. Vélez[1]; C. Lorenzon[1]; B. Conde[1]; P. Mazzini[1]; S. Miralles[2]; N. Crema[2]; A. Andreani[2]; M. Casalotti[2]; P. Cuello[2]; M. Inga[2]; M. Avendaño[2]; B. Merino[2]; J. Ferrari[3]; P. Castro[4]; V. Lenarduzzi[3]; E. López[3]

[1] INTA, Argentina.
[2] CEPROCOR, Argentina.
[3] Secretaría de Ambiente, Córdoba, Argentina.
[4] Secretaría de Ganadería, Córdoba, Argentina.
* pegoraro.vanesa@inta.gob.ar

RESUMEN: En América Latina, el uso agronómico de estiércoles animales es una práctica reciente. En Argentina, la provincia de Córdoba fue pionera en su regulación a través de la Resolución N.º 29/2017. En este contexto, el Proyecto Nacional IMPACTAR evaluó los efectos del uso de efluentes porcinos estabilizados sobre las propiedades del suelo. En el sur y sudeste de Córdoba, las aguas subterráneas presentan alta salinidad y se emplean en instalaciones porcinas, lo que, sumado al contenido salino de las dietas, incrementa la conductividad eléctrica y sodio en los efluentes. El estudio analizó agua subterránea, efluentes y suelos en 14 establecimientos, determinando variables químicas e índices de riesgo. Los resultados indicaron alta salinidad y sodicidad tanto en aguas como en efluentes, con una fuerte dependencia de la calidad del agua utilizada. El 86% de los efluentes podrían aplicarse con manejo adecuado, mientras que el 14% eran no aptos. Se encontraron correlaciones significativas entre parámetros del agua, efluentes y suelos, destacando el impacto del contenido de sodio y magnesio, así como la disminución del carbono orgánico del suelo. Se concluye que el monitoreo de la calidad del efluente y del suelo es clave para prevenir riesgos de salinización y sodificación, y garantizar la sustentabilidad agronómica.

PALABRAS CLAVE: purines, estiércol, conductividad eléctrica

INTRODUCCIÓN:

Aunque a nivel mundial los estiércoles animales se utilizan como fertilizantes en suelos agrícolas, en América Latina esta práctica es relativamente reciente (Herrero *et al.*, 2018). En Argentina, la provincia de Córdoba fue la primera en regular el uso agronómico de estiércoles animales (tanto líquidos como sólidos) mediante la Resolución N.º 29/2017, “Manejo y Aplicación Agronómica de Residuos Pecuarios”. En línea con esta iniciativa, el ex -MINCyT, financió el Proyecto Nacional “IMPACTAR N.º 119” para evaluar los efectos de la
aplicación de efluentes porcinos estabilizados en lagunas anaeróbicas sobre las propiedades del suelo en la Provincia de Córdoba.

Las aguas subterráneas en el sur y sudeste de la provincia de Córdoba (Argentina) se caracterizan por su alto contenido salino (Blarasin *et al.,* 2011) y se utilizan para el lavado de pisos en instalaciones de confinamiento animal. Además, en las granjas porcinas se incorpora sal a las dietas de los animales, lo que contribuye al alto nivel de conductividad eléctrica y alto contenido de sodio en los efluentes generados (Moral *et al*., 2008). Este estudio tuvo como objetivo en particular evaluar la calidad de las aguas subterráneas utilizadas para el lavado de las instalaciones y de los efluentes porcinos estabilizados en lagunas anaeróbicas en relación con el riesgo de salinización y sodificación del suelo cuando se utilizan con fines agronómicos en granjas porcinas.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Se recolectaron muestras de agua subterránea y de efluentes porcinos de lagunas anaeróbicas en 14 establecimientos de la provincia de Córdoba, Argentina. Además, se tomaron muestras de suelo (0–20 cm de profundidad) en zonas donde se aplicaron efluentes. Se determinaron variables químicas, incluyendo conductividad eléctrica (CE), sodio (Na), calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K). También

se calcularon el índice de adsorción de sodio (SAR) en el agua subterránea y los efluentes porcinos, y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI%) en el suelo. Se realizaron análisis de correlación y relaciones entre datos utilizando el software estadístico Infostat Profesional.



Figura 1. Muestreo de efluente porcino estabilizado en laguna anaeróbica.

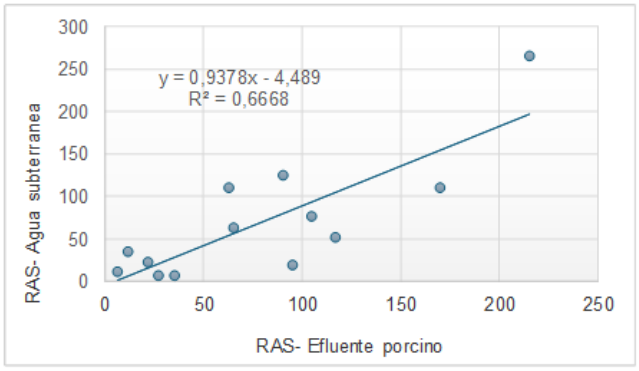


Figura 2. Relación entre el índice de relación de adsorción de sodio (RAS) del agua subterránea y el índice de relación de absorción de sodio (RAS) del efluente porcino.

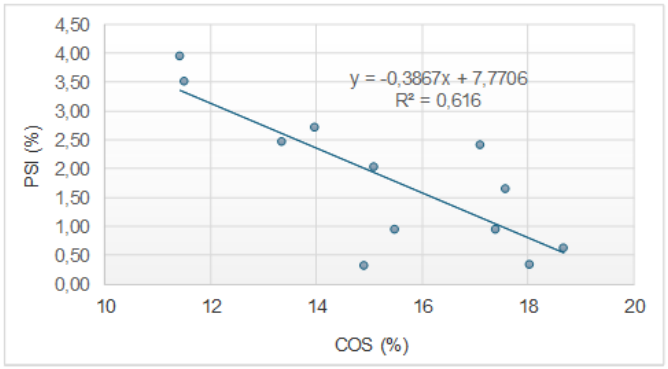


Figura 3. Relación entre el porcentaje de sodio intercambiable (PSI-%) y el contenido de carbono orgánico de suelo (COS-%) en situación de aplicación de efluente porcino.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Los resultados mostraron que el 43% de las muestras de agua presentaron una salinidad extrema, el 7% una salinidad muy alta, el 14% una salinidad alta y el 36% una salinidad media. Respecto al riesgo de sodificación, el 64% de las muestras presentó valores de RAS corregido superiores a 26, indicando un contenido muy alto de sodio; el 14% tenía niveles bajos, el 7% niveles medios y el 14% niveles altos. El análisis de los efluentes estabilizados reveló un alto riesgo de salinización en todas las muestras, con un 79% mostrando un contenido de sodio muy alto. Se identificaron correlaciones positivas significativas ($p<0.05$) entre el RAS de los efluentes y los parámetros del agua subterránea, así como entre la CE de los efluentes y el Na. Estos hallazgos indican que la calidad del efluente depende de la calidad del agua utilizada para el lavado de las instalaciones. Sin embargo, en algunas granjas se encontró agua subterránea de buena calidad, aunque su concentración salina aumentó luego de la estabilización. Aplicando el índice de Riverside, se determinó que el 86% de las granjas generaban efluentes que podrían utilizarse con precaución, mediante prácticas de manejo adecuadas (por ejemplo, lavado de sales, enmiendas químicas, siembra de cultivos tolerantes). El 14% restante producía efluentes no aptos para riego o de uso extremadamente restringido. Aunque estos índices no están específicamente diseñados para evaluar el uso agronómico de efluentes animales, brindan información valiosa sobre su calidad fisicoquímica y los riesgos asociados a su aplicación. Finalmente, al analizar la relación entre la calidad de los efluentes estabilizados y los suelos agrícolas que los reciben, se encontró una correlación positiva significativa entre el Mg en los efluentes y la CE en el suelo ($R = 0.54$; $p < 0.05$), así como una correlación negativa entre el carbono orgánico del suelo y K, Na y PSI-% ($R = -0.59, -0.53, -0.56$; $p < 0.05$). Estos resultados podrían atribuirse a una mayor mineralización de la materia orgánica inducida por una mayor actividad microbiana, estimulada por el aporte de nutrientes presentes en los efluentes. Además, en estudios posteriores en algunos de los sitios de muestreos, no se observaron efectos negativos sobre la calidad física del suelo, sino incluso un incremento en la estabilidad de agregados como resultado de la aplicación de efluentes (datos no mostrados).

Tabla 1. Clasificación del riesgo de salinización y sodificación de las aguas subterráneas utilizadas para el lavado de los pisos de las instalaciones de encierre de los animales.

Aguas (n)	Riesgo salinización		Riesgo de sodificación		Riesgo de sodificación corregida	
	CE (us/cm)	Clase	RAS	Clase RAS	RAScorr	Clase RAScorr
1	2620	4	49,18	S4	54,92	S4
2	14300	6	110,28	S4	123,04	S4
3	20500	6	110,60	S4	123,39	S4
4	23000	6	124,69	S4	139,11	S4
5	1960	3	18,83	S3	21,08	S3
6	1800	3	22,60	S3	25,28	S3
7	4800	5	52,23	S4	58,32	S4
8	8400	6	62,44	S4	69,70	S4
9	900	3	6,46	S1	7,28	S1
10	1100	3	6,69	S1	7,54	S1
11	3500	4	34,72	S4	38,79	S4
12	58000	6	265,18	S4	295,76	S4
13	6685	6	75,95	S5	84,76	S4
14	876	3	11,08	S6	12,43	S2

Tabla 2. Clasificación del riesgo de salinización y sodificación de los efluentes porcinos estabilizados en lagunas anaeróbicas utilizadas para el uso agronómico de cultivos agrícolas.

Efluentes Lagunas (n)	Riesgo salinización		Riesgo de sodificación		Riesgo de sodificación corregida	
	CE (us/cm)	Clase	RAS	Clase RAS	RAScorr	Clase RAScorr
1	14070	6	30,95	S3	34,59	S4
2	38900	6	62,93	S4	70,25	S4
3	91850	6	169,82	S4	189,42	S4
4	52030	6	90,58	S4	101,07	S4
5	27000	6	95,35	S4	106,39	S4
6	16200	6	21,79	S2	24,38	S3
7	30300	6	116,92	S4	130,45	S4
8	25200	6	65,35	S4	72,94	S4
9	23400	6	35,58	S3	39,75	S4
10	17400	6	27,31	S3	30,53	S4
11	11600	6	11,89	S1	13,34	S2
12	37200	6	215,07	S4	239,89	S4
13	20000	6	104,75	S5	116,88	S4
14	24600	6	6,47	S6	7,29	S1

CONCLUSIONES:

El monitoreo de los indicadores e índices de riesgo de salinidad y sodicidad tanto en los efluentes porcinos como en los suelos agrícolas que los reciben es muy importante. Esto permitirá implementar prácticas preventivas y correctivas para evitar el deterioro de la calidad del suelo, lo que podría afectar la productividad y el ambiente.

AGRADECIMIENTOS:

Financiado por el Proyecto IMPACTAR N.º 119, Ministerio de Innovación, Ciencia y Tecnología de la Nación (MINCyT-Argentina).

BIBLIOGRAFÍA:

Blarasin, M., Cabrera, A., & Matteoda, E. 2014. Aguas subterráneas de la provincia de Córdoba. UniRío. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina.

Herrero, M. A., Palhares, J. C., Salazar, F. J., Charlón, V., Tieri, M. P., & Pereyra, A. M. 2018. Dairy manure management perceptions and needs in South American countries. Frontiers in Sustainable Food Systems, 2, 22.

Moral, R., Perez-Murcia, M. D., Perez-Espinosa, A., Moreno-Caselles, J., Paredes, C., & Rufete, B. 2008. Salinity, organic content, micronutrients and heavy metals in pig slurries from South-eastern Spain. Waste management, 28(2), 367-371.

SULFATO DE CALCIO PARA REMEDIAR SALINIDAD EN SUELO CON APLICACIÓN PROLONGADA DE EFLUENTES PORCINOS

Pegoraro, V. R.[1*]; M. B. Aimetta[1]; C. Lorenzon[1]; J. Ortiz[1]; T. Baigorria[1]; O. Gudelj[1]; G. Vélez[1]; J. Santi[3]; D. Giordano[3]; V. Gentiletti[2]

[1] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Marcos Juárez, Ruta Provincial N° 12, km 36, (2580), Córdoba.
[2] Asesor Privado.
[3] Establecimiento porcino INNOPOR S.A.
* pegoraro.vanesa@inta.gob.ar

RESUMEN: Los efluentes porcinos utilizados con fines agronómicos en el sur y sudeste de Córdoba (Argentina), se caracterizan por presentar alto contenido de sales, debido al agua utilizada para el lavado de las instalaciones. En efecto los suelos agrícolas que reciben efluentes, en el mediano plazo comienzan a elevar los contenidos de sales, con posibles consecuencias en la calidad edáfica. Por tal motivo, se evaluó el uso de sulfato de calcio (yeso agrícola) como enmienda química para remediar estos efectos. En un establecimiento de producción porcina con aplicaciones consecutivas de efluentes durante cuatro años, se realizó un ensayo experimental donde se evaluó: T1: control absoluto (sin efluente ni yeso), T2: efluente porcino, T3: efluente porcino + 240 kg ha^{-1} yeso, y T4: efluente porcino + 2000 kg ha^{-1} yeso. La aplicación fue en pre-siembra del cultivo de maíz. La dosis promedio de efluente porcino fue de 12 a 15 mm ha^{-1}. año, según necesidades de N. La situación control solo recibió fertilización nitrogenada (300 kg ha^{-1} UREA), y todos los tratamientos recibieron 100 kg ha-1 de Microessentials SZ (12-40-0-10S-1Zn). Las dosis de yeso se determinaron en función del porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del suelo, para reducir del 9 al 5%, en cinco años (240 kg ha^{-1}), y para reducir del 9 al 1% en un año (2000 kg ha^{-1}). Se cosecho el cultivo de maíz con monitor de rendimiento. Luego, se realizaron muestreos de suelo en 0-10, 0-20, 20-40 y 40-60 cm para determinar indicadores microbiológicos, químicos y físicos de suelo. Se observó que las aplicaciones de efluente porcino incrementaron las concentraciones de sodio (Na) y PSI en el área bajo uso agronómico dentro del pívot, en comparación con el control. La aplicación de yeso en suelos con efluentes (T3 y T4), evidenció una disminución del PSI respecto al tratamiento sin yeso (T2), reduciendo los valores de 7,92% a 6,33% y 5,77%, respectivamente. El T1 presentó un PSI de 1,61 %. Adicionalmente, T4 produjo un aumento en la concentración de azufre en el suelo, atribuible al aporte del yeso. A su vez, T1 presentó mayor contenido de Mg, K y CIC, en relación con los demás tratamientos con efluentes y yeso ($p<0,05$). En cuanto a las variables microbiológicas no se evidenciaron cambios significativos. A su vez, se observó que la estabilidad de agregados mejoró significativamente con el agregado de efluente y yeso, en relación con la situación control. En el rendimiento de maíz se observó la siguiente tendencia T1>T2=T3. El T4 no se pudo evaluar debido a un problema experimental. Estos resultados confirman la eficacia de las enmiendas cálcicas en la remediación de la sodicidad, mediante el reemplazo de Na por Ca en los sitios de intercambio del complejo coloidal. La disminución de Ca y Mg podría atribuirse a su desplazamiento por Na y Ca, lo que reduciría su retención en el complejo de intercambio y aumentaría su susceptibilidad a pérdidas por lixiviación. Finalmente, la aparente disminución de la CIC podría estar relacionada con la presencia de Na ocupando sitios de intercambio, lo cual podría subestimar el valor real de la CIC al momento de la medición.

PALABRAS CLAVE: yeso agrícola, sodio

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE *ONOBRYCHIS VICIIFOLIA* EN SUELOS LIMITANTES DE UN ESTABLECIMIENTO MIXTO DEL PARTIDO DE ADOLFO ALSINA

Pezzutti, N.[1-2*]; E. Lageyre[1-2]; E. de Sá Pereira[1-3]; G. Arroquy[1-3]

[1] INTA Estación Experimental Cesáreo Naredo.
[2] Agencia de Extensión Rural Carhué.
[3] Agencia de Extensión Rural Coronel Suárez, Belgrano 1154 - C.P. 6430.
* pezzutti.noelia@inta.gob.ar

RESUMEN: El Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) es una leguminosa forrajera perenne originaria de Europa y Asia central, que ha despertado interés en sistemas ganaderos por su buen valor nutritivo, su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y su aporte a la biodiversidad de las pasturas. El sainfoin es una leguminosa perenne conocida por su alta tolerancia a ambientes bajos y desafiantes, como sequías y heladas. Su capacidad para prosperar en estas condiciones lo convierte en una forrajera valiosa, especialmente en regiones con suelos pobres o con limitaciones de agua. El presente ensayo se llevó a cabo en el establecimiento "El Chajá", ubicado en el partido de Adolfo Alsina, sobre un suelo Haplustol típico, complejo Puan 1, de capacidad de uso IIIsw. Se seleccionó un lote de 2,5 ha en el borde de una laguna, caracterizando tres ambientes según la profundidad efectiva del suelo: Bajo (>1 m), Media loma (0,60 m) y Loma (0,25 m). Previo a la siembra (27/04/2024), se tomaron muestras de suelo para analizar fósforo extractable, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica (CE), capacidad de intercambio catiónico (CIC), % de sodio intercambiable (PSI), sodio, contenido de agua total (AT) determinado en dos momentos (siembra y floración) y resistencia a la penetración (RP). La fecha de siembra fue el 27 de abril de 2024. Se realizó conteo de plantas y la evaluación de la producción de forraje acumulado, mediante cortes de 1 m² en macro-parcelas por ambiente, secadas en estufa para el cálculo de materia seca (MS). Se evaluó la producción de materia seca (kg MS ha^{-1}) en los tres ambientes. En la siembra, el contenido de agua en el suelo fue de 255 mm en el bajo, 170 mm en media loma y 62 mm en la loma. En floración, los valores descendieron a 88, 42 y 10 mm, respectivamente. La densidad de plantas emergidas fue de 32, 48 y 31 plantas/m² en bajo, media loma y loma, respectivamente. La producción de forraje se evaluó mediante corte, determinando la materia seca por hectárea (MS ha^{-1}) en cada ambiente. Los rendimientos promedios fueron de 1921, 2245 y 3736 kg MS ha^{-1}, siendo la loma, el ambiente más restrictivo, el de mayor producción. Este resultado destaca la adaptación del sainfoin a suelos someros, pobres y con baja disponibilidad hídrica. En cuanto a la salinidad, la especie mostró tolerancia a suelos con pH > 8, PSI entre 8 y 10 %, y CE entre 0,20–0,29 dS/m. Se detectaron capas de mayor resistencia a la penetración (1,8 a 2,5 MPa) entre 15 y 20 cm de profundidad en el bajo y la media loma, posiblemente asociadas a altos niveles de sodio. Estas características físicas y químicas podrían explicar el menor rendimiento en esos ambientes.
El sainfoin evidenció una buena implantación, plasticidad frente al estrés hídrico y una respuesta productiva destacada en condiciones restrictivas. Esta experiencia aporta información valiosa para fomentar su adopción como recurso forrajero alternativo en zonas con suelos limitantes del sudoeste bonaerense.

PALABRAS CLAVE: forraje, leguminosa, agua, salinidad

EL SILICIO ATENÚA EL ESTRÉS SALINO EN LAS PLÁNTULAS DE ANACARDO

Sá, F. V. S.[1]; A. S. Lima[1]; L. C. S. Barbosa[1]; G. S. S. Rêgo[1]; A. A. Silva[1]

[1] Universidade Estadual da Paraíba.
* vanies@servidor.uepb.edu.br

RESUMEN: El árbol de anacardo es originario del este de Brasil y pertenece a la familia Anacardiaceae. Sin embargo, el cultivo tiene su crecimiento inicial reducido por la salinidad. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el silicio como un atenuador del estrés salino en plántulas de anacardo. El experimento se desarrollará en un invernadero en la Universidad Estatal de Paraíba - UEPB, Campus IV, Catolé do Rocha-PB, Brasil. El diseño utilizado en la investigación fue bloques aleatorios. Dos clones de anacardo (C1 - CCP 76 y C2 - AT01) fueron probados y sometidos a cinco tratamientos, a saber: T1 - suelo con 1,0 dS m^{-1} (Control); T2 - suelo con 4,0 dS m^{-1}; T3 - suelo con 4,0 dS m^{-1} + 3,5 g de $CaSiO_3$ (vía suelo); T4 - suelo con 4,0 dS m^{-1} + 2,2 mL L^{-1} de K_2SiO_3 (vía foliar); y T5 – suelo con 4,0 dS m^{-1} + 3,5 g de $CaSiO_3$ (vía suelo) + 2,2 mL L^{-1} de K_2SiO_3 (vía foliar). Las plantas se cultivaron en bolsas plásticas con 2 dm^3 de Fluvic Neosol y a los 65 días se evaluó la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de hojas, la fotosíntesis neta, la conductancia estomática, la transpiración y la materia seca total. La alta salinidad redujo el crecimiento y el intercambio de gases de ambos clones de anacardo, siendo AT01 más tolerante a la salinidad que CCP 76. La aplicación de silicato de calcio vía suelo y la aplicación conjunta de silicato de calcio y silicato de potasio mitigaron el estrés salino en el crecimiento y el intercambio de gases foliar de los árboles de anacardo. La aplicación de 3,5 g de silicato de calcio vía suelo es viable para mitigar el estrés salino en árboles de anacardo.

PALABRAS CLAVE: *Anacardium occidentale* L., salinidad, crecimiento

FORMAS DE APLICACIÓN DEL SILICIO EN VARIEDADES TRADICIONALES DE CAÚPI CULTIVADAS EN SUELOS SALINOS

Sá, F. V. S.[1]; F. C. Oliveira[2]; A. S. Santos[2]; T. D. C. Peixoto[3]; M. Ferreira Neto[2]

[1] Universidade Estadual da Paraíba.
[2] Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
[3] Universidade Estadual Vale do Acaraú.
* vanies@servidor.uepb.edu.br

RESUMEN: El caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), ampliamente cultivado en regiones tropicales y subtropicales, es un cultivo de gran relevancia socioeconómica, especialmente para los pequeños agricultores del nordeste brasileño. El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de la fertilización con silicio, en forma de silicatos de calcio y potasio, en la aclimatación de razas criollas de caupí sometidas a estrés salino. Se analizaron los efectos de la aplicación sobre el crecimiento, los parámetros fisiológicos y la productividad de las variedades. El experimento se llevó a cabo en un invernadero, en el campus este de la Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), en la ciudad de Mossoró-RN, Brasil. La investigación se realizó en un diseño de bloques al azar, en un esquema factorial 5x5, con cuatro réplicas. Se evaluaron cinco razas criollas de caupí: Pingo de Ouro, Costela de Vaca, Paulistinha, Sempre verde y Ceará sometidas a cinco tratamientos: T1 - suelo no salino (control); T2 – suelo salino con 6,0 dS m^{-1}; T3 – suelo salino + 1,3 g $planta^{-1}$ de Si (vía suelo), en forma de $CaSiO_3$; T4 – suelo salino + 0,15 g L^{-1} de Si (vía foliar), en forma de K_2SiO_3; y T5 – suelo salino con la combinación de los tratamientos T3 y T4. La aplicación foliar de silicato de calcio mostró resultados prometedores para la producción por planta en las variedades Paulistinha y Sempre verde bajo estrés salino. La aplicación combinada de silicatos atenuó parcialmente los efectos adversos de la salinidad en el número de vainas por planta y la producción por planta en la variedad Ceará. La aplicación foliar de silicato de potasio atenuó los efectos de la salinidad en la clorofila b en la variedad Paulistinha. El uso de silicatos, independientemente del método de aplicación, redujo los efectos adversos de la salinidad sobre la tasa de asimilación de CO_2.

PALABRAS CLAVE: salinidad, fotosíntesis, clorofila

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

Silva, J. L. A.[1]; D. D. da Silva[2]; J. F. de Medeiros[1]; A. R. C da Costa[1]; N. S. Dias[1*]; L. A. Mendonça[1]; M. A. Moreno-Pizani[3]

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

RESUMEN: 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 agua dulce (S0, con conductividad eléctrica de 0,6 dS m^{-1}) y agua salina (S1, con conductividad eléctrica de 4,5 dS m^{-1}), según cinco estrategias distintas. Estas estrategias fueron comparadas con la estrategia de control empleada 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

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE SALINIZACIÓN A TRAVÉS DE MAPEO DIGITAL DE SUELOS EN EL OASIS NORTE DE MENDOZA

Vallone, R.[1*]; M. L. Flores Cáceres[1]

[1] Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Almirante Brown 500, Luján de Cuyo, Mendoza.
* rovall@fca.uncu.edu.ar

RESUMEN: En regiones áridas y semiáridas, la salinización de los suelos se presenta como una amenaza creciente para una agricultura sostenible. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la utilidad del mapeo digital de suelos como herramienta para diagnosticar y monitorear el riesgo potencial de acumulación de sales en zonas agrícolas bajo riego. El Oasis Norte de Mendoza, formado por los ríos Mendoza y Tunuyán, alberga a la mayor parte de la población de la provincia y presenta una gran heterogeneidad geomorfológica y edáfica. En el presente trabajo se analizaron propiedades físico-químicas de perfiles de suelo representativos del oasis, relacionadas con la acumulación de sales: conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEes), Relación de Adsorción de Sodio (RAS), pH pasta, contenido de yeso total, entre otras. A través de mapeo digital de suelos se elaboraron mapas temáticos de las variables edáficas de interés. Paralelamente, a partir del Modelo Digital de Elevación (SRTM: Shuttle Radar Topography Mission), se calcularon 9 índices morfométricos: pendiente, aspecto, curvatura, convergencia, longitud de la pendiente (factor L-S), índice de humedad topográfica, índice de multiresolución de fondo de valle, distancia vertical a la red de drenaje y acumulación de flujo superficial. Los resultados señalan que los sectores de mayor acumulación de sales se localizan en zonas más bajas del este y noreste de la cuenca, donde se combinan una baja pendiente (<1%), valores altos del índice de humedad topográfico, cercanía al nivel freático y suelos con capas subsuperficiales de textura fina o capas limo-arcillosas intercaladas. La CEes superó los 4 $dS.m^{-1}$ en muchos de los perfiles analizados, mientras que el RAS alcanzó valores críticos (>15) en zonas de escurrimiento lento y pobremente drenadas. El índice de pendiente, el de humedad topográfica y el de distancia vertical a la red de drenaje se destacan como variables geomorfométricas predictivas útiles para identificar zonas susceptibles de salinización secundaria. Los resultados evidencian que ciertos rasgos topográficos y físico-químicos del suelo condicionan la dinámica del agua y la acumulación de sales en el perfil, lo que demuestra el valor predictivo del enfoque geomático para el monitoreo del deterioro del suelo. En conclusión, es posible la elaboración de mapas de riesgo potencial de salinización enfocados en la gestión del recurso suelo, la planificación de prácticas de manejo del riego, y la delimitación de zonas prioritarias para monitoreo y restauración.

PALABRAS CLAVE: degradación química, sensores remotos, geomorfometría

EFECTO DE LAS VARIABLES EDAFOCLIMÁTICAS SOBRE LA FIJACIÓN BIOLÓGICA DE NITRÓGENO PARA DIFERENTES LEGUMINOSAS

Vela, F.[1]; M. B. Conde[2]; N. A. Bertram[3-4*]

[1] Actividad privada.
[2] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Marcos Juárez.
[3] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Balcarce, Ruta 226 Km 73,5 (CP7260), Buenos Aires, Argentina.
[4] Universidad Nacional de Rosario (UNR).
* bertram.nicolas@inta.gob.ar

RESUMEN: La fijación biológica de nitrógeno (FBN) es esencial para la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios. Este trabajo analizó el efecto de variables edafoclimáticas sobre la FBN en 17 leguminosas herbáceas (12 anuales, 5 perennes), utilizando datos de 80 estudios de campo (1930–2021) en 24 países. Los análisis de regresión lineal simple mostraron que la FBN se relacionó positivamente con la precipitación del período de crecimiento (PPp, $p< 0,01$) y negativamente con la temperatura media del período (TMp) y el carbono orgánico (CO) ($p< 0,05$). No se hallaron asociaciones significativas con el pH, la materia orgánica o la precipitación anual. Al analizar por especie, se observaron respuestas contrastantes: ej. Trifolium repens redujo su FBN con mayores temperaturas, mientras que vicia villosa la incrementó. Un modelo multivariado que incluyó %N del suelo, TMp y PPp explicó el 80% de la variabilidad de la FBN ($R^2 = 0,80$, $p< 0,01$), siendo las leguminosas perennes las mejor ajustadas en donde también el pH afecta significativamente a la FBN, no ocurriendo lo mismo en las especies anuales analizadas. Estos resultados destacan la importancia de considerar múltiples factores ambientales para predecir la FBN.

PALABRAS CLAVE: forrajeras, nitrógeno, pH, temperatura, precipitaciones

INTRODUCCIÓN:

Las pasturas y pastizales cubren aproximadamente una cuarta parte de la superficie terrestre (Ojima *et al.*, 1993) y satisfacen mayormente las necesidades de alimento de los rumiantes en las regiones templadas (Hopkins y Wilkins, 2006), el nitrógeno (N) es uno de los elementos determinantes de su crecimiento (Echeverría y Sainz Rozas, 2014). Adicionalmente, el N es el elemento más abundante de la atmósfera, representando el 79% del volumen total, este se encuentra en forma de diatómica (N2), estado en el cual no está disponible para el crecimiento vegetal. Asimismo, este nutriente condiciona en gran medida el crecimiento de las plantas, siendo frecuentemente limitante (Castle y Reid, 1963). Si bien la mayoría de las plantas dependen de la absorción de N del suelo para satisfacer sus necesidades, ciertas especies, sobre todo las leguminosas, son capaces de fijar N a través de una relación simbiótica con rizobios (Carranca, 2013). La FBN es un proceso biológico que involucra a dos organismos en una asociación sujeta a influencias ambientales bióticas y abióticas. Estos últimos pueden separarse entre aquellos asociados al clima como la temperatura y el agua (Sprent y gallacher, 1976; García *et al.,* 1990; Sadowsky, 2005; Unkovich, 2012) y los asociados al suelo como el pH, las sales o los nutrientes (Munns, 1965b; Streeter y Wong, 1988; Graham *et al*., 1994; Unkovich *et al.,* 1996; Anthraper y DuBois, 2003; Díaz Zorita y Melgar, 2008; Ledgard *et al*., 2009; Divito y Sadras, 2014).Así, el objetivo del presente trabajo fue determinar y cuantificar la relación entre las variables edafoclimáticas y la FBN de diferentes leguminosas herbáceas.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Se realizó una búsqueda bibliográfica basada en trabajos referidos a la FBN de leguminosas en los sistemas ganaderos de todo el mundo. Se hallaron, seleccionaron y analizaron más de 80 artículos publicados entre los años 1930 y 2021, correspondientes a 24 países y cuatro continentes, que abarcan una amplia gama de suelos, condiciones climáticas, especies, etc. Los estudios seleccionados debían incluir experimentos de campo que reportaran: (1) biomasa aérea acumulada (kg MS ha^{-1}), (2) contenido

de N aéreo total, y (3) valores de FBN (%Ndfa o kg N fijo ha^{-1}). Adicionalmente, se registraron variables opcionales como tipo de suelo, precipitación, y método de medición.
Se realizaron ecuaciones a partir de diferentes variables edafoclimáticas como, precipitación anual (PPa) y del periodo de estudio (PPp), temperatura media anual (TMa) y del periodo de estudio (TMp), materia orgánica (MO), pH, nitrógeno de suelo (Ns) y carbono orgánico (CO), para determinar la relación y el ajuste con la FBN para diferentes leguminosas herbáceas. Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:
Dentro de las variables edafoclimáticas seleccionadas, ninguna de ellas por si sola se ajustó a la FBN de las leguminosas herbáceas en general, dada la variabilidad de los datos, el intervalo de confianza es amplio y los R^2 fueron bajos. Sin embargo, se encontraron asociaciones significativas entre la precipitación del periodo (PPp) y la FBN hallando una relación positiva y entre la temperatura media del periodo (TMp), el carbono orgánico (CO) y la FBN, presentando relaciones negativas. Mientras que no se hallaron diferencias en las relaciones de la FBN con las precipitaciones anuales (PPa), temperatura anual (TMa), pH y materia orgánica (MO) (Tabla 1).

Tabla 1. Regresiones lineales simples entre las variables edafoclimáticas simples y la FBN de diferentes leguminosas herbáceas.

Variable	Ecuación	R^2	FBN ($kg.ha^{-1}$) Min		Max		N	p valor
PPa	Y=-0,03x + 145,8	0,008	13,8	(1152)	483,3	(813)	112	ns
PPp	Y= 0,06x + 59,2	0,041	2,3	(160)	391,7	(483)	151	**
TMa	Y=-0,28x + 115,5	0,001	30	(9,5)	350,0	(13,0)	65	ns
TMp	Y=-2,03x + 106,3	0,040	1,5	(6,5)	242,4	(13,7)	80	**
MO (%)	Y=-0,53x + 148,2	0,001	15,9	(2,8)	351,3	(2,3)	17	ns
pH	Y= 16,43x + 4,4	0,076	12,9	(4,2)	323,8	(6,1)	35	ns
CO (%)	Y=-12,7x + 124,9	0,184	27,9	(3,5)	296,7	(0,5)	16	**

Coeficientes de determinación (R^2), rangos de FBN mínimo y máximo (Kg N ha^{-1}), los valores presentados entre paréntesis representan las precipitaciones, temperaturas, MO, pH y CO, tamaño de muestra (n) y significancia estadística (*para p<0,05, **para p<0,01, y ns para p>0,05). Abreviaturas: PPa-precipitación anual; PPp-precipitación del periodo; TMa-temperatura media anual; TMp-temperatura media del periodo; MO-Porcentaje de materia orgánica; pH y CO-Porcentaje de carbono orgánico.

Es necesario recordar que este análisis incluyó a un conjunto de 17 leguminosas herbáceas, anuales (12) y perennes (5), pudiendo ello conspirar con la obtención de un mejor ajuste. Este hecho se corrobora cuando se realizan regresiones lineales por especie para la temperatura y precipitación del periodo en función de la FBN, los ajustes mejoran para algunos casos, en donde se encuentran respuestas significativas (Tabla 2), entendiendo lo importante del efecto de la temperatura y la precipitación y su especificidad con las forrajeras sobre el proceso de fijación simbiótica de N (Unkovich *et al.*, 2010).
Así, se pudo observar cómo en algunas especies frente a incrementos en la temperatura tienen un efecto negativo respecto de la FBN (*Vicia villosa* y lupino), mientras que en otras se da un efecto contrario (trébol blanco y encarnado), lo mismo pasa con el agua o las precipitaciones, en donde el caso de *Lotus tenuis* presentó una relación inversa entre los valores de PPp y la FBN, contrariamente al resto de las leguminosas en donde se halló un efecto significativo.
Se observó que la FBN no puede predecirse mediante una única variable edafoclimática. Esto haría suponer que la respuesta de la FBN frente a los factores ambientales es multicausal, por lo que se recurrió a diseñar un modelo multivariado en donde un conjunto de variables ambientales y edáficas permita explicar mejor el comportamiento de la FBN tanto para las especies en general, anuales y perennes (Tabla 3).
Observando, que variables climáticas como las temperaturas medias y las precipitaciones, así como edáficas en el caso del N en el suelo y el pH generan un mejor ajuste respecto de las FBN para las leguminosas en general (R^2=0,80) como también para las anuales (R^2=0,43) y perennes (R^2=0,76). Siendo las leguminosas anuales las que menor ajuste presentan, posiblemente por su estabilidad radicular y adaptación a largo plazo.

Tabla 2. Regresiones lineales simples entre la temperatura media y precipitaciones del periodo y la FBN de diferentes leguminosas herbáceas.

Temperatura media del periodo (TMp)								
Especie	**Ecuación**	**R^2**	**FBN ($kg.ha^{-1}$) Min**		**Max**		**N**	**p valor**
Vicia villosa	Y= 2,11x + 71,4	0,20	18,0	*1,0*	148,5	*12,5*	80	**
Lupinus sp	Y= 1,43x + 20,2	0,81	28,3	*12,5*	57,0	*25,0*	24	**
Trifolium repens	Y=-2,50x + 126,3	0,05	13,7	*20,7*	242,4	*13,7*	275	**
Trebol incarnatum	Y=-1,51x + 99,6	0,24	42,0	*24,5*	123,9	*12,5*	40	**
Precipitaciones del periodo (PPp)								
Especie	**Ecuación**	**R^2**	**FBN ($kg.ha^{-1}$) Min**		**Max**		**N**	**p valor**
Vicia villosa	Y= 0,07x + 59,3	0,22	29,3	*243*	152,3	*892*	80	**
Lupinus sp	Y= 2,91x – 815,4	0,94	21,0	*739*	57,0	*845*	24	**
Lotus tenuis	Y=-0,43x + 169,7	0,53	15,6	*236*	146,5	*132*	5	**
Trifolium repens	Y= 0,19x + 29,1	0,13	7,0	*160*	483,3	*394*	167	**
Trifolium pratense	Y= 0,11x + 27,9	0,16	1,0	*160*	200,0	*160*	119	**

Coeficientes de determinación (R^2), rangos de FBN mínimo y máximo (Kg N ha^{-1}), los valores presentados en cursiva representan las precipitaciones, temperaturas, MO, pH y CO, tamaño de muestra (n) y significancia estadística (*para p<0,05, **para p<0,01, y ns para p>0,05). Abreviaturas: PPp-precipitación del periodo; TMp-temperatura media del periodo.

Tabla 3. Regresiones múltiples entre las variables edafoclimáticas y la FBN de diferentes leguminosas herbáceas (anuales y perennes).

Especies	**Ecuación**	**R^2**	**n**	**p valor**
General	FBN=-60,1+64,2 (%Ns)+7,9 (TMp)	0,80	41	**
Perennes	FBN=-187,5+56,6 (%Ns)+33,3 (pH)+3,2 (TMp)+0,12 (PPp)-0,14 (PPa)+8,2 (TMa)	0,76	110	*
Anuales	FBN=77,3-98 (%Ns)+0,03 (PPp)	0,43	39	*

Coeficientes de determinación (R^2), tamaño de muestra (n) y significancia estadística (*para p<0,05, **para p<0,01, y ns para p>0,05). Abreviaturas: PPa-precipitación anual; PPp-precipitación del periodo; TMa-temperatura media anual; TMp-temperatura media del periodo; MO-Porcentaje de materia orgánica; pH y CO-Porcentaje de carbono orgánico.

Así resulta interesante ver como variables como el pH en un análisis general de todos los trabajos revisados no mostro explicar demasiado sobre la FBN (Tabla 1), sin embargo cuando se hace un análisis particular de las leguminosas perennes es una variable de peso significativo en la FBN (Tabla 3), esto pudo deberse a que en general las leguminosas perennes suelen ocupar ambientes con mayor número de restricciones o que al permanecer más tiempo en el campo, pasan por diferentes situaciones restrictivas que pueden asociarse a los valores de pH.

CONCLUSIONES:

Ninguna variable por sí sola predijo eficientemente la FBN, sin embargo, el modelo multivariado que combinó variables climáticas (precipitación, temperatura) y edáficas (N del suelo, pH) explicando hasta el 80% de la variabilidad para leguminosas en general, destacando la importancia de enfoques holísticos. Adicionalmente, las leguminosas perennes mostraron mejor ajuste al modelo que las anuales, mostrando que variables edáficas como el pH afectaron significativamente la FBN.

BIBLIOGRAFÍA:

Anthraper, A. y DuBois, J.D. 2003. The effect of NaCl on growth, N2 fixation (acetylene reduction), and percentage total nitrogen in *Leucaena leucocephala* (Leguminosae) var. K-8. American Journal of Botany, 90: 638-692.

Carranca, C. (2013). Legumes: properties and symbiosis. In A. H. Camisão & C. C. Pedroso (Eds.), Symbiosis: evolution, biology and ecological effects (pp. 1–25). Nova Science Publishers. ISBN 978-1-62257-211-3.

Castle, M. & Reid, D. (1963). Nitrogen and herbage production. Grass Forage Science, 18(1), 1–6.

Díaz Zorita, M. & Melgar, R. (2008). Factores que afectan la fijación biológica de nitrógeno en leguminosas forrajeras. Soil Biology and Biochemistry, 40(1), 10–21.

Divito, G. A. & Sadras, V. O. (2014). How do phosphorus, potassium and sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes? A meta-analysis. Field Crops Research, 156, 161–171.

Echeverría, H. E. & Sainz Rozas, H. R. (2014). Nitrógeno. Capítulo VII: 227–254.

García, J. A., Labandera, C., Pastorini, D. & Curbelo, S. (1990). Fijación de nitrógeno por leguminosas en La Estanzuela. In A. Moron & D. Risso (Eds.), Nitrógeno en pasturas (pp. 13–18). INIA Serie Técnica, 51.

Graham, P. H., *et al.* (1994). pH sensitivity of Rhizobium spp. and its effect on nodulation. Plant and Soil, 159, 13–26.

Hopkins, A. & Wilkins, R. J. (2006). Temperate grassland: key developments in the last century and future perspectives. Journal of Agricultural Science, 144, 503–523.

Ledgard, S. F. & Steele, K. W. (1992). Biological nitrogen fixation in grazing systems. In N. A. C. & D. K. (Eds.), Proceedings of the International Symposium on Forage Legumes (pp. 43–49). Wageningen.

Munns, D.N. 1965. Soil acidity and growth of a legume I. Interactions of lime with nitrogen and phosphate on growth of Medicago sativa L. and Trifolium subterraneum L. Australian Journal of Agricultural Research 16, 733–741.

Ojima, D.S, Parton, W.J, Schimel, D.S, Scurlock, J.M.O. y Kittel, T.G.F. 1993. Modeling the effects of climatic and CO2 changes on grassland storage of soil-C. Water Air Soil Poll 70:643–657.

Sadowsky, M. 2005. Soil stress factors influencing symbiotic nitrogen fixation. En: Werner D, Newton WE. (Eds.). Nitrogen Fixation in Agriculture; Forestry, Ecology, and the Environment. Dordrecht: Springer. 89-112.

Streeter, J., y Wong, P.P.1988. Inhibición de la formación de nódulos de leguminosas y fijación de N2 por nitrato. Reseñas críticas en ciencias vegetales,7(1), 1-23.

Unkovich, M.J, Sanford P. y Pate, J.S. 1996. Nodulation and nitrogen fixation by subterranean clover in acid soils as influenced by lime application, toxic aluminium, soil mineral N, and competition from annual ryegrass. Soil Biology & Biochemistry 28, 639–648.

Unkovich, M.J., Baldock, J. y Peoples, M.B. 2010b. Prospects and problems of simple linear models for estimating symbiotic N2 fixation by crop and pasture legumes. Plant and Soil, 329, 75–89.

Unkovich, M., Herridge, D., Peoples, M., Cadisch G., Boddey R. y Giller K. 2012. Measuring plant-associated nitrogen fixation in agricultural systems. Canberra: ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research), 258 p.

RAS 2025
VIII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD
DEL 30/7 AL 1/8
MARCOS JUÁREZ
CÓRDOBA

Eje temático 4
La vegetación, los cultivos y la microflora en suelos afectados por salinidad y alcalinidad

TRABAJOS Y RESÚMENES EJE 4:
LA VEGETACIÓN, LOS CULTIVOS Y LA MICROFLORA EN SUELOS AFECTADOS POR SALINIDAD Y ALCALINIDAD



EXSEROHILUM ROSTRATUM TIENE LA CAPACIDAD DE MITIGAR EL EFECTO DE LA SALINIDAD EN EL PASTO *CHLORIS GAYANA*?

Ameijeiras, M.[1]; H. Benítez[1]; F. N. Spagnoletti[1]; V. Chiocchio[1]; R. S. Lavado[1*]

[1] Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, C1417DSE, Argentina.
* lavado@agro.uba.ar

RESUMEN: La salinidad del suelo es una de las principales limitaciones ambientales que afectan tanto a las comunidades microbianas como a las plantas superiores. Sin embargo, los hongos endófitos septados oscuros (DSE) son capaces de habitar en ambientes salinos (p. ej., la Pampa Deprimida, Argentina), donde se introdujo la forrajera *Chloris gayana*. Esta forrajera (*Rhodes grass*) es una gramínea perenne subtropical C4, originaria del sur y este de África que se ha cultivado con éxito en estos suelos salinos debido a su tolerancia a la sequía y la sal. Estudiamos el efecto de las sales sobre el hongo *Exsherohilum rostratum*, aislado de esta forrajera, y su contribución en la tolerancia a la salinidad de *C. gayana*. Se realizaron dos experimentos en invernadero, utilizando tres niveles de salinidad, plantas inoculadas y no inoculadas. Se determinaron sobre el hongo: la capacidad de crecer en medio salino, acumular sodio, producir enzimas extracelulares, acidificar el medio y solubilizar fosfatos y colonización radical. En el forraje se determinaron la biomasa aérea y radical, la composición química (porcentaje de nitrógeno, fósforo, proteína cruda e digestibilidad in vitro), las relaciones catiónicas y otros índices de tolerancia a las sales (Índice de tolerancia salina, suculencia, contenido de clorofila). El hongo DSE *E. rostratum* tolera la salinidad y no se vio afectado en su capacidad de crecimiento, acumulación de sodio, producción de enzimas extracelulares, acidez, solubilización de fosfatos ni colonización radical. La reducción de la biomasa aérea y radicular de *Chloris gayana* causada por la salinidad se mantuvo dentro de los límites conocidos para esta especie. En una visión global todos los índices estudiados confirman su tolerancia a la salinidad. El hongo DSE ocasiona un aumento significativo en la producción de biomasa del pasto en condiciones no salinas, pero su efecto en la producción de biomasa es muy limitado en condiciones salinas intermedias y nulo en nuestro tratamiento de alta salinidad. Las relaciones K/Na y Ca/Na disminuyen, como ocurre en la mayoría de las plantas y la selectividad de potasio no fue muy significativa. En general, el hongo DSE estudiado, aislado de las raíces de *Chloris gayana*, si bien no se vio afectado por la salinidad, solo afectó positivamente la biomasa vegetal en condiciones no salinas y solo mejoró ligeramente la producción de biomasa y la composición química en condiciones salinas no severas.

PALABRAS CLAVE: suelos afectados por sales; hongos DSE; tolerancia a la salinidad; relación K/Na

EFECTOS DE LA INOCULACIÓN CON BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE *CHLORIS GAYANA* KUNTH BAJO CONDICIONES DE ALCALINIDAD

Arias, M.[1-2]; L. Varela[1]; A. Mollá Kralj[1]; M. S. Rovegno[1]; J. Pesqueira[1]

[1] Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Juan XXIII y RP n°4, (1832) Lomas de Zamora, Buenos Aires. Instituto de Investigación sobre Producción Agropecuaria, Ambiente y Salud (IIPAAS), Juan XXIII y RP n°4, (1832), Lomas de Zamora, Buenos Aires.
[2] BENTRE24 CIC PBA.
* julieta.pesqueira@agrarias.unlz.edu.ar

RESUMEN: La Pampa Deprimida presenta zonas con condiciones edáficas restrictivas, como la pradera de halófitas, donde predominan suelos alcalino-sódicos que limitan la producción agrícola. En este contexto, el uso de especies forrajeras adaptadas e intersembradas en el pastizal natural, junto con bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), constituye una estrategia sustentable para mejorar la productividad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación con PGPRs comerciales *Azospirillum brasilense* (Az), *Pseudomonas fluorescens* (Ps), un consorcio bacteriano (CB) que incluye ambas y un testigo (T=agua), en variables de crecimiento y desarrollo vegetativo temprano en plántulas de *Chloris gayana* Kunth, bajo dos condiciones de pH: neutro (6,4) y alcalino (10). Semillas del cultivar Katambora se pusieron a germinar en cajas de Petri. A los cinco días, a grupos de 19 plántulas, se le sumergieron las raíces durante un minuto en cada nivel de inoculación (Az, Ps, CB y T) y se colocaron en potes transparente sobre dos papeles de filtro estériles embebidos con solución nutritiva, a dos niveles de pH (neutro y alcalino) completando 48 potes en total. El ensayo se realizó en cámara de crecimiento (25°C, 12 h de luz, 100 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$). El diseño fue completamente aleatorizado con un arreglo factorial 4*2 y r=6 potes. A los siete días del trasplante se evaluaron: porcentaje de logro (PL), largo de vástago (Lv) y raíz (Lr), peso fresco de vástago (PFv) y de raíz (PFr), y se calculó el índice PFv/PFr. Para Lv y Lr se tomaron 5 plantas (submuestras) por pote. PFr y el PL fueron analizados por modelos lineales y el resto mediante modelos lineales mixtos utilizando el software Navure Team (2023). Para la comparación de medias se utilizó DGC ($p<0,05$). El PL no mostró diferencias significativas ($p>0,05$), lo que indica que el establecimiento inicial no fue afectado por los tratamientos. El PFr mostró diferencias significativas ($p<0,05$) para la interacción pH*PGPR, con menores valores en pH-neutro combinado con Ps y con CB. Los demás tratamientos generaron mayor biomasa radicular. En PFv y el índice PFv/PFr la interacción pH*PGPR fue significativa. El mayor PFv se observó en pH-neutro con Az y en pH-alcalino con Ps, mientras que el mayor índice PFv/PFr se registró en pH-neutro con Ps y con CB. El Lv mostró significancia ($p<0,05$) en pH, con menores valores en condiciones alcalinas. En cuanto al Lr, se detectó que la interacción pH*PGPR fue significativa ($p<0,05$), donde los mayores largos se observaron en plántulas a pH-neutro con Az o CB, y a pH-alcalino siempre que se aplicaron PGPRs. En conjunto, los resultados indican que el pH del medio y el uso de PGPRs afectaron diferencialmente el crecimiento temprano del cv. Katambora. La alcalinidad edáfica fue una limitante para el normal crecimiento y desarrollo de las plántulas; sin embargo, en base a los resultados obtenidos en este ensayo, en estadios vegetativos tempranos (mayor sensibilidad), podemos concluir que la inoculación compensó el crecimiento, especialmente en raíz, reforzando la hipótesis de que las PGPRs serían una estrategia para mejorar la implantación en ambientes restrictivos.

PALABRAS CLAVE: *Grama rhodes*, azospirillum, pseudomona

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]; N. S. Dias; P. H. A. Gurgel; M. F. Costa-Filho; E. C. M. Saldanha; E. C. M. Saldanha; R. C. Moreira; C. C. Albuquerque[2]; K. T. O. Pereira; F. V. S. Sá[1]; L. A. Mendonça[1*]; A. C. C. Costa[3]

[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, 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.
[3] Faculdade Pecege. R. Alexandre Herculano, 120 - Vila Monteiro, Piracicaba - SP, Brasil, 13418-445.
* leonardo.mendonca@alunos.ufersa.edu.br

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 CO_2 (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

CARACTERIZACIÓN DE GENOTIPOS DE SOJA EN CONDICIONES DE ESTRÉS SALINO

Bustos, D. A.[1*]; M. G Pittaro[1]; J. Gilli[2]; D. F. Luna[1]

[1] Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV CIAP INTA) Unidad de Estudios Agropecuarios (UDEA INTA CONICET).
[2] Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez (INTA). *Av. 11 de septiembre 4755, Córdoba, Argentina.
* bustos.dolores@inta.gob.ar

RESUMEN: La salinidad de los suelos es uno de los factores que más restringen la productividad agrícola, afectando a escala mundial alrededor de 800 millones de hectáreas. La Argentina es, según FAO, el tercer país con mayor superficie de suelos afectados por halomorfismo en el mundo, después de Rusia y Australia.
El objetivo de este trabajo fue identificar variabilidad fenotípica de un conjunto de líneas de soja en condiciones de salinidad y analizar parámetros fisiológicos y bioquímicos relacionados a dicha tolerancia. Se llevó a cabo un ensayo en invernadero, en un sistema de hidroponia semi automática, utilizando solución nutritiva de Hoagland, en condiciones Control y Salinidad (0 y 150mM NaCl). Se sembraron 16 líneas de soja provenientes del Banco de Germoplasma de soja de INTA Marcos Juárez, en 27 tubetes por cada genotipo. Las líneas fueron: ADM 50048, A 5009 RG, A5409, A5417, Alim 3.44, Alim 5.9, Champaqui 5.7, Essex, Himeshirazu, J032998, PI 200492, PI 548510, PI 548558, PI404166, PI547878, PI339871A. Estas líneas, fueron caracterizadas previamente por su tolerancia a estrés hídrico en el IFRGV-CIAP.
El día 30 post siembra se midieron a) parámetros de crecimiento vegetativo (altura, peso seco total de la planta) y b) Parámetros fotosintéticos mediante Pocket PEA y MultispeQ. Además, se colectaron muestras de segunda hoja trifoliada para la medición de Antioxidantes totales no enzimáticos (FRAP), Peroxidación de lípidos de membrana (MDA) y contenido de iones K+ y Na+ en hoja (HPLC).
La salinidad disminuyó significativamente el peso seco y la altura de las plantas en la mayoría los genotipos de soja estudiados. No obstante, los genotipos que mostraron mayor tolerancia a esta condición fueron PI379871A, Champaqui 5.7 y A5417, los cuales además evidenciaron un mayor crecimiento en condición salina respecto a sus controles. Contrariamente, los genotipos que se comportaron como susceptibles fueron PI 548510, Essex e Himeshirazu. Se pudo observar cierta relación entre los genotipos más tolerantes y más susceptibles principalmente en cuanto a sus mecanismos de exclusión de sodio y acumulación de calcio. La fluorescencia de la clorofila en esta primera etapa de evaluación no permitió discriminar niveles de tolerancia entre los genotipos evaluados, posiblemente por haberse realizado en estadios tempranos de crecimiento.
La identificación de genotipos de soja con ventajas comparativas en rendimiento, calidad o tolerancia a factores abióticos, tal el caso de la salinidad, como también la identificación de los mecanismos fisiológicos relacionados con la tolerancia a este tipo de estrés, resultan fundamentales a los fines de contribuir al mejoramiento genético de este cultivo.

PALABRAS CLAVE: soja, salinidad

INTERACCIÓN ENTRE VARIABLES EDÁFICAS Y COMUNIDADES VEGETALES EN LA PLANICIE DE INUNDACIÓN DEL RÍO DULCE DE CÓRDOBA

Cora, A.[1*]; J. R. Bernasconi Salazar[2]; V. Maguire[1]; M. Vicondo[1]; M. B. Aimetta[3]

[1] INTA EEA Manfredi, Ruta Nacional nº 9, km 636, Manfredi, Córdoba.
[2] ONG Aves Argentinas.
[3] INTA EEA Marcos Juárez.
* cora.amanda@inta.gob.ar

RESUMEN: El régimen de inundaciones, proceso natural característico de los bañados del río Dulce (noreste de Córdoba), ha sido alterado significativamente por intervenciones en el sector medio de la cuenca (diques, canales y derivaciones). Las inundaciones, producto del desborde del río, o por precipitaciones locales, interactúan con el relieve y el suelo generando un mosaico de comunidades vegetales dispuestas en fajas paralelas al cauce. Cerca del cauce predomina *Distichlis spicata* (distical), comunidad forrajera de relativa buena calidad. A mayor distancia del río, donde las inundaciones son menos frecuentes, se desarrolla la comunidad de *Sporobolus spartinus* (espartal), de bajo valor forrajero, donde el uso del fuego es común para inducir el rebrote y mejorar su aprovechamiento ganadero. Dado que la salinidad del suelo podría determinar la composición florística, se planteó como objetivo evaluar la influencia de variables edáficas sobre la riqueza de especies vegetales en ambas comunidades. Se seleccionaron seis parcelas homogéneas (tres por comunidad), de al menos 100 m². En cada parcela se registró la riqueza florística y se tomaron cuatro submuestras de suelo de 0–5 cm de profundidad. Se determinó pH y CE. En los espartales se relevó la historia de quemas. El análisis de correlación mostró una relación negativa y significativa entre CE y riqueza ($r = -0,814$; $p = 0,0013$), lo que indica que el aumento de salinidad reduce la riqueza. En cambio, el pH no tuvo una relación significativa con la riqueza ($r = 0,37$; $p = 0,236$). Los modelos de regresión por comunidad evidenciaron respuestas diferenciadas. En distical, la CE tuvo un efecto negativo significativo sobre la riqueza ($p = 0,0155$), explicando el 91% de la variabilidad ($R^2 = 0,91$). En espartal, ni pH ni CE fueron significativos, y el modelo mostró baja capacidad explicativa ($R^2 = 0,53$; $p = 0,319$). El ANAVA (distribución Poisson) no reveló diferencias significativas en la riqueza promedio entre comunidades ($p = 0,356$). No obstante, los modelos de regresión sugieren que cada comunidad responde de manera diferencial a las condiciones edáficas, en particular a la salinidad. Los resultados permiten concluir que la CE ejerce un efecto negativo sobre la riqueza, especialmente en el distical, efecto que no se evidenció de forma significativa en los espartales. La respuesta ecológica de las comunidades es heterogénea. La menor frecuencia de inundaciones y lavado de sales afectaría negativamente al distical. También se observó una tendencia que muestra que, a mayor recurrencia de quema, menor riqueza de especies vegetales. Además, el espartal, con quemas frecuentes (2-3 veces por año), presentó 5,30 dS/m de CE, y el no quemado en los últimos ocho años 2,05 dS/m de CE. Posiblemente el arrastre de sales hacia arriba se vio favorecido por una mayor evaporación ante una menor cobertura por la quema del matillo. Además, la mayor incorporación de cenizas podría también aumentar la CE. Los resultados evidencian que la salinidad y las quemas impactan negativamente sobre la riqueza. Esta información es clave para comprender los efectos del manejo hídrico y diseñar estrategias de conservación en estos ecosistemas.

PALABRAS CLAVE: *Sporobolus spartinus, Distichlis spicata*

EVALUACIÓN DE TRES ESPECIES FORRAJERAS ADAPTADAS A SUELOS SALINOS

Díaz, C. C.[1*]; A. Aoki[1]; L. Molina Ordoñez[1]; C. I. Vettorello[1]; H. P. Apezteguía[1]

[1] Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Ing. Agr. Félix Aldo Marrone 746, Ciudad Universitaria, Córdoba.
* caroladiaz@agro.unc.edu.ar

RESUMEN: El aumento de la concentración de sales a nivel superficial que ocurre en los "manchones" produce un efecto de retraso general del crecimiento de la mayoría de las especies. A su vez, en estas áreas con alto contenido salino, la etapa de germinación resulta muy delicada y requiere conocimientos específicos para lograr la implantación del cultivo deseado. *Sporobolus phleoides Hack* es una especie gramínea nativa observada en el noreste de la provincia de Córdoba como colonizadora de "manchones" con alta salinidad, de la cual poco se conoce. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento germinativo y de crecimiento de especies tolerantes frente a distintos niveles de estrés salino. Las especies estudiadas fueron *Chloris gayana Kunth*, vulgarmente conocida como Grama Rhodes, *Sporobolus phleoides Hach* y una leguminosa forrajera: *Lotus tenuis*. Se prepararon 11 soluciones salinas de conductividad eléctrica creciente; 1 a 25 dS m^{-1}, que fueron utilizadas para realizar un ensayo de germinación y un ensayo de crecimiento. Se llevó a cabo un diseño factorial completamente aleatorizado 12 x 3 (14 tratamientos salinos y tres especies forrajeras) con cuatro repeticiones. La germinación se realizó en doble toalla de papel en cámara bajo condiciones controladas de temperatura y fotoperíodo. A los 14 días se realizó el recuento de plántulas y se calculó Poder Germinativo. El ensayo de crecimiento se realizó utilizando un procedimiento estándar para ensayos en maceta el cual se regó de forma manual con las 11 soluciones salinas, el sustrato fue obtenido del primer horizonte de un suelo franco limoso no salino y se realizó con 4 plantas por maceta. A los 75 días después de la siembra se evaluó el parámetro biomasa seca aérea. La salinidad afectó negativamente el poder germinativo de las tres especies. A partir del tratamiento con solución salina de 20 dS m^{-1} sólo presentó semillas germinadas *Sporobolus phleoides* con un poder germinativo de 10%. A niveles de salinidad bajos (1 a 3 dS m^{-1}) el mejor comportamiento lo presentó *Lotus tenuis* con un poder germinativo de 70%. Respecto al ensayo de crecimiento la mayor biomasa aérea la produjo *Chloris gayana* hasta niveles de 18 dS m^{-1} y nuevamente en salinidad extrema entre 20 y 25 dS m^{-1} la mejor respuesta fue de *Sporobolus phleoides*. Se corroboró la buena aptitud de *Chloris gayana* como forrajera tolerante a salinidad, por su mejor producción de materia seca a niveles bajos y altos de salinidad. Por otro lado, *Lotus tenuis* resultó ser una alternativa factible como leguminosa que se adapta a suelos halomórficos con buena respuesta en germinación y crecimiento hasta niveles medios de salinidad. Se evidenció la capacidad de germinación y crecimiento en condiciones de alta y extrema salinidad de *Sporobolus phleoides*. Los resultados permitieron detectar un potencial importante en esta especie para colonizar "manchones" de suelos fuertemente salinos. Se destaca la importancia de estudiar especies nativas e incorporarlas a los sistemas productivos afectados por sales.

PALABRAS CLAVE: *Sporobolus phleoides,* "manchones" salinos, nativas

TOLERANCIA DE PLÁNTULAS DE VARIEDADES CRIOLLAS DE FRIJOL CAUPÍ (*VIGNA UNGUICULATA*) AL ESTRÉS SALINO

Ferreira-Neto, M.[1*]; S. S. C. Praxedes[1]; A. T. Loiola[1]; F. V. S. Sá[2]; T. D. C. Peixoto[3]

[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró, RN, Brasil.Av. Francisco Mota, 572. Bairro Costa e Silva Mossoró-RN CEP: 59.625-900.
[2] Universidade Estadual da Paraíba, PB, Brasil.
[3] Universidade Estadual do Vale do Acaraú, CE. Brasil.
* miguel@ufersa.edu.br

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 Agronômicas 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

EVOLUCIÓN DE LA VEGETACION EN EL BAJO LAS SALADAS EN LA ÚLTIMA DÉCADA

Lucero, F. F.[1]; O. A. Barbosa[1*]; C. Aostri Amici[1]; D. A. Riscosa[1]

[1] Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, UNSL. Ruta Nacional 55 extremo norte, Villa Mercedes, San Luis.
* baldibarbosa@yahoo.com.ar

RESUMEN: Una propiedad inherente a todos los humedales es la presencia de agua, ya sea de forma permanente o temporal. Esta particularidad hace que en estos hábitats se desarrollen suelos hídricos cuya vegetación se encuentre altamente adaptada para sobrevivir en estas condiciones. La región central de la provincia de San Luis posee unos humedales que se pueden caracterizar por su salinidad/alcalinidad, por lo que son particulares en cuanto a la vegetación que se desarrolla en ellos. Por lo anteriormente mencionado, este trabajo pretende estudiar los cambios de vegetación en los diferentes tipos fisonómicos del humedal "Bajo Las Saladas", de manera que estos conocimientos puedan ser utilizados como herramientas para contribuir a mejorar la planificación y gestión de uso sustentable de estos ambientes. Considerando los trabajos previos realizados en el sector de estudio, se evaluaron cuatro transectas de vegetación en el humedal a los fines de observar la cobertura y la aparición de nuevas especies vegetales en esta última década. Con estos resultados se realizaron análisis de las transectas y clusters que se compararon con los realizados en 2011. A través de ellos y de observaciones durante todo un año, se describieron los principales cambios de vegetación en los diferentes tipos fisonómicos, que respondieron en un sector del área de estudio a la introducción de la ganadería. Se concluye que: a) no existen cambios de los tipos fisonómicos de vegetación del área de estudio que presentan las mismas especies dominantes que en el censo del 2011; b) el tipo fisonómico que presentó cambios de cobertura de la vegetación fueron las praderas halófilas y la playa salina, aunque también ocurrió en el matorral halófito en menor medida; c) dentro de las especies que se instalaron en el área de estudio en el censo del 2024, la que presentó mayor cobertura en diferentes tipos fisonómicos fue *Suaeda patagonica*, especialmente en los tipos fisonómicos mencionados; y d) estos cambios de vegetación, principalmente en el sector oeste de la zona de estudio se deben a varios factores, como ocurrencia de mayores precipitaciones, disminución de la salinidad de la freática, introducción de la ganadería, tipo y época de pastoreo, así como diferencias en la resiliencia de cada tipo fisonómico.

PALABRAS CLAVE: dinámica de la vegetación, humedal, San Luis, cobertura vegetal

INTRODUCCIÓN:

Tiner (1999) los define como los ambientes que se identifican con áreas geográficas que están permanente o frecuentemente inundadas, o bien con el suelo saturado, lo cual determina el desarrollo de suelos hidromórficos y con vegetación hidrófita. De acuerdo con esto, todos los humedales poseen una propiedad fundamental: el exceso de agua, cuyo rol es esencial para este tipo de ecosistema, ya que determina la estructura y las funciones ecológicas de estos hábitats (Dugan, 1992).

Varios trabajos en el área determinaron tipos fisonómicos, suelos y freática (Barbosa *et al*., 2005; Pacheco *et al*., 2010 y 2012; Barbosa *et al.,* 2012). Barbosa en el 2020, en su estudio de la relación entre los suelos y diferentes tipos fisonómicos de vegetación característicos de estos hábitats, determinó un modelo en donde el matorral de *Atriplex* spp. ocuparía los suelos menos salinos, con mayor pH y nivel freático más profundo. En suelos algo más húmedos y salinos aparecerían parches de *Sarcocornia neei* y praderas abiertas de *Distichlis spicata*, cuya diferencia podría deberse a mecanismos distintos de tolerancia a las sales en ambas especies. Posiciones topográficamente más deprimidas y húmedas estarían ocupadas por praderas densas de *D. spicata* y, finalmente, en las zonas con mayor encharcamiento y anoxia se ubicarían las playas salinas desprovistas de vegetación.

Por lo tanto, nuestro objetivo fue estudiar los cambios de vegetación de los diferentes tipos fisonómicos del humedal "Bajo Las Saladas" de manera que estos conocimientos puedan ser utilizados como herramientas para contribuir a mejorar la planificación y gestión de uso sustentable de estos ambientes.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El área de estudio se encuentra ubicada a 5 km de la localidad de Villa Mercedes, departamento Pedernera (provincia de San Luis). Dicho sector se localiza a los 33º 37´ de latitud sur y 65º 25´ longitud oeste, con una elevación sobre nivel del mar de 505 m aproximadamente. Comprende unas 84,2 ha que se localizan al norte de la ciudad de Villa Mercedes (San Luis).

En la figura 1 y tabla 1 se puede observar el mapa fisonómico y su correspondiente leyenda.



Figura 1. Mapa fisiográfico fisonómico de la zona de estudio. Se muestra la localización de las transectas de estudio (tomado de Barbosa, 2020).

Tabla 1. Leyenda fisiográfica-fisonómica con la especie dominante.

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

Se ubicaron las transectas de vegetación realizadas en el estudio del año 2011 por Barbosa (2020) y en ellas se volvieron a realizar las mediciones de la cobertura. Estas 4 transectas poseían longitudes de 130, 100, 280 y 50 m. A lo largo de cada transecta se tomaron los datos de vegetación regularmente espaciados (cada metro), a fin de abarcar toda la variabilidad de especies en los tipos fisonómicos reconocidos en la misma, incluyendo las zonas de suelo desnudo. A los fines de realizar comparaciones válidas entre las transectas se agruparon inventarios cada 2 metros en las transectas 1 y 2, y cada 4 metros para la transecta 3, por lo que quedaron con 65, 50 y 70 inventarios respectivamente. En la transecta 4 cada metro fue tomado como un inventario. Los datos de estos inventarios se analizaron por medio de técnicas de ordenación para: a) confirmar que los tipos fisonómicos reconocidos anteriormente se correspondan a sectores con diferente composición de especies; y b) identificar sectores de transición o ecotonos entre las unidades principales.

En forma complementaria a las transectas, se recolectaron listas de especies en cada tipo fisonómico. Con estos datos se determinó la diversidad de las plantas vasculares elaborándose las listas florísticas actualizada para cada uno de los tipos fisonómicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

El monte halófilo se localizó en la parte superior del paisaje, dominando la depresión salina. Es el tipo fisonómico que mayor área ocupa en la zona de muestreo y es una formación secundaria ya que fue talada, y donde actualmente se ha regenerado este tipo de vegetación por sucesión. Debido a esto, este tipo fisonómico no fue caracterizado, sino que únicamente fueron listadas las especies presentes en su conformación.

Presentó algunas especies nuevas no listadas en el censo del 2011. Es el tipo fisonómico que presenta mayor diversidad de especies y, como expresara Barbosa (2020), el suelo no posee sales por ascenso capilar por las especies arbóreas, en primer lugar; y arbustivas que se localizan en este sector.

Cuando el terreno comienza a descender hacia la depresión o bajo, el monte es reemplazado por el matorral halófilo. Esta formación ocupa el 37,9 % del total de la depresión salina (31,9 ha), convirtiéndose en la segunda área por tamaño y en la primera del sector bajo estudio.

La especie dominante es la "zampa", apareciendo *Atriplex undulata* y *Atriplex lampa* generalmente mezcladas y aproximadamente en la misma proporción. Dentro de las especies encontradas en 2024, tenemos a *Heliotropium curassavicum* ("cola de gama"), *Muhlenbergia asperifolia*, *Trichloris crinita* ("pasto del niño", "pasto de hoja") y *Tamarix ramosissima* ("tamariscos").

Continúan los parches de arbustal halófilo rastrero que se caracteriza por presentar sectores de suelo desnudo donde el nivel freático llega a superficie y las sales quedan en ella por evaporación (Barbosa, 2020). Esta área ocupa la menor extensión del sector de muestreo con un 5,0 % (4,2 ha). Se encuentra dominado por el "jume" (*Sarcocornia neei*), especie suculenta rastrera que presenta tallos que crecen con un patrón centrífugo, presentando una forma de pequeños parches circulares de vegetación.

Para el censo del 2024, hace la aparición en este tipo fisonómico *Suaeda patagonica*.

La pradera halófila abierta es uno de los sectores más bajos, presentando inundaciones periódicas de poca duración y salinidad en superficie en épocas secas. El tipo fisonómico presenta como vegetación dominante al "pasto salado" (*Distichlis spicata*), gramínea de bajo porte con estolones que en muchos casos llega a definir los inventarios en forma uniespecífica. Juntamente con el pasto salado aparece *Cressa truxillensis* ("tripa de pollo"), también especie de baja altura que se presenta en sectores con gran proporción de suelo desnudo. Abarca el 26,5 % del sector bajo estudio (22,3 ha).

En sectores donde el agua permanece más tiempo, el "pasto salado" (*Distichlis spicata*) se encuentra con mayor densidad y su crecimiento es excepcional, tanto que muchas veces es decumbente producto de algas cianófitas fijadoras de nitrógeno en condiciones anaeróbicas. Este tipo de fisonomía densa ocupa el 15,1 % de la superficie bajo estudio (12,7 ha).

Se han encontrado abundantes algas en estos sectores, lo que pone de manifiesto la ocurrencia de inundaciones periódicas. Esta fisonomía presenta una gran cobertura de "pasto salado", pero ostenta mayor diversidad de especies que la pradera halófila abierta, debido a que en este sector aparecen lugares microtopográficamente más altos donde se desarrollan especies menos tolerantes, y que la mayor cantidad de agua diluye la salinidad y propicia el crecimiento de otras especies.

Dentro de las especies que aparecen para el 2024 son *Eliocharis crinalis*, *Baccharis salicifolia* y *Sisymbrium irio*. Cabe destacar el aumento de cobertura en este tipo fisonómico de *Sueda patagónica*.

El sector más bajo esta ocupado por la playa salina, donde el drenaje del agua ocurre muy lentamente, por lo que en épocas secas la evaporación concentra las sales en superficie. Entre los cationes encontrados en los análisis de suelo, domina el sodio, lo que genera dispersión de los coloides del suelo, especialmente la materia orgánica que le da una coloración grisácea/negruzca a la costra salina superficial (Barbosa, 2020). La playa salina alcanza el 15,5 % del total de la superficie de estudio (13,1 ha). Se aprecia gran proporción de suelo desnudo, pero en algunos sectores muy localizados, se presentan *Sarcocornia neei, Distichlis spicata, Cressa truxillensis y Sesuvium portulacastrum* en forma muy dispersa (Tabla 8), siendo estas las especies pioneras.

Suaeda patagonica aumentó significativamente su cobertura en los últimos años, en este tipo fisonómico. Esto se debe a dos factores, en primer lugar, las mayores precipitaciones que disminuyeron por dilución el contenido superficial de sales. Y, en segundo lugar, al sobrepastoreo, en donde el ganado vacuno al caminar sobre este tipo fisonómico, produjo la ruptura de la costra salina superficial. Este hecho trajo aparejado la incorporación de las semillas de esta especie, que cubrió este tipo fisonómico.

Para analizar la vegetación, Barbosa (2020), realizó gráficos de cobertura para cada lugar evaluado, observando la cobertura de cada especie (mayor al 1%) a lo largo de cada una de las transectas.

Adicionalmente, efectuó un perfil altimétrico con la medición de la elevación de cada una de las transectas. En estos gráficos se exageró la altitud para poder realzar la microtopografía y realizar comparaciones con la cobertura, observándose cómo varían las distintas especies con la configuración del microrelieve del lugar.

Se muestran el análisis de los resultados de la transecta 1 y el resumen correspondiente análisis de clusters realizado a la misma.

En el censo del 2011 el matorral halófilo se correspondía con la parte más elevada de la misma, con varias especies presentes dominadas por *Atriplex spp*. (I, Figura 2a), mencionando *Pappophorum caespitosum* por su mayor cobertura. Posteriormente se encontraba un pequeño sector de matorrales de *Sarcocornia neei* y suelo desnudo, continuando una suave pendiente con pradera halófila abierta de *Distichlis spicata*, suelo desnudo y algunos matorrales de *S. neei* dispersos con *Cressa truxillensis* (II, Figura 2a). Se observó también un sector de paso de agua en donde dominaba el suelo desnudo, dando lugar a la presencia de *Distichlis spicata*. Un último sector con suelo desnudo delató la presencia del canal de desagüe (III, Figura 2a).

En esta transecta el suelo desnudo presentó la mayor frecuencia (55,8 %), seguido por *Distichlis spicata* con una cobertura de 23,5 %, *Sarcocornia neei* 10,5 %, *Cressa truxillensis* 4,3 % y *Atriplex spp.* 3%, sumando todos ellos alrededor del 97 %.

En el censo del 2024, el sector más alto correspondiente al matorral halófilo, si bien disminuyó el porcentaje de *Atriplex spp*. (I, Figura 2b), esta sigue siendo la especie dominante, aumentando la cantidad de especies presentes en el sector y que en el anterior censo no aparecían, con porcentajes mayores al 1 %, como son *Baccharis spartioides* y *Sporobolus pyramidatus*, y disminuyendo el porcentaje de cobertura de *Sarcocornia neei*.

Otra diferencia que se puede observar en la comparación de ambos gráficos es el aumento del suelo desnudo en el segundo sector (II, Figura 2b), con la disminución en el mismo de *Distichlis spicata*. También un aumento de la diversidad de especies en el tercer sector (III, Figura 2b).

En este censo (2024), el suelo desnudo se presentó con mayor frecuencia al igual que en el censo del 2011 pero disminuyendo su cobertura (52,6 %), seguida por *Sarcocornia neei* 15,4 % que aumentó, *Distichlis spicata* (11,5 %) que disminuyó notoriamente; *Atriplex spp*. (7,3 %) que aumentó especialmente en el sector del canal (III); y *Cressa truxillensis* 5,0 %, cubriendo el 91,8 % de la superficie relevada.

En el análisis de clusters se observó que en los matorrales halófilos donde domina *Atriplex spp*. existe mayor diversidad de especies. *Sarcocornia neei* se presenta sola formando los parches de arbustal halófilo rastrero o en mezcla con *Atriplex spp.* o *Distichlis spicata. Cressa truxillensis* crece o se desarrolla principalmente en suelos desnudos, o en aquellos tipos fisonómicos donde hay bastante suelo desnudo, como es el caso de las playas salinas y los parches de arbustal halófilo rastrero (donde domina *Sarcocornia neei*); aunque también se la encuentra entre los matorrales halófilos de *Atriplex spp*. Finalmente, *Distichlis spicata* domina las praderas halófilas, aunque en el censo del 2024 se observa un fuerte aumento de cobertura de *Sueda patagonica*.

Como posibles causas del cambio de vegetación se encuentra el fenómeno “El Niño” (ENOS, El Niño Oscilación Sur) con el aumento de las precipitaciones posibilitó el drenaje de las sales (Barbosa *et al.,* 2017), por lo tanto, facilitó el “lavado” y escurrimiento de sales fuera del humedal, hecho que posibilitó de esta manera, el mejoramiento de las condiciones del hábitat de cada tipo fisonómico disminuyendo el estrés por salinidad y la posible introducción de nuevas especies en cada uno de ellos.

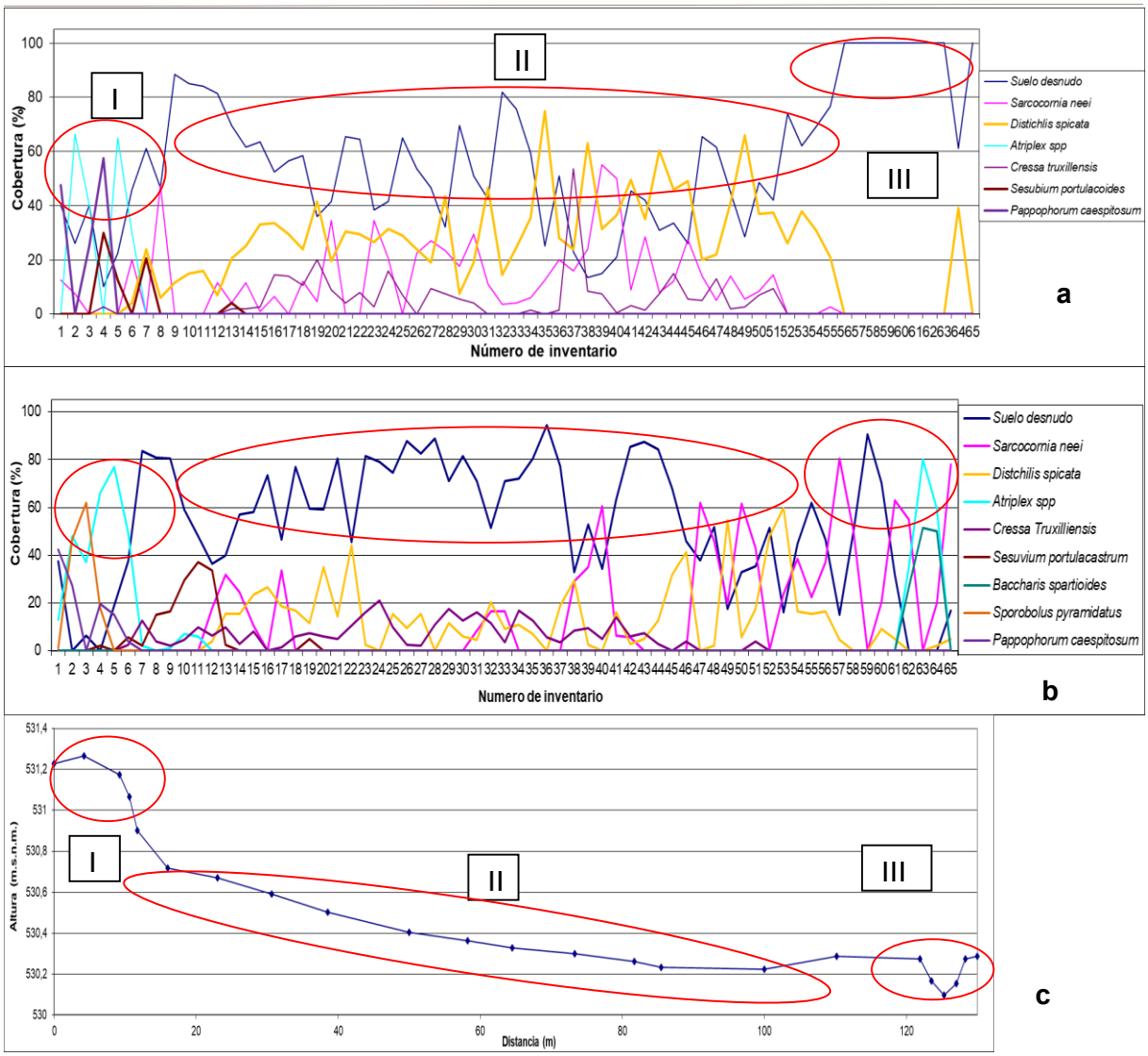


Figura 2. a) Cobertura de la vegetación 2011 (adaptado de Barbosa, 2020); b) cobertura de la vegetación 2024; y c) cotas de la transecta 1 (Barbosa, 2020). Círculos delimitan los tipos fisonómicos y las alturas de ellos, la cita en el texto.

La introducción de la ganadería en este sector del humedal, siguiendo un esquema de pastoreo continuo sobre el mismo, favorece que el ganado vuelva a alimentarse sobre el rebrote tierno, disminuyendo la posibilidad de que el vegetal complete su ciclo de desarrollo. Este pastoreo, también aumentó el pisoteo animal con la ruptura de la costra salino-sódica de estos tipos fisonómicos, provocando la germinación de semillas e instalación de nuevas especies menos tolerantes ayudadas en los últimos años, por la disminución de la salinidad y por la consiguiente disminución de la cobertura y volumen de las especies consumidas por los animales.

CONCLUSIONES:

De la información obtenida y comparación entre los dos censos de vegetación, se puede concluir que: a) no existen cambios de los tipos fisonómicos de vegetación del área de estudio que actualmente presentan las mismas especies dominantes que en el censo del 2011. b) el tipo fisonómico que presentó mayores cambios de cobertura de la vegetación fueron las praderas halófilas y la playa salina, también ocurrió en el matorral halófito. c) dentro de las especies que se instalaron en el área de estudio en el censo del 2024, la que presentó mayor cobertura en diferentes tipos fisonómicos fue *Suaeda patagonica*, especialmente en los tipos fisonómicos mencionados. d) estos cambios de vegetación, principalmente en el sector oeste de la zona de estudio se deben a varios factores, como ocurrencia de mayores

precipitaciones, disminución de la salinidad de la freática, introducción de la ganadería, tipo y época del pastoreo, y distintas resiliencias de los tipos fisonómicos.

BIBLIOGRAFÍA:

Barbosa OA, J Álvarez-Rogel, HN Villa & CA Bianco. 2005. Avances en Ingeniería Agrícola 2003-2005. Capítulo 8-Topografía agrícola, fotogrametría y sensoramiento remoto. Fisonomía de la vegetación halófita de un sector del “Bajo Las Saladas” (SL). 362-368 pp.

Barbosa OA, MC Pacheco Insausti, JL Mores, RA Cerda, FM Galarza & J Álvarez-Rogel. 2012. Redoximorphic features in San Luis wetlands. XXX Reunión Científica anual de la Sociedad de Biología de Cuyo. Potrero de los Funes (San Luis). 6 y 7 de diciembre.

Barbosa OA, JI Cismondi; JL Mores, DA Riscosa & RA Cerda. 2017b. Variabilidad temporal de la salinidad del nivel freático de un humedal salino por efecto de la Oscilación del Sur. XLVI Congreso Brasileño de Ingeniería Agrícola (CONBEA 2017). Maceió (Brasil). 30 de julio al 3 de agosto de 2017.

Barbosa OA. 2020. Relaciones entre los tipos fisonómicos de vegetación y los suelos de un bajo salino del centro este de San Luis (Argentina). Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Rio Cuarto (UNRC). 450 p.

Dugan PJ (ed.). 1992. Conservación de humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. UICN, Gland, Suiza.

Pacheco MC, OA Barbosa, JL Mores & J Álvarez-Rogel. 2010. Physiognomy of the central sector of the “Bajo Las Saladas" (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.

Pacheco MC, OA Barbosa, JL Mores & J Álvarez-Rogel. 2012. Gradientes edáficos que regulan la distribución de las comunidades vegetales en un humedal salino (San Luis, Argentina). XXV Reunión Argentina de Ecología. Luján (Buenos Aires), Argentina.

Tiner R. 1999. Wetland indicators. A guide to wetland identification, delineation, classification, and mapping. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 392 pp.

TOLERANCIA COMPARATIVA A LA SALINIDAD EN GENOTIPOS SELECCIONADOS DEL PANEL DE ASOCIACIÓN DE SORGO EN SISTEMA HIDROPÓNICO

Luna, D. F.[1*]; D. Ortiz[2]; F. Nogueira Ferreira[3]; C. J. Xavier Cordeiro[3]; F. M. da Silva Morais[3]; M. G. Pittaro[1]; D. A Bustos[1]

[1] Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV CIAP INTA) Unidad de Estudios Agropecuarios (UDEA INTA CONICET).
[2] Estación Experimental Agropecuaria Manfredi (INTA), Córdoba, Argentina.
[3] Universidade Federal Rural do Semi Arido (UFERSA) Mossoró, Brasil.
* luna.fernando@inta.gob.ar

RESUMEN: Los suelos salinos constituyen un problema global de gran relevancia para la agricultura dado que su presencia tiene un efecto perjudicial en la productividad y en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Se estima que, en Argentina, aproximadamente el 25% de la superficie agrícola está afectada por salinidad, en diferentes grados.
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. Sin embargo, su producción en suelos salinos es todavía limitada debido a que los avances en mejoramiento genético para su tolerancia a dicha condición se encuentran atrasados con respecto al mejoramiento para otro tipo de estreses.
El objetivo de este trabajo fue estudiar los mecanismos fisiológicos para la tolerancia a la salinidad de un grupo de genotipos de sorgo, seleccionados de un panel de asociación (Sorghum Association Panel; SAP). Dicha colección constituida por 325 genotipos de sorgo cuenta con más de 43 millones de marcadores genómicos, representando las principales razas cultivadas (líneas tropicales de diversas regiones geográficas y regiones climáticas), así como también importantes líneas cultivadas en Estados Unidos y sus respectivos progenitores.
Se llevó a cabo un ensayo en invernadero con sistema hidropónico para evaluar variables de crecimiento y fisiológicas en respuesta a la salinidad en 30 genotipos de la SAP; que, en ensayos previos de fenotipado, mostraron respuestas contrastantes para su tolerancia a la salinidad (150 mM de NaCl). Las plantas se cultivaron utilizando solución Hoagland en sustrato sólido de arena:perlita. Una vez que las plantas alcanzaron el estadío V2, se impuso el tratamiento salino escalonadamente durante cuatro días hasta alcanzar los 200 mM de NaCl. Cuando las plantas llegaron al estadío V4, se midieron parámetros de fluorescencia de la clorofila modulada (MultispeQ) y transitoria (Pocket PEA), la capacidad antioxidante total (FRAP) y concentración de Na y K en hojas.
De los 30 genotipos evaluados, en la mayoría de los casos se confirmó su condición de tolerante/susceptible. De los identificados como tolerantes, Mota Marandi, Matchikahy SC 85, no redujeron su crecimiento por la salinidad; mientras que el genotipo N250B duplicó su crecimiento en dicha condición. Contrariamente, los genotipos que redujeron fuertemente su crecimiento fueron BTx642, Marawa Ethiopia, 43% y 67% respectivamente respecto al control. Si bien, varios parámetros fotosintéticos correlacionaron significativamente en respuesta a la salinidad, tales como PhiNO, gH+, PhiNPQ y VH+ (variables de fluorescencia modulada), se observaron discrepancias en cuanto a la acumulación/exclusión de sodio y la respuesta antioxidante total (FRAP), lo que sugiere que estos genotipos poseen diferentes mecanismos fisiológicos para contrarrestar el efecto negativo de la salinidad.
La identificación y estudio en mayor nivel de detalle de los mecanismos fisiológicos de tolerancia a la salinidad observados en este grupo de genotipos de sorgo, serán de gran relevancia para su integración con la información generada a nivel molecular en etapas posteriores de este proyecto.

PALABRAS CLAVE: sorgo, salinidad, fluorescencia de la clorofila

PRODUCTIVIDAD DE FESTUCA ARUNDINACEA Y THINOPYRUM PONTICUM EN AMBIENTES CONTRASTANTES AFECTADOS POR SALINIDAD EDÁFICA

Martinez, L.[1*]; C. Sardiña[1]; N. Bertram[2-3-4]

[1] EEA INTA General Villegas.
[2] EEA INTA Marcos Juárez.
[3] EEA INTA Balcarce.
[4] Facultad de Cs Agr UNR, San Martin 26, Buenos Aires.
* martinez.liz@inta.gob.ar

RESUMEN: La zona de General Villegas presenta ambientes halo-hidromórficos, con napas freáticas cercanas a la superficie y acumulación de sales en el suelo. Estas condiciones generan problemas como baja disponibilidad de oxígeno, toxicidad por sales y limitaciones para el crecimiento de pasturas, afectando negativamente la productividad ganadera en la región.
El objetivo de este trabajo fue comparar la productividad de festuca y agropiro en distintos ambientes edáficos con restricciones por salinidad y otras variables de suelo, en el noroeste bonaerense. Se sembraron franjas puras de ambas especies. Se seleccionaron sitios por especie, definidos visualmente, luego se realizó un análisis de suelo a 0–20 cm de profundidad para determinar en laboratorio propiedades químicas (pH, CE, MO, IMO, P, textura). Para complementar se definieron 3 ambientes de acuerdo a su potencial productivo (bajo, medio y alto) mediante el uso de la rastra veris 3100. Para estimar la producción acumulada de forraje se realizaron 4 cortes de biomasa aérea, con un promedio de cortes a los 1000 GDA. Los resultados indicaron diferencias significativas p=0,01 en la biomasa acumulada según la interacción de ambiente x especie. Las mayores producciones se registraron en el ambiente alto de agropiro 13.960,8 kg MS ha^{-1} y festuca 10.151 kg MS ha^{-1} encontrandose diferencias significativas entre ellas, en el ambiente bajo ambas especies disminuyeron su productividad, pero no se observaron diferencias significativas (ambas produjeron en promedio 3.550kg MS ha^{-1}). El modelo estadístico explicó el 94% de la variabilidad observada. Los modelos de regresión lineal ajustados para la acumulación de forraje en relación a las variables edáficas mostraron que, en festuca, el pH fue la única variable que más explicó la acumulación de biomasa, con un efecto negativo altamente significativo $p < 0,01$. En agropiro, el pH ($p = 0,002$) y la CE ($p = 0,04$), fueron las variables que explicaron el comportamiento de la biomasa acumulada. Ambos modelos explican una alta proporción de la variación en la variable respuesta. Los resultados obtenidos permiten concluir que la productividad de festuca y agropiro está fuertemente influenciada por las condiciones edáficas del sitio, particularmente por la salinidad y la alcalinidad del suelo. Ambas especies mostraron una marcada disminución en ambientes con bajo potencial productivo, propios de zonas halo-hidromórficas.

PALABRAS CLAVE: halo-hidromorficos, salinidad, variabilidad

INTRODUCCIÓN:

La salinidad afecta el crecimiento y producción de los cultivos al reducir el potencial hídrico de la solución del suelo que disminuye la disponibilidad efectiva de agua. Además, se crea un desequilibrio en la oferta de nutrientes dada por la presencia de altas concentraciones de elementos tales como Na, cloruros (Cl), etc., que pueden interferir con la normal nutrición mineral y el metabolismo celular (JK., 2001).
En la región pampeana, históricamente reconocida por su alta fertilidad natural, se observa una marcada variabilidad edáfica expresada en gradientes de textura, profundidad efectiva, contenido de materia orgánica, pH y disponibilidad de nutrientes. Estas diferencias condicionan tanto el rendimiento de los cultivos como la sostenibilidad de los sistemas productivos. En áreas deprimidas, por ejemplo, son frecuentes los problemas de drenaje y salinidad, mientras que en sectores más elevados pueden aparecer signos de acidificación o pérdidas significativas de materia orgánica, como resultado de un uso agrícola intensivo sin reposición adecuada de nutrientes (Taboada, 1999).
Suelos con valores menores al umbral frecuentemente presentan problemas de estructura, densificación con pérdida de macroporosidad, condicionando no solo la captación del agua de las precipitaciones y el

uso eficiente de las mismas sino también la eficiencia en la captura de carbono por parte de los cultivos agrícolas (Quiroga, 2006).

El agropiro (*Thinopyrum ponticum*), por su rusticidad y tolerancia a suelos con alta conductividad eléctrica y pH elevados, constituye una herramienta clave para la recuperación forrajera de ambientes marginales. Su asociación con especies de mejor calidad, como festuca, permite mejorar la oferta de forraje en cantidad y calidad. (Bertram, 2023). Su persistencia en condiciones extremas permite su implantación en sitios con escasa vegetación natural, suelos sódicos o presencia de napa freática cercana. Por otro lado, la festuca (*Festuca arundinacea*) muestra buen comportamiento en ambientes de mayor calidad edáfica, con mejor drenaje y menores niveles de sales, donde puede expresar su alto potencial de producción y calidad forrajera (Vignau *et al.,* 2014; Berone *et al.,* 2007). La complementariedad entre ambas especies permite delinear estrategias de manejo basadas en el uso diferencial del ambiente: agropiro como base estructural en zonas degradadas y festuca en sectores de mayor aptitud productiva. Determinar los nichos ecológicos y los ambientes que cada especie puede ocupar contribuye a una planificación forrajera más eficiente, especialmente en regiones heterogéneas como el noroeste bonaerense.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la productividad de festuca y agropiro por ambientes dentro de un suelo hidrohalomórfico en Gral. Villegas (Bs As). Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa para el manejo y la rehabilitación de estos ambientes, contribuyendo a la sostenibilidad de la producción agropecuaria en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria INTA General Villegas 34°52´03.3´´S, 62°45´59.4´´O, en el noroeste de la provincia de Buenos Aires, sobre suelos con características halohidromórficas. El área correspondiente al lote donde se llevó a cabo el ensayo presenta dos unidades de suelos principales en la carta de suelos a escala 1:50.000. Una unidad compuesta por las series: La Velita, Blaquier, La Tapera, suelo de clase IIs. Esta unidad corresponde a suelos con buenas condiciones para el uso agrícola, presentando limitaciones menores relacionadas principalmente con el suelo (s), como fertilidad natural o leve restricción al drenaje. El relieve suavemente ondulado permite un buen manejo agrícola mecánico. Otra unidad está compuesta por las series Pichincha, La Tapera, Blaquier, suelo de clase IV, representando una mezcla de suelos que aparecen de forma entrelazada, con limitaciones severas para el uso agrícola debido a la pendiente (s) y al exceso de agua (w). Estas condiciones dificultan el laboreo y aumentan el riesgo de erosión y anegamientos temporales.

Se sembraron dos franjas puras con las especies forrajeras agropiro soft y festuca colona (30 kg ha^{-1} y 15 kg ha^{-1} respectivamente) en siembra directa a surco abierto el 29 de mayo de 2024. Ambas franjas atravesaron gradientes naturales de variabilidad edáfica.

Se seleccionaron sitios por franja, antes de la siembra, mediante observación visual de la vegetación preexistente del antecesor (moha y gramón) para representar distintos niveles de productividad potencial. En cada sitio se tomaron muestras de suelo (0–20 cm de profundidad) para determinar: pH y Conductividad eléctrica (CE) (1:2,5), textura, fósforo Bray (P (ppm)), porcentaje de materia orgánica (% MO), índice de materia orgánica (IMO), y porcentajes de arena, limo y arcilla. Además, se utilizó la rastra veris para medir la conductividad eléctrica aparente (CEa) del suelo y delimitar ambientes de productividad (alto, medio y bajo) en el estrato 0-30 cm. En base a este análisis, se establecieron dos ambientes productivos en la franja de festuca alto y bajo, y tres en la de agropiro alto, medio y bajo, con conductividades de 1,6-4,7mS cm^{-1},4,7-5,9 mS cm^{-1}y 5,9 a 13,9 mS cm^{-1} (Figura 1).

Se realizaron cuatro cortes de biomasa durante el 1er ciclo anual en promedio cada 1000 GDA, para cuantificar la productividad acumulada por especie (kg MS ha^{-1}); debido a las condiciones climáticas de verano se optó por hacer un único corte en enero y dejar la pastura que pase ese periodo de estrés hídrico que afectó a la zona durante gran parte del verano.

Para el análisis de los datos se utilizó el software InfoStat (Di Rienzo, 2020), El análisis estadístico incluyó ANOVA para comparar especie, ambiente y su interacción (especie x ambiente) seguido de comparaciones de medias (LSD de Fisher) considerando únicamente los ambientes alto y bajo, excluyendo el ambiente medio por falta de representación en las franjas de festuca. También se realizó

análisis de regresión lineal (modelo de Stepwise) entre variables edáficas y productividad acumulada de forraje.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Se realizó un análisis de la varianza para explicar la variación de la biomasa acumulada por ambiente, especie y su interacción (ambiente x especie). El modelo presentó un buen ajuste (R^2=0,94) y la interacción ambiente x especie fue significativa ($p < 0,01$). Los resultados mostraron que en el ambiente alto hay una mayor productividad del agropiro (13.960,8 kg MS ha-1) en relación con festuca (10.151 kg MS ha-1), encontrándose diferencias significativas entre ellas (Tabla 1).

En el ambiente bajo ambas especies tuvieron productividades entre 3 y 4 veces menores, no hallando diferencias significativas, ambas produjeron en promedio 3.550 kg MS ha-1(Tabla 1).

Los modelos de regresión lineal ajustados para la acumulación de forraje en relación con las variables edáficas (pH, CE, MO, IMO, P, % Are, % Lim, % Arc) mostraron que, festuca presentó un mejor ajuste (R^2=0,90), en comparación con agropiro (R^2= 0,88).

En el caso de festuca el pH fue la única variable que mas explicó la acumulación de biomasa, con un efecto negativo altamente significativo ($p < 0,01$). En agropiro el pH ($p = 0,002$) y la CE ($p = 0,04$) fueron las variables que explicaron el comportamiento de la biomasa acumulada. Ambos modelos explican una alta proporción de la variación en la variable respuesta. (Tabla 2).

Los resultados obtenidos reflejan la fuerte influencia del ambiente edáfico sobre la productividad de las pasturas en zonas con limitaciones por salinidad y alcalinidad. La superioridad productiva del agropiro en ambientes de alto potencial sugiere una mejor adaptación a condiciones más favorables, mientras que la respuesta más estable de festuca ante condiciones adversas podría estar relacionada con su tolerancia moderada al estrés salino. La ausencia de diferencias significativas en ambientes de bajo potencial productivo indica que, bajo condiciones restrictivas, ambas especies ven limitada su expresión productiva de manera similar. Los modelos de regresión lineal permitieron identificar al pH como una variable clave que afecta negativamente la acumulación de forraje en ambas especies y la conductividad eléctrica como un factor adicional relevante en agropiro. Estas evidencias subrayan la importancia de considerar las propiedades químicas del suelo en la planificación forrajera, especialmente en ambientes halo-hidromórficos como los del partido de General Villegas, donde las decisiones de manejo deben orientarse a seleccionar especies más tolerantes y a mitigar los efectos del estrés edáfico sobre la productividad ganadera.

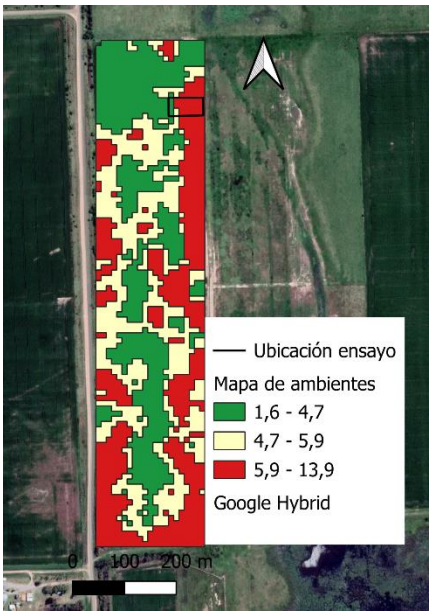


Figura 1. Mapa de ambientes (alto, medio y bajo) y ubicación del ensayo.

Tabla 1. Producción acumulada de agropiro y festuca por ambiente (Kg MS ha^{-1}).

Ambiente	Agropiro (kg MS ha^{-1})	Festuca (kg MS ha^{-1})
Bajo	3.668 C	3.430,7 C
Alto	13.960,8 A	10.151 B
Ambiente x especie p valor		< 0,01

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

Tabla 2. Regresión lineal entre biomasa de agropiro y festuca y las variables edáficas retenidas (con valores de laboratorio): pH, conductividad eléctrica (CE) (dS m^{-1}).

Agropiro	Valor	p-valor
pH	8,9	0,002
CE(dS m^{-1})	0,8	0,04
Festuca		
pH	9,5	< 0,01

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

CONCLUSIONES:

En las condiciones del presente estudio, la productividad forrajera de *Thinopyrum ponticum* (agropiro) y *Festuca arundinacea* (festuca) en un ambiente con variabilidad edáfica y con limitaciones halo-hidromórficas estuvo fuertemente condicionada por la salinidad (CE) y alcalinidad (pH) del suelo. Agropiro mostró mayor productividad en ambientes de alto potencial, evidenciando su capacidad para aprovechar condiciones más favorables, mientras que festuca presentó una menor productividad. En situaciones extremas, ambas especies redujeron significativamente su rendimiento sin diferenciarse entre sí. Los modelos de regresión confirmaron al pH como el principal factor limitante en ambas especies, y a la CE como variable adicional relevante en agropiro.

Asimismo, la ambientación adecuada del lote es clave, dado que los suelos halohidromórficos presentan una gran variabilidad edáfica, destacando la importancia de adaptar la elección de especies forrajeras a las características edáficas locales, permitiendo una planificación más eficiente del uso del suelo y una mejora en la sostenibilidad productiva de sistemas ganaderos en regiones con alta variabilidad ambiental.

BIBLIOGRAFÍA:

Berone, G. a. (2007). Evaluación de pasturas megatérmicas y templadas en ambientes con limitaciones hídricas. Revista Argentina de Producción Animal, 109-120.

Bertram. (Abril de 2023). Uso de agropiro y festuca en ambientes restrictivos. Jornada a campo INTA Marcos Juárez. Obtenido de Uso de agropiro y festuca en ambientes restrictivos. Jornada a campo INTA Marcos Juárez: Recuperado de https://www.valorsoja.com

Di Rienzo, J. A. (2020). InfoStat versión 2020. Obtenido de http://www.infostat.com.ar

JK., Z. (2001). Plant SALT tolerance. Trends Plant Science, Vol 6: 66-71.

Quiroga, A. F. (2006). Barley yield response to soil organic matter and texture in the Pampas of Argentina. Soil & Tillage Research, 90, 63-68.

Taboada, M. A. (1999). Caracterización de la Pampa Deprimida: suelos y limitaciones. Revista de la Facultad de Agronomía (Universidad de Buenos Aires), 99(2), 57–68.

Vignau, B., & et.al. (2014). Festuca arundinacea: adaptación y productividad en distintas condiciones edáficas. Agroproductividad, 7(2), 25-30.

CONTROL QUÍMICO DE *BASSIA SCOPARIA (L.)* A.J. SCOTT EN BARBECHO SOBRE SUELOS SALINOS DE LA REGIÓN PAMPEANA

Montes, C. D.[1*]; J. C. Montoya[2]

[1] INTA AER General Pico.
[2] INTA EEA Anguil, La Pampa.
* montes.camilo@inta.gob.ar

RESUMEN: La expansión de ambientes afectados por salinidad y sodicidad en la región pampeana central, producto del ascenso del nivel freático, el mal drenaje y el cambio en el uso del suelo, ha generado condiciones propicias para el establecimiento y proliferación de malezas halotolerantes como *Bassia scoparia* (L.) A.J. Scott. Esta especie anual, de emergencia rápida y alta producción de semillas, se ha consolidado como una de las principales problemáticas en los barbechos agrícolas de zonas semiáridas y subhúmedas, especialmente bajo condiciones de estrés edáfico. Su tolerancia a suelos con alta salinidad y sodicidad complica su control químico, reduciendo la disponibilidad de agua y afectando el rendimiento de cultivos sucesores. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de diferentes tratamientos herbicidas postemergentes sobre *B. scoparia* en suelos con propiedades fisicoquímicas contrastantes. Se realizaron tres ensayos a campo durante 2023, bajo condiciones de secano en General Pico (La Pampa) y Quenumá (Buenos Aires), donde se evaluaron 17 tratamientos que combinaron diferentes principios activos con distintos modos de acción. Las evaluaciones visuales a 15 y 30 días después de la aplicación (DDA) revelaron diferencias significativas entre sitios y tratamientos. El control con glifosato solo fue consistentemente bajo (<55%), lo que sugiere la presencia de biotipos resistentes. En cambio, combinaciones como glifosato + saflufenacil y glufosinato + 2,4-D alcanzaron niveles de control superiores al 80% en la mayoría de los sitios, mostrando mayor estabilidad entre ambientes. Herbicidas hormonales como 2,4-D, dicamba, fluroxypyr y MCPA demostraron sinergia en mezclas con otros activos. La producción de biomasa aérea de *B. scoparia* en los testigos alcanzó hasta 2500 kg MS ha^{-1}, mientras que los tratamientos más eficaces lograron reducciones significativas, además de conservar hasta 194 mm más de agua en el perfil (0–100 cm) y mayores niveles de nitrógeno disponible (hasta 203 kg $N\text{-}NO_3^-$ ha^{-1} más que en testigos). Esto demuestra que el control químico efectivo no solo reduce la competencia, sino que mejora la disponibilidad de recursos para el cultivo siguiente. En conclusión, el control postemergente de *B. scoparia* debe considerar tanto el estadio de desarrollo de la maleza como las propiedades del suelo. El uso de mezclas con herbicidas de distintos modos de acción, particularmente hormonales y de contacto, resultó clave para maximizar la eficacia y prevenir la selección de biotipos resistentes. Se recomienda un diagnóstico previo del lote y la aplicación temprana como estrategias centrales para el manejo sustentable de esta especie en ambientes afectados por salinidad y sodicidad.

PALABRAS CLAVE: pH del suelo; materia orgánica; herbicidas postemergentes

INTRODUCCIÓN:

Bassia scoparia [*Kochia scoparia* (L.) A.J. Scott], conocida como Morenita, es una maleza anual de hoja ancha que se ha consolidado como una de las principales problemáticas en los sistemas agrícolas de la región semiárida y subhúmeda pampeana (Montes *et al*., 2024). Su rápida germinación, crecimiento acelerado y alta producción de semillas (Friesen *et al.,* 2009; Stallings *et al.,* 1995) le otorgan una ventaja competitiva frente a los cultivos, especialmente bajo condiciones de estrés ambiental.

Esta especie se destaca especialmente por su tolerancia a condiciones edáficas adversas, como la salinidad y sodicidad (Friesen *et al.,* 2009; Geddes y Sharpe, 2022), frecuentes en la región de estudio. Su raíz profunda y su capacidad de osmorregulación le permiten adaptarse a suelos con alta salinidade (Flowers y Colmer, 2008; Munns y Tester, 2008; Parida y Das, 2005), *B. scoparia* logra sobrevivir y crecer en suelos con elevados niveles de sales solubles, colonizando ambientes degradados por procesos de salinización y sodificación, fenómenos en aumento en la cuenca noreste de La Pampa.

En la región, por ejemplo, el ascenso del nivel freático y la insuficiente capacidad de drenaje superficial han favorecido la expansión de áreas afectadas por salinidad y sodicidad, con más de 105.000 ha ya comprometidas y un riesgo creciente sobre 200.000 ha adicionales en los próximos años (Vázquez y de Elorriaga, 2024). Este proceso se ve potenciado por cambios en el uso del suelo, como la reducción de cultivos de invierno y pasturas, y el aumento de superficies sin cobertura vegetal, que aceleran la degradación edáfica y crean condiciones ideales para el establecimiento y proliferación de malezas halotolerantes como *B. scoparia*.

El impacto agrícola y económico es significativo, ya que la presencia de *B. scoparia* en barbechos y cultivos afecta la disponibilidad de humedad, reduce rendimientos y aumenta los costos de manejo. Aunque los herbicidas quemantes aplicados en barbecho actúan principalmente por contacto y no dependen directamente de las propiedades químicas del suelo, estas pueden afectar indirectamente la eficacia al modificar el vigor y estado hídrico de las plantas en el momento de la aplicación (Kumar *et al*., 2019). Asimismo, la variabilidad genética de *B. scoparia* facilita la rápida adaptación a presiones selectivas, complicando su control químico (Mangistu y Messersmith, 2002; Beckie *et al.,* 2016).

En este contexto, comprender la interacción entre la biología de la maleza y las propiedades edáficas es fundamental para desarrollar estrategias de manejo más efectivas. El control de *B. scoparia* en ambientes salinos y sódicos constituye un desafío creciente para los barbechos agrícolas en la región pampeana central, con implicancias directas en la sustentabilidad productiva y ambiental. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de diferentes tratamientos herbicidas postemergentes sobre *B. scoparia* en suelos con propiedades fisicoquímicas contrastantes.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Durante la campaña 2023 se llevaron a cabo tres ensayos de campo bajo condiciones de secano en General Pico (La Pampa) —ensayos PicoA y PicoC— y Quenumá (Buenos Aires). Las coordenadas geográficas fueron: Pico (35°39′ S, 63°44′ O) y Quenumá (36°34′ S, 62°32′ O).

Caracterización de los sitios

Previo a la aplicación de los tratamientos, se recolectaron muestras de suelo de cada sitio a una profundidad de 0–10 cm para determinar sus propiedades físico-químicas. Se analizaron textura, contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico (CIC), pH y densidad aparente. Además, se registraron condiciones meteorológicas al momento de la aplicación y se estimó el estado de infestación de *B. scoparia* (cobertura, altura promedio y densidad de plantas).

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del suelo (0–10 cm).

Propiedades del suelo	PicoA	PicoC	Quenumá
Textura	Franco arenoso	Franco arenoso	Arenoso Franco
Arcilla, Limo, Arena (%)	8, 36, 56	8, 28, 64	6, 16, 78
Materia orgánica (%)	1.9	1.6	1.6
CIC (cmolc kg^{-1})	10.4	10.9	9.1
pH	8.6	9.5	6.5
Densidad aparente 0-10 cm (g cm^{-3})	1.32	1.42	1.43
Densidad aparente subsuperficial (g cm^{-3})	1.35	1.45	1.45

Diseño experimental y tratamientos

En cada sitio se evaluaron 17 tratamientos herbicidas, incluyendo combinaciones de glifosato con ingredientes activos pertenecientes a diferentes mecanismos de acción: auxínicos (2,4-D, dicamba, halauxifen, MCPA, fluroxypyr), inhibidores de PPO (saflufenacil, carfentrazone), glufosinato, bromoxinil, paraquat, entre otros. Todos los tratamientos se aplicaron con un coadyuvante metilado (150 cm^3 ha^{-1}), a excepción del testigo sin herbicida.

Las aplicaciones se realizaron cuando las plantas de *B. scoparia* estaban en estadio vegetativo, con alturas promedio de 4 a 15 cm, dependiendo del sitio.

Evaluaciones

Se realizaron evaluaciones visuales de control a los 15 y 45 días después de la aplicación (DDA), utilizando la escala porcentual propuesta por la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM, 1974), en la que 0% representa ausencia de control y 100% muerte total de la maleza. A los 60 DDA, se recolectó la biomasa aérea verde de *B. scoparia* en una superficie de 0.25 m² por unidad experimental. Las muestras se secaron en estufa hasta peso constante y se determinó la materia seca (MS kg ha^{-1}). Adicionalmente, en cada sitio se tomaron muestras de suelo a 0–100 cm de profundidad en el tratamiento testigo y en el tratamiento de mayor eficacia, para analizar humedad edáfica y contenido de nitratos.

Análisis de datos

Los datos fueron analizados mediante ANOVA y pruebas de comparación de medias (DMS, $p < 0.05$) para determinar diferencias significativas entre tratamientos y entre sitios. También se evaluó la interacción tratamiento × sitio para estimar la estabilidad de los tratamientos frente a las distintas condiciones edáficas.



Figura 1. Parcela experimental con infestación de *B. scoparia* 45 días después de la aplicación de herbicidas en barbecho químico, en General Pico, La Pampa, Argentina. Se observan diferencias en la respuesta de la maleza entre tratamientos, con sectores donde se evidencia necrosis foliar parcial y otros con supervivencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Evaluación a 10–15 días después de la aplicación (DDA)

Los resultados iniciales mostraron diferencias significativas en el control de *B. scoparia* entre T y localidades, reflejando la compleja interacción entre características edáficas, estado fisiológico de la maleza y variabilidad genética (Figura 2). Solo los T10 (glifosato + saflufenacil) y T13 (glufosinato + 2,4-D) presentaron una eficacia relativamente estable entre sitios ($p > 0.05$), con niveles de control promedio de 61% y 85%, respectivamente, lo que sugiere un desempeño más consistente en distintos ambientes. En contraste, glifosato solo (T1 y T2) mostró un control deficiente (<55%), particularmente en PicoA y PicoC, lo que coincide con reportes recientes de evolución de resistencia múltiple en poblaciones locales (Montoya *et al.,* 2022; Yanniccari & Gigón, 2023). Esta baja eficacia sugiere que el uso continuo y sin rotación de glifosato ha favorecido la selección de biotipos resistentes.

El paraquat (T14) logró un control excelente en PicoA (98%) y PicoC (94%), pero fue ineficaz en Quenumá (11%). Esta marcada variabilidad probablemente se deba al mayor tamaño y estado fenológico avanzado de las malezas en Quenumá, que reduce la penetración y eficacia del herbicida de contacto. Situaciones similares se observaron con glufosinato (T12), evidenciando que la etapa de desarrollo de la maleza es un factor crítico para la eficacia, especialmente para herbicidas de acción foliar y contacto.

Por otro lado, combinaciones como glifosato + halauxifen (T4) y glifosato + dicamba (T7) fueron más efectivas (Figura 2) en Quenumá (75–85%), probablemente debido a diferencias en características edáficas y ambientales que afectan la absorción y translocación de los herbicidas.

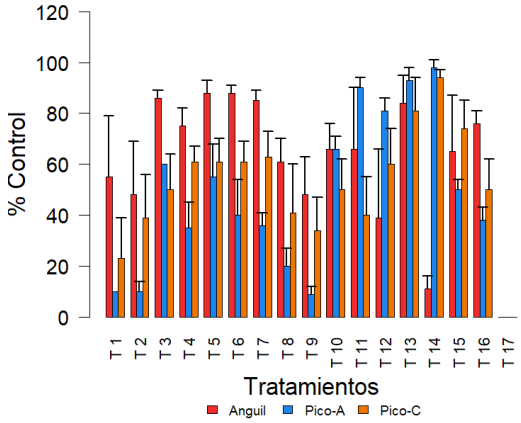


Figura 2. Porcentaje de control visual de *B. scoparia* a los 10–15 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos herbicidas en tres sitios experimentales: Anguil (La Pampa), Pico-A y Pico-C (General Pico, La Pampa). Las barras representan el promedio ± error estándar de cuatro repeticiones por tratamiento y sitio.

Evaluación a 25–30 días después de la aplicación

A mediano plazo, los T3, T5, T6, T8, T10, T13 y T16 mantuvieron un control uniforme (75–95%) en la mayoría de los sitios, sin interacción significativa ensayo × T (Figura 3). Destacan las combinaciones con herbicidas hormonales como 2,4-D, fluroxypyr y MCPA, que potencian la eficacia cuando se aplican en mezclas con glifosato o glufosinato, reafirmando la importancia de diversificar modos de acción para evitar o retrasar la evolución de resistencia.

El T8 (dicamba) mostró un control variable y menor que en estudios previos, lo que podría estar relacionado con dosis subóptimas o resistencia incipiente en algunas poblaciones (Crespo *et al.,* 2014). La mezcla glifosato + saflufenacil (T10) tuvo una eficacia moderada (48–65%), mientras que los T con glifosato solo continuaron mostrando baja eficacia, reforzando la evidencia de resistencia local (Heap, 2023). El glifosato + carfentrazone (T11) logró un control de 80% en Quenumá, aunque con resultados inconsistentes en otros sitios, posiblemente debido a diferencias en la absorción y metabolismo del herbicida.

Los T con glufosinato solo (T9 y T12) fueron ineficaces a 25–30 DDA (Figura 3), evidenciando rebrote de maleza, lo que apunta a la necesidad de combinaciones o aplicaciones tempranas para evitar escapes. Bromoxinil (T15) mantuvo baja eficacia, indicando que no es adecuado para el control efectivo de *B. scoparia* en estas condiciones.

Producción de materia seca, agua y nitrógeno remanente

Al finalizar los ensayos (60 DDA), la biomasa aérea en parcelas testigo alcanzó hasta 2500 kg MS ha^{-1}, con variación significativa entre sitios debido a factores ambientales y edáficos.La mezcla glufosinato + 2,4-D (T13) se destacó por reducir consistentemente la biomasa en todos los ensayos, sin interacción significativa T × ambiente, evidenciando su robustez y estabilidad en diferentes condiciones.

Por el contrario, T con glifosato solo, incluso con coadyuvantes, y mezclas con carfentrazone, saflufenacil o picloram mostraron desempeño subóptimo. La inclusión de herbicidas hormonales mejoró notablemente el control, subrayando la importancia de la combinación de modos de acción para maximizar la eficacia.

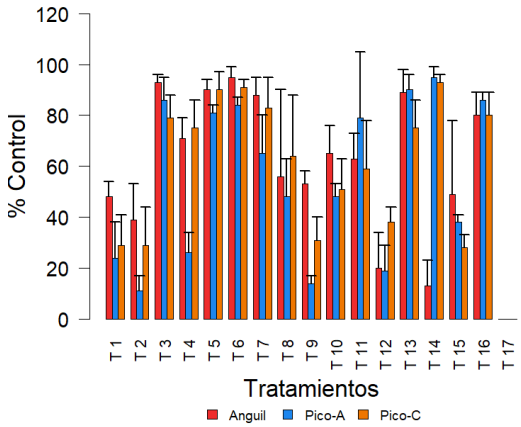


Figura 3. Porcentaje de control visual de *B. scoparia* a los 25–30 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos herbicidas en tres sitios experimentales: Anguil (La Pampa), Pico-A y Pico-C (General Pico, La Pampa). Las barras representan el promedio ± error estándar de cuatro repeticiones por tratamiento y sitio.

Los T efectivos permitieron conservar entre 78 y 194 mm más de agua en el perfil del suelo (0–100 cm) en comparación con los testigos (Figura 4), representando una ventaja agronómica significativa para el cultivo siguiente. Asimismo, la mayor disponibilidad de nitratos en el perfil (hasta 203 kg $N\text{-}NO_3^-$ ha^{-1} más que en testigos) sugiere que el control eficiente de *B. scoparia* reduce la competencia por recursos y limita la pérdida de nutrientes por lixiviación (Figura 5), contribuyendo a la sustentabilidad del sistema.

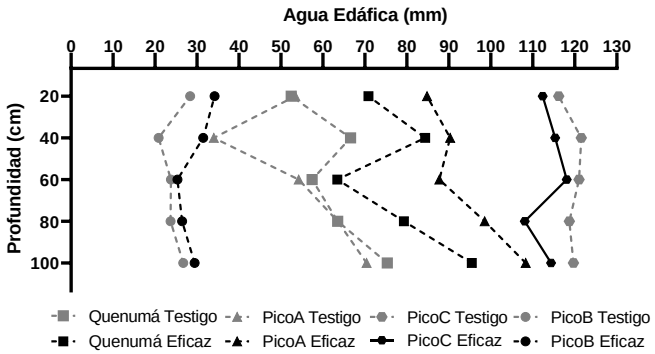


Figura 4. Distribución de agua en el perfil del suelo hasta los 100 cm de profundidad, comparando un tratamiento eficiente con el testigo en los diferentes ensayos.

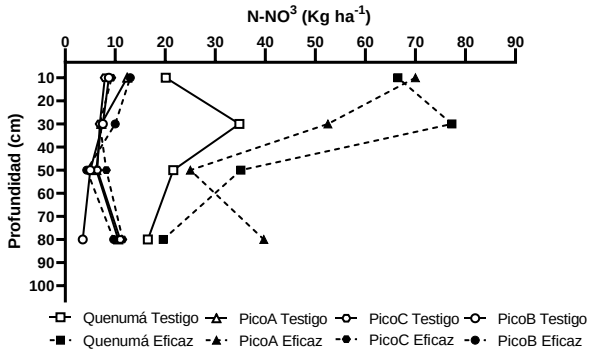


Figura 5. Distribución de nitratos medido en kg por hectárea en el perfil del suelo hasta los 100 cm de profundidad, comparando un tratamiento eficiente con el testigo en los diferentes ensayos.

Estos resultados confirman que el manejo químico de *B. scoparia* debe contemplar la aplicación temprana, la combinación de herbicidas con diferentes modos de acción y la adaptación a las condiciones locales para maximizar el control y evitar el desarrollo de resistencias. En particular, se destaca la importancia del control temprano, ya que a medida que *B. scoparia* avanza en su desarrollo y aumenta su tamaño, la eficacia de los tratamientos herbicidas disminuye notablemente, especialmente en el caso de productos de contacto como paraquat o glufosinato. Esto se debe a que plantas más grandes presentan mayor biomasa, cutícula más gruesa, y arquitectura más compleja, lo que reduce la penetración y distribución del herbicida.

CONCLUSIONES:

B. scoparia ha demostrado una notable capacidad de adaptación a ambientes salinos y sódicos, consolidándose como una maleza problemática en los barbechos para los cultivos de la región pampeana central. Los resultados obtenidos evidencian una alta variabilidad en la eficacia de los herbicidas postemergentes según lay el estadio de desarrollo de la maleza al momento de la aplicación. Tratamientos como glifosato + saflufenacil y glufosinato + 2,4-D se destacaron por su efectividad y estabilidad entre sitios, alcanzando niveles de control superiores al 80% en la mayoría de los casos. En contraste, tratamientos basados exclusivamente en glifosato resultaron poco eficaces, lo que sugiere la posible presencia de biotipos resistentes en algunas localidades.

La eficacia de los herbicidas también estuvo influenciada por características del suelo como el pH, la textura y la materia orgánica, así como por el tamaño y vigor de las plantas al momento de la aplicación. Estos resultados resaltan la necesidad de integrar el manejo químico con un diagnóstico previo del estado del lote y de las propiedades del suelo, a fin de seleccionar las combinaciones de ingredientes activos más adecuadas para cada ambiente.

Finalmente, se subraya la importancia de diversificar los modos de acción y monitorear regularmente la eficacia de los tratamientos para evitar la selección de biotipos resistentes y mejorar la sustentabilidad del manejo de *B. scoparia* en sistemas agrícolas afectados por salinización.

BIBLIOGRAFÍA:

ALAM (Asociación Latinoamericana de Malezas). 1974. Métodos de evaluación de herbicidas. ALAM, Montevideo, Uruguay.

Beckie HJ, RE Blackshaw, LM Hall & EN Johnson. 2016. Pollen- and seed-mediated gene flow in kochia (*Kochia scoparia*). Weed Sci. 64(sp1):624–633.

Crespo RJ, ML Bernards & PJ Tranel. 2014. Glufosinate efficacy on Amaranthus tuberculatus is influenced by the rate and time of day of application. Weed Technol. 28(2):233–242.

Friesen LF, HJ Beckie, SI Warwick & RC Van Acker. 2009. The biology of Canadian weeds. 138. *Kochia scoparia* (L.) Schrad. Can. J. Plant Sci. 89(1):141–167.

Geddes CM & SM Sharpe. 2022. Environmental and physiological drivers of herbicide resistance evolution in kochia (*Bassia scoparia*). Pest Manag. Sci. 78(5):1923–1932.

INTA Anguil. 2025. Informe técnico sobre procesos de salinización en la región noreste de La Pampa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Kumar V, P Jha & PW Stahlman. 2019. Influence of soil properties on herbicide efficacy and weed control: A review. Weed Sci. 67(1):1–10.

Mangistu A & CG Messersmith. 2002. Genetic variation in kochia (*Kochia scoparia*) response to herbicides. Weed Sci. 50(5):537–543.

Montoya JC, CD Montes & R Gigón. 2022. Resistencia múltiple de Bassia scoparia a herbicidas en la región pampeana. Rev. Malezas 30(1):45–52.

Munns R & M Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol. 59:651–681.

Parida AK & AB Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicol. Environ. Saf. 60(3):324–349.

Stallings GP, DC Thill & B Shafii. 1995. Growth and competitiveness of herbicide-resistant and -susceptible kochia (*Kochia scoparia*). Weed Sci. 43(4):491–497.

Vázquez PM & E de Elorriaga. 2024. Influencia geológica sobre el riesgo de salinización de suelos en el noreste de La Pampa. En: XII Congreso Argentino y XVI Congreso Latinoamericano de Hidrogeología: "Agua subterránea, retos para una gestión sostenible", Santa Rosa, La Pampa. Editorial UNLPam. ISBN 978-950-863-515-0. Recuperado de: https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/22389

Yanniccari M & R Gigón. 2023. Evolución de biotipos de *Bassia scoparia* resistentes a glifosato y dicamba en sistemas agrícolas pampeanos. Rev. Argent. Agron. 91(2):98–105.

EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA A SALINIDAD DE MUTANTES DE TRIGO EN UN BIOENSAYO SIN SUELO

Morata, M. M.[1]; F. Reartes[3]; G. Breccia[2]; C. Ghione[3]; L. Lombardo[3*]; G. M. Nestares[1-2]

[1] Facultad de Ciencias Agrarias de Rosario UNR, Argentina.
[2] Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario, Universidad Nacional de Rosario, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IICAR, UNR, CONICET), Argentina.
[3] Grupo Biotecnología y Recursos Genéticos, INTA EEA Marcos Juárez, Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.
* lombardo.lucio@inta.gob.ar

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue caracterizar la respuesta a salinidad de mutantes de trigo, desarrollados en la EEA INTA Marcos Juárez, mediante un bioensayo sin suelo basado en placas impresas con tecnología 3D. Los genotipos evaluados fueron: Mut SAL 4, Mut SAL 7 y Mut SAL 10. Se incluyeron como testigos las variedades comerciales Baguette 11 y BioINTA 1005. Las semillas fueron sometidas a una desinfección superficial con hipoclorito de sodio. El soporte de germinación fue una placa 3D contenida en un recipiente plástico con 15 ml de solución de las siguientes concentraciones de NaCl: 0 – 50 – 100 – 150 – 200 mM. La incubación se realizó en condiciones de temperatura y humedad controladas (25 ± 2ºC – 60%) bajo un fotoperíodo de 16h luz por 7 días. El diseño experimental fue completamente aleatorizado (DCA) con 4 repeticiones. La unidad experimental consistió en 16 semillas. Cumplido el período de incubación se evaluó el porcentaje de germinación. Luego las plántulas obtenidas se seccionaron en parte aérea y radical y se evaluó: longitud de raíz (LR), longitud aérea (LA), peso fresco de raíces (PFR), peso fresco aéreo (PFA), peso seco de raíces (PSR) y peso seco aéreo (PSA). Se efectuaron pruebas de normalidad y de homogeneidad de variancias, los datos se analizaron por ANOVA y las medias se compararon por la prueba de Tukey. La placa impresa en 3D facilitó la evaluación de la respuesta a salinidad. El análisis de la variancia encontró efecto significativo para las fuentes de variación genotipo y dosis para todas las variables. La interacción cultivar x dosis resultó significativa para LR y LA. Para los cinco genotipos (3 mutantes y 2 testigos) los tratamientos con NaCl produjeron una reducción del porcentaje de germinación, así como de todas las variables de crecimiento evaluadas. La prueba de comparación de medias de Tukey encontró diferencias significativas entre las dosis evaluadas para todos los genotipos y variables evaluadas. La variable LR fue la más informativa para discriminar entre los testigos y mutantes, en el estadio evaluado. La dosis de 100 mM posibilitó discriminar por inspección visual los diferentes grados de tolerancia: los testigos desarrollaron raíces menores o iguales a 2 cm mientras que los mutantes superaron dicho valor. El mutante Mut SAL 10 fue el que mostró el mejor comportamiento, su desarrollo radicular se afectó en menor medida siendo el genotipo con mayor tolerancia. Mediante el presente trabajo se optimizó el bioensayo germinativo sin suelo, en placas 3D, para seleccionar plantas de trigo con tolerancia a salinidad. Fue posible discriminar por inspección visual los diferentes niveles de tolerancia en base a la longitud de raíces a la dosis de 100 mM. El presente protocolo constituye una metodología promisoria para la identificación temprana de individuos tolerantes.

PALABRAS CLAVE: *Triticum aestivum* L., tolerancia a salinidad, selección temprana

DESEMPEÑO MICROBIANO EN SUELOS A LO LARGO DE UN GRADIENTE DE SALINIDAD

Ortiz, J.[1]; N. Bertram[2-3*]

[1] EEA INTA Marcos Juárez.
[2] EEA INTA Balcarce.
[3] Facultad de Cs. Agr. UNR; Ruta Provincial 3, km 1,5, (2550), Córdoba.
* bertram.nicolas@inta.gob.ar

RESUMEN: La salinización del suelo constituye una de las formas más severas de degradación edáfica. Las inundaciones extraordinarias ocurridas entre 2016 y 2017 en el sudeste de Córdoba provocaron un marcado ascenso de las napas freáticas, lo cual desencadenó procesos de salinización. Esta situación afectó especialmente a los suelos Molisoles de clase I pertenecientes a la serie Marcos Juárez, históricamente reconocidos por su alta capacidad productiva y por no presentar limitaciones. Estudios realizados por el INTA Marcos Juárez registraron un ascenso de hasta once metros en el nivel freático para el periodo 2016-2017. El ascenso freático produjo una acumulación de sales y sodio en el perfil del suelo, comprometiendo su estructura, fertilidad y funcionalidad. Por tal motivo se seleccionaron siete sitios de un lote afectado por esta problemática, sembrado con avena, evaluando dos profundidades de suelo (0–5 cm y 5–20 cm), las variables medidas fueron cobertura vegetal, pH, conductividad eléctrica metodología 1:2,5 (CE), carbono de biomasa microbiana (CBM) y respiración microbiana (RM). La variabilidad en la CE superficial evidenció distintas situaciones de cobertura en el campo: algunos sitios no lograron establecer cobertura (sitios 1 y 2: SC), otros presentaron cobertura parcial (sitios 3, 4 y 5: CP) y los restantes lograron una alta cobertura (sitio 6 y 7: AC). En los sitios SC, la CE en los primeros centímetros del suelo fue considerablemente elevada, con valores de hasta 17,90 dS/m. En los sitios CP, la CE osciló entre 2,39 y 8,62 dS/m, mientras que en los sitios AC se registraron los valores más bajos, entre 0,42 y 1,17 dS/m, indicando condiciones más favorables para el desarrollo del cultivo. En cuanto al pH, los sitios SC presentaron los valores más elevados, con rangos de 7,76 a 7,84 en la capa superficial (0–5 cm) y de 8,11 a 8,20 en el horizonte subsuperficial (5–20 cm). En los sitios CP, el pH fue más moderado, registrando valores entre 6,97 y 7,70 en superficie y entre 7,18 y 7,48 en profundidad. Por su parte, en los sitios AC, el pH se mantuvo dentro de rangos similares a los de CP, con valores de 7,02 a 7,05 en superficie y de 7,14 a 7,15 en profundidad, reflejando condiciones más estables y cercanas a la neutralidad. Se evaluaron las relaciones entre la CE, el pH y variables microbianas CBM y RM. No se encontraron relaciones significativas entre CBM y CE ($R^2 = 0.009$; $p = 0.6993$); y entre CBM y pH ($R^2 = 0.0023$; $p = 0.8439$), indicando que la biomasa microbiana no fue sensible a estos gradientes en las condiciones evaluadas. En cambio, la RM mostró una disminución significativa con el aumento de la salinidad ($R^2 = 0.2322$; $p = 0.0367$), La CE explica el 23, 2% de la variación en RM evidenciando una menor actividad microbiana en suelos más salinos. No se observaron efectos significativos del pH sobre la RM ($R^2 = 0.0569$; $p = 0.3255$). Finalmente, se detectó una asociación positiva significativa entre CE y pH ($R^2 = 0.5119$; $p < 0.001$), lo que indica que los suelos más salinos presentaron valores de pH más elevados. Aunque la salinidad redujo significativamente la actividad microbiana, el CBM se mantuvo. Esto indica que existe una comunidad latente o tolerante que, bajo condiciones más favorables, podría reactivarse y restaurar procesos claves del suelo. Su estímulo puede constituir en una estrategia clave de mitigación, especialmente en suelos de clase I, que han sido degradados recientemente pero que aún conservan parte de su potencial biológico.

PALABRAS CLAVE: napas freáticas, degradación edáfica, actividad microbiana

DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERIMENTAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA AL ESTRÉS COMBINADO SALINIDAD-HIPOXIA EN *CHLORIS GAYANA*

Ribotta, A.[1-2*]; S. Griffa[1-2]; E. López Colomba[1-2]; K. Grunberg[1-2]

[1] Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales (IFRGV). Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
[2] Unidad de Estudios Agropecuarios (UDEA) INTA-CONICET. Av. 11 de septiembre 4755 (Camino 60 cuadras km 5,5) X5014MGO, Córdoba.
* ribotta.andrea@inta.gob.ar

RESUMEN: En Argentina la producción ganadera se desarrolla en ambientes edafo-climáticos restrictivos para el crecimiento de pasturas, entre ellos, con presencia de sales solubles en el suelo y ocurrencia de períodos con anegamiento. En este contexto, la obtención de nuevo germoplasma en *Chloris gayana* K. con tolerancia al estrés combinado salinidad-hipoxia es de importancia. Los objetivos del presente trabajo fueron: 1) ajustar un sistema experimental para la evaluación al estrés combinado salinidad-hipoxia (SH) en cultivo hidropónico, y 2) evaluar la respuesta de diferentes cultivares bajo dichas condiciones. Para cumplir con el primer objetivo, en primer lugar, se determinó la condición de hipoxia en el medio de crecimiento en función del tiempo. Luego, utilizando plántulas del cv. Finecut, se realizó un ensayo en cámara de cría, para determinar el momento óptimo de muestreo, para la mayor diferenciación entre tratamientos. Los tratamientos impuestos fueron: solución nutritiva de Hoagland, aireada y no salina (control, C); hipóxico, no salino (H); hipóxico salino (SH) con dos concentraciones de NaCl (300 y 400 mM), agregadas gradualmente de 100 mM por día. La aireación se detuvo 24 h antes de sustituir la solución por otra con agar (0,1 % p/v) desoxigenada, previamente preparada. Se realizaron 4 momentos de muestreo: a 0, 7, 14 y 21 días de estrés. Se midió altura de plántula (Alt), longitud máxima de raíz (LR), peso seco aéreo (PSA) y de raíz (PSR) y se aplicó ANAVA para un modelo bifactorial con interacción tratamiento x tiempo de muestreo y prueba LSD Fisher ($P<0,05$), usando software InfoStat. Para el segundo objetivo, se evaluaron los cultivares: Katambora, Finecut Reclaimer, Tolga y Santana bajo estrés combinado. Se determinó el PSA y PSR, a los 14 días de estrés y se realizó ANAVA para un DCA y prueba LSD Fisher ($P<0,05$). Los resultados mostraron, por un lado, que el contenido de oxígeno (OD ppm) al cuarto día de preparada la solución con agar depletó a 1 ppm en los tratamientos SH y H en relación con los tratamientos aireados (C y S). Por otro lado, se determinó que el momento óptimo de muestreo fue a los 14 días de estrés, debido a que se observó la mayor diferenciación entre los tratamientos (C, H y SH) y en todas las variables, excepto en LR. Con respecto a la diferenciación de los cultivares en SH, utilizando la metodología ajustada para el objetivo 1, los cultivares Tolga y Katambora fueron los que presentaron menor daño en PSR, con respecto a la condición control y también con menor daño en Katambora en PSA. En conclusión, se logró ajustar el sistema experimental para estrés combinado salinidad-hipoxia, con el deplete natural del O_2 del medio de crecimiento en 4 días y que el período óptimo de estrés y muestreo fue a los 14 días de duración del estrés. Además, la utilización de este protocolo permitió determinar respuesta diferencial al estrés combinado entre cultivares de *Chloris gayana*.

PALABRAS CLAVE: estrés combinado, protocolo, *Chloris gayana*

POTENCIAL DE SELECCIÓN PARA TOLERANCIA A SALINIDAD EN 11 SUBTIPOS DERIVADOS DE UN CRUZAMIENTO INTRAESPECÍFICO EN AGROPIRO CRIOLLO (*ELYMUS SCABRIFOLIUS*)

Rosetti Godoy, J. F.[1*]; P. N. Rush[1]; G. E. Schrauf[1]; J. M. Zabala[4]; C. E. Di Bella[2-3]

[1] Catedra de Genética.
[2] Catedra de Forrajicultura, Facultad de Agronomía, UBA.
[3] IFEVA-CONICET.
[4] Instituto de Ciencias Agropecuarias del Litoral, CONICET, UNL.Av. San Martín 4453 - C1417DSE, Buenos Aires, Argentina
* jrosetti@agro.uba.ar

RESUMEN: Agropiro criollo (*Elymus scabrifolius* (Döll) J. H. Hunz) es una gramínea forrajera nativa de alto valor para la ganadería en ambientes marginales con suelos halomórficos. En este contexto, el Programa de Mejoramiento de Especies Forrajeras de la UBA y UNL desarrolló el cultivar comercial "El Triunfo", caracterizado por su buen potencial productivo y calidad forrajera. A partir del cruzamiento entre "El Triunfo" y un material recolectado en un ambiente de extrema salinidad, denominado "404", se obtuvo una progenie F7. El objetivo de este trabajo fue evaluar la variabilidad intraespecífica en la respuesta al estrés salino en 11 subtipos selectos de dicha progenie, con el propósito de identificar genotipos promisorios para el desarrollo de nuevos cultivares adaptados a condiciones salinas. Para ello, se sembraron semillas de los 11 subtipos en placas de Petri sobre papel secante utilizando una cámara de germinación con alternancia de temperatura (15°C durante 12 hs a oscuras y 20°C durante 12 hs con luz), seleccionándose 60 plántulas homogéneas por subtipo luego de 18 días. Cada una de estas plántulas fue trasplantada a plugs de 3 cm de diámetro y 5 cm de altura, cultivadas en invernáculo, utilizando un sustrato de perlita y turba. Luego de 54 días de crecimiento sin limitaciones hídricas ni nutricionales (aplicación de fertilizante liquido: Nitrógeno 18% Fosforo 1% Potasio 4%), las plantas fueron sometidas durante 33 días a tres tratamientos: Control (sin salinidad), Salinidad Media (SM; 8 dS/m) y Salinidad Alta (SA; 16 dS/m), mediante la adición de NaCl al sustrato. En total se trabajó con 495 unidades experimentales (11 subtipos x 15 repeticiones x 3 tratamientos). Al inicio y al final del experimento, se secó y pesó la biomasa aérea y subterránea para calcular la tasa de crecimiento relativo (TCR). Los datos fueron analizados mediante ANOVAs (LSD Fisher; $P < 0.05$). Se encontró una alta variabilidad en la respuesta de los subtipos frente a los tratamientos evaluados ($P < 0.0001$). El subtipo 4.2 se destacó por su buen desempeño en condiciones control y salinidad media, manteniendo además una respuesta aceptable en salinidad alta. Los subtipos 4.17 y 4.13 se destacaron por su elevada producción y estabilidad frente al aumento de salinidad. En cambio, el subtipo 4.14 mostró bajo rendimiento tanto en condiciones control como salinas. En promedio, la salinidad redujo la TCR en un 29% en los tratamientos SM y SA. Los resultados obtenidos evidencian una importante variabilidad genética en la respuesta a estrés salino dentro de esta progenie de agropiro criollo, lo cual representa una valiosa oportunidad para orientar programas de mejoramiento hacia la selección de genotipos tolerantes, destinados a sistemas productivos en ambientes con limitaciones por salinidad.

PALABRAS CLAVE: mejoramiento genético, gramínea forrajera, El Triunfo.

ESPECIES HERBÁCEAS COMO INDICADORES DE AMBIENTES SALINO SÓDICOS EN EL SUR DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA, UN ESTUDIO PRELIMINAR

Salafia, A.[1*]; P. Blanco[1*]; S, Magra[1*]; J, Damiani[2]; C. Alvarez[1]; C. Nuñez[3]

[1] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
[2] Asesor privado Estancia Las Mercedes.
[3] Universidad Nacional de Río Cuarto.
* salafia.analia@inta.gob.ar, blanco.paola@inta.gob.ar, magra.sofia@inta.gob.ar

RESUMEN: Los ambientes salino-sódicos constituyen una limitante creciente para la productividad agropecuaria en el sur de la provincia de Córdoba. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar las comunidades herbáceas presentes en dichos ambientes, evaluando su valor como indicadores de condiciones edáficas e hidrológicas. A partir de un abordaje exploratorio en campo y revisión bibliográfica, se relevaron 19 especies que presentaron hábitos de crecimiento, requerimientos y valores forrajeros diversos, destacándose *Paspalum vaginatum, Panicum bergii* y *Lotus corniculatus* por su alto potencial forrajero, y *Atriplex undulata* y *Allenrolfea vaginata* por su rol ecológico en ambientes extremos. Como resultado, se desarrolló un herbario virtual como herramienta de consulta técnica. Este trabajo sienta las bases para futuros estudios orientados a mejorar el manejo productivo y la planificación ambiental en regiones con suelos halomórficos.

PALABRAS CLAVE: ambiente, especies, halomórfico

INTRODUCCIÓN:

En todos los continentes hay extensas áreas con suelos afectados por problemas de salinidad y/o alcalinidad. Según Szabolcs (1979) a nivel mundial, la superficie afectada es de 954.832 x 10 ha, correspondiéndole a Argentina 0,32 x 10 km² es decir aproximadamente el 11% del total de sus tierras (Maddaloni, 1986).

La salinización y sodificación de suelos representan una de las principales formas de degradación edáfica en regiones áridas, semiáridas y subhúmedas del mundo. En Argentina, esta problemática alcanza una magnitud significativa, posicionando al país como el tercero a nivel mundial en superficie afectada por halomorfismo, luego de Rusia y Australia (Taleisnik *et al*., 2007). Estas formas de degradación impactan negativamente la capacidad productiva de los suelos, reducen la biodiversidad vegetal y limitan los usos agrícolas, aunque no necesariamente su potencial para actividades ganaderas extensivas.

En particular, el sur de la provincia de Córdoba presenta una amplia distribución de ambientes salino-sódicos, originados por la combinación de factores climáticos, geomorfológicos e hidrogeológicos que favorecen el ascenso capilar de napas freáticas salinas, procesos de anegamiento y la acumulación superficial de sales (Cisneros *et al.,* 2007). En estos paisajes dominados por relieves planos y escaso drenaje, las sales solubles y el sodio intercambiable se convierten en los principales condicionantes del comportamiento físico-químico del suelo y de la distribución de la vegetación.

Lejos de tratarse de espacios improductivos, estas áreas albergan comunidades vegetales adaptadas, muchas de ellas con valor forrajero, que se desarrollan según la profundidad de la napa freática y la composición salina del suelo (Karlin *et al*., 2012). El reconocimiento y caracterización de estas especies resulta fundamental para establecer unidades de manejo homogéneas, con miras a diseñar estrategias de uso sustentable, particularmente en los contextos de ganadería extensiva o conservación de recursos naturales.

Los ambientes con vegetación natural evidencian claramente su doble función estabilizante ecológica, muestra que además de ser un factor de regulación y equilibrio ambiental es el recurso sobre el que se basa la productividad de las tierras.

Hay una necesidad de conocimientos de la vegetación en lo referido a su composición florística, organización espacial y relación con factores ambientales, aspectos que simplifican y posibilitan los estudios de evaluación de tierras y capacidad productiva de los sistemas de vegetación.

Estos conocimientos constituyen herramientas básicas para elaborar modelos tecnológicos optimizados de producción agropecuaria.
En este marco, el presente trabajo tiene como objetivo: caracterizar las especies herbáceas presentes en ambientes salino sódicos del sur de la provincia de Córdoba. identificando sus relaciones con las condiciones edáficas y el ambiente hidrohalomórfico. Este conocimiento contribuirá al diagnóstico ambiental de estos sistemas y al diseño de prácticas de manejo ajustadas a sus potencialidades y limitaciones.

Objetivos específicos
Relevar las especies predominantes en cada ambiente.
Analizar taxonómica y morfológicamente cada especie relevada.
Generar un herbario virtual a partir de un tablero dinámico.

MATERIALES Y MÉTODOS:
El análisis exploratorio se llevó adelante en el establecimiento agrícola ganadero “Las Mercedes” ubicado a 15 km al norte de la localidad de Laboulaye (-33.928563; -63.389491).
El mismo cuenta con 4200 has, de las cuales 1615 has presentan aptitud agrícola, destinándose en su totalidad a cultivos extensivos (soja, maíz, girasol y cultivos de servicio). De los 2585 restantes, 1166 has, de aptitud agrícola intermedia, son destinadas al planteo ganadero, en las cuales se realizan pasturas perennes, maíz diferido y sorgo forrajero. Las has restantes (1419 has) son de pastizal natural, con sectores anegables y limitantes edafoclimáticas.



Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de estudio.

A fines de esta investigación, se seleccionaron 4 ambientes correspondientes al sector de bajos anegables, que reúnen 364 has. Se llevó a cabo la identificación de especies presentes en cada sector, comenzando por definir la toposecuencia en:
Loma (colonizado fundamentalmente por Nassella spp.)
Media loma (Distichlis scoparia “Pelo de chancho de hojas finas”).
Bajo (pelo de chancho de hojas gruesas).
Bajo bien bajo: espartillo (*Sporobolus densiflorus*) es la especie que tolera mayor salinidad y anegamiento.
Luego, se caracterizaron teóricamente las zonas de transición, esperando encontrar especies carnosas.
A fines prácticos, se relevaron las parcelas recorriendo al azar y cada sector con el ojo crítico de un ecólogo. La información recopilada fue volcada en un cuaderno de campo, material que sirvió para comenzar con las investigaciones a gabinete.
Se utilizó un barreno para evaluar parámetros texturales y estructurales de suelo. Además, se utilizó un pH-metro para conocer el pH y un conductímetro para determinar Ce (ds/m).
Cada ambiente recorrido mostró diferencias en las especies predominantes, influenciado, en algunos casos, por el manejo antropológico.
A fin de profundizar la caracterización de las especies y confeccionar el herbario, se llevó a cabo una revisión bibliográfica que permitió conocer el hábito de crecimiento, modo de dispersión, requerimientos y registro fotográfico de cada especie.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Relevamiento de las especies predominantes en cada ambiente

Los resultados específicos por ambiente permitieron caracterizar diferencias relevantes:

Ambiente 1: Se identificó un horizonte Bt_{kn} a los 25 cm mediante barreno, asociado a procesos de acumulación de arcilla, carbonatos y sodio. El pH fue levemente alcalino (7,46), y la conductividad eléctrica marcó 1,36 dS/m, aunque posiblemente alterada por lluvias recientes. El paisaje estuvo dominado por *Pappophorum caespitosum* y *Atriplex undulata*, con presencia de *Poa ligularis* var *residulosa* y *Digitaria sanguinalis*, indicando cierta heterogeneidad florística con especies de diferentes calidades forrajeras.

Ambiente 2: Se observó una marcada influencia de especies implantadas, como el **agropiro**, sembrado al comienzo del año 2019 con una densidad de 30 kg/ha, el cual tuvo una implantación exitosa. El mismo, desplazó a nativas de menor valor forrajero como *Atriplex undulata*. Este lote se destacó por mostrar sectores de mayor fertilidad edáfica, donde el cultivo implantado presentó un desarrollo vigoroso. También se registraron *Panicum bergii*, *Paspalum vaginatum*, *Eragrostis lugens*, *Malvella leprosa* y *Heliotropium curassavicum*. El uso ganadero se concentró en 1 a 2 ingresos de hacienda al año.

Ambiente 3: Presentó las mejores condiciones edáficas del relevamiento, con dominio de *Lotus corniculatus*, una leguminosa perenne con excelente valor forrajero y capacidad para mejorar la calidad del forraje disponible.

Ambiente 4: Mostró limitaciones edafoclimáticas más severas, con especies adaptadas a suelos salinos y anegables. Se identificaron *Sporobolus densiflorus* (esparto), *Atriplex undulata* (cachiyuyo)y otras especies carnosas tolerantes a exceso de humedad, lo que indica un ambiente de menor productividad forrajera, pero de importante función ecológica.

Analizar taxonómica y morfológicamente cada especie relevada

Como parte del relevamiento de especies realizado en el establecimiento, se identificaron diversas especies con potencial forrajero en los pastizales naturales. En la Tabla 1 se detallan las principales especies observadas, incluyendo su nombre científico y vulgar, familia taxonómica, hábitos de crecimiento, momento de desarrollo predominante (verano/invierno), así como sus requerimientos edafoclimáticos, formas de propagación y valor forrajero relativo.

Dentro de las especies más destacadas por su calidad nutricional, se identificaron *Paspalum vaginatum*, *Hordeum stenostachys, Panicum bergii* y *Lotus corniculatus*, todas reconocidas por su buen aporte de materia seca y adaptación a ambientes bien drenados y fértiles. Estas especies, en su mayoría de hábito herbáceo perenne y propagación por semillas o rizomas, se desarrollan predominantemente en la estación estival y requieren suelos de buena calidad estructural y química.

Asimismo, se observaron especies adaptadas a condiciones ambientales restrictivas, como *Atriplex undulata* y *Heliotropium curassavicum* que, si bien presentan un valor forrajero bajo a medio, tienen un papel ecológico clave al colonizar suelos salinos o anegables, contribuyendo al control de erosión y a la cobertura vegetal.

Por último, especies como *Eragrostis lugens*, *Sporobolus indicus* y *Carex sororia,* aportan cobertura y tolerancia a suelos pobres o húmedos, siendo estratégicas para sistemas de manejo en ambientes marginales.

Tabla 1. Caracterización taxonómica y morfológica de las especies relevadas.

Nombre Científico	Nombre Vulgar	Familia / Taxonomía	Hábito de Crecimiento	Momento de crecimiento	Requerimientos Edafoclimáticos	Región de Crecimiento	Semillas (Tipo de fruto)	Propagación	Valor Forrajero
Atriplex undulata	Zampa	Amaranthaceae	Arbusto perenne	Invierno	Suelos salinos, clima árido-semiárido	Regiones áridas de Sudamérica	Bayas pequeñas	Semillas	Bajo, adaptada a suelos salinos
Pappophorum caespitosum	Cola de Zorro	Poaceae	Herbácea perenne, cespitosa	Verano	Suelos pobres, tolera sequía	Pastizales sudamericanos	Cariopses (gramíneas)	Semillas	Medio, pasto nativo
Paspalum vaginatum	Paspalum	Poaceae	Herbácea perenne, cespitosa	Verano	Suelos fértiles y húmedos	Subtropical y templado húmedo	Cariopses	Semillas y rizomas	Alto, buena calidad nutritiva
Malvella leprosa	Malva	Malvaceae	Herbácea anual o perenne	Verano	Suelos sueltos, clima templado	América del Sur	Esquizocarpo (mericarpios)	Semillas	Bajo a medio, en brotes tiernos
Panicum bergii	Mijo	Poaceae	Herbácea perenne, macolladora	Verano	Suelos fértiles, clima cálido	Regiones subtropicales	Cariopses	Semillas y macollos	Alto, buen rendimiento forrajero
Eragrostis lugens	Pasto Ilusión	Poaceae	Herbácea perenne	Verano	Tolerante a sequía, suelos arenosos	Regiones áridas a semiáridas	Cariopses	Semillas	Medio, resistente, cobertura de suelo
Sporobolus indicus	Esporobolus	Poaceae	Herbácea perenne	Verano	Suelos arenosos, tolera sequía	Regiones áridas y semiáridas	Cariopses	Semillas	Medio, resistente y cobertura
Sporobolus densiflorus	Espartillo	Poaceae	Herbácea perenne	Verano	Suelos pobres, tolera sequía y pastoreo	América del Sur	Cariopses	Semillas	Bajo a medio, poco palatable
Cenchrus myosuroides	Cadillo	Poaceae	Herbácea perenne	Verano	Suelos arenosos, clima cálido	Regiones cálidas de Sudamérica	Cariopses	Semillas y rizomas	Medio, buena cobertura
Lotus corniculatus	Lotus corniculatus	Fabaceae	Herbácea perenne	Verano	Suelos bien drenados, templado húmedo	Regiones templadas	Legumbre (vaina)	Semillas	Alto, excelente valor forrajero
Carex sororia	Ciperáceas	Cyperaceae	Herbácea perenne	Invierno	Suelos húmedos o pantanosos	Regiones húmedas, bordes de agua	Aquenios	Semillas y rizomas	Bajo, más ecológica que forrajera
Poa ligularis var. resinulosa	Poa	Poaceae	Herbácea perenne	Invierno	Suelos fértiles, clima templado	Regiones templadas y húmedas	Cariopses	Semillas	Alto, excelente calidad en invierno
Baccharis juncea	Chilca dulce	Asteraceae	Arbusto perenne	Invierno	Suelos pobres o salinos, clima templado a seco	América del Sur	Aquenios	Semillas	Bajo, consumo limitado por palatabilidad
Allenrolfea vaginata	Jume	Amaranthaceae	Arbusto suculento perenne	Verano	Suelos altamente salinos, zonas áridas	Zonas salinas del oeste y noroeste argentino	Aquenios (modificados)	Semillas y esquejes	Muy bajo, uso como cobertura o estabilización
Salicornia ambigua	Salicornia	Amaranthaceae	Herbácea suculenta anual	Verano	Suelos salinos, tolera inundaciones y altas temperaturas	Regiones costeras y salinas	Aquenios	Semillas y esquejes	Bajo, valor ecológico más que forrajero
Hordeum stenostachys	Centenillo	Poaceae	Herbacea perenne	Invierno	Suelos salinos, tolera inundaciones y altas temperaturas	Zonas salinas del oeste y noroeste argentino	Cariopses	Semillas y esquejes	Alto valor forrajero
Cyclolepis gesitoides	palo azul	Asteraceae	Arbusto	Verano	Suelos salinos, tolera inundaciones y altas temperaturas	Zonas salinas del oeste y noroeste argentino	Aquenios	Semillas	Mediano valor forrajero
Chloris halophila	pata de gallina	Poaceae	hierba perenne	Verano	Suelos salinos, tolera inundaciones y altas temperaturas	Zonas salinas del oeste y noroeste argentino	Cariopses	Semillas	Alto valor forrajero

Generación de herbario virtual y tablero dinámico

Al momento de la recorrida, se generó un registro fotográfico a partir de la identificación realizada por el ecólogo Ing. Agr. César Nuñez. Se relevaron 18 especies distintas con diferentes características morfológicas y taxonómicas que se compilaron en un dashboard generado a partir de Power BI. A continuación, el link de ingreso: https://bit.ly/4kHEdKd .

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió caracterizar preliminarmente las comunidades herbáceas presentes en ambientes salino-sódicos del sur de la provincia de Córdoba, destacando su relevancia como indicadores de las condiciones edáficas e hidrológicas. A través de un enfoque integrado, se pudo concluir que, incluso en ambientes restrictivos desde el punto de vista productivo, se desarrollan especies adaptadas que cumplen funciones clave tanto desde lo ecológico como lo forrajero. La identificación de especies como *Pappophorum spp.*, *Panicum bergii*, *Paspalum spp.* y *Lotus corniculatus* pone de manifiesto el potencial de aprovechamiento ganadero de ciertas áreas, mientras que otras especies, como *Atriplex ondulata* o *Allenrolfea vaginata*, si bien de menor valor nutritivo, cumplen un rol estabilizador frente a condiciones extremas de salinidad o anegamiento.

Finalmente, este trabajo sienta las bases para futuras investigaciones orientadas a profundizar el conocimiento ecológico y funcional de estas comunidades vegetales, con el objetivo de generar indicadores de suelo que permitan optimizar el diseño de los sistemas productivos de la región.

Herbario virtual

Baccharis



Allenrolfea vaginata



Salicornia



Atriplex ondulata



Comunidad de Pappophorum spp.



Paspalum spp.





Malvela leprosa



Panicum bergii.



Eragrostis lugens

Sporobolus spp.



Sporobolus inducus



Cenchrus myosuroides





Lotus corniculatus



Carex spp.



Poa residulosa

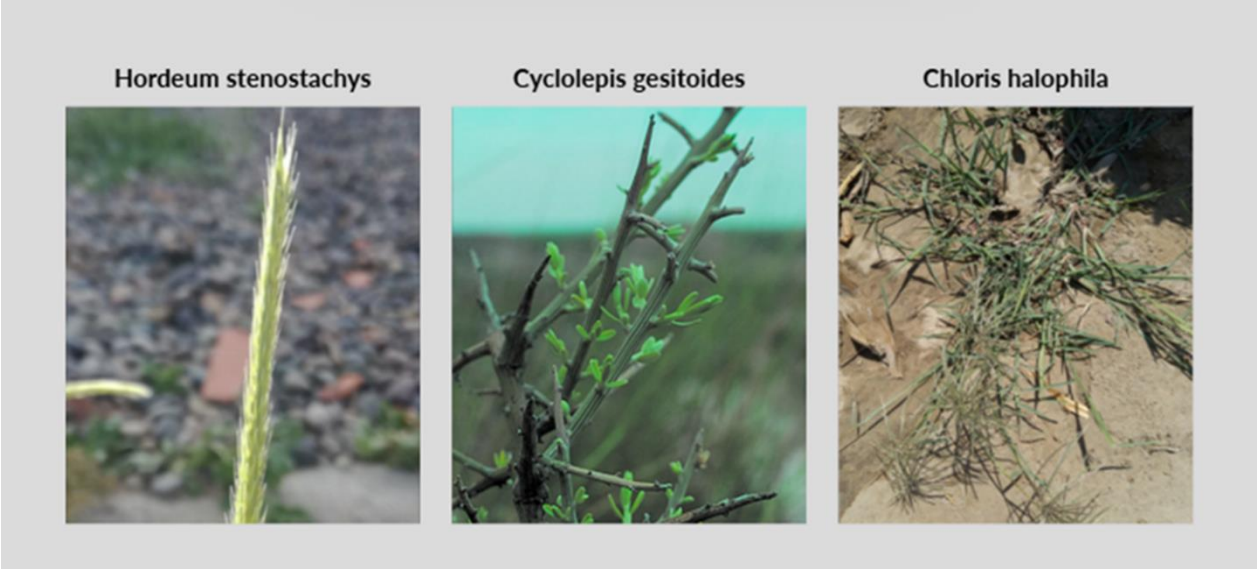


Figura 2. Herbario virtual

BIBLIOGRAFÍA:

Cantarero, J.J.; Cantarero, A.; Cisneros J. M. 1996. La Vegetación de los paisajes hidrohalomórficos del centro de Argentina. Universidad Nacional de Río Cuarto. 298 p. Bibilioteca central UNRC.

Cisneros, J. M., Imbellone, P. A., & Lazzari, M. A. 2007. Suelos salinos y sódicos del centro de la región pampeana. INTA Ediciones.

Karlin, M. S.; Buffa, E. V.; Karlin, U. O.; Contreras, A. M.; Coirini, R. O.; Ruiz Posse, E. J. 2012. Relaciones entre propiedades de suelo, comunidades vegetales y receptividad ganadera en ambientes salinos (Salinas Grandes, Catamarca, Argentina). Revista Latinoamericana de Recursos Naturales 8 (1): 30-45.

Maddaloni, J. 1986. Forage production on saline and alkaline soils, in the humid región of Argentina. Reclam.Reveg. Res., 5:11-16.

Szabolcs, I. 1979. Soil Salinization and Alcalinization process. Agrokemia es talajtan (28) Supp:47-62.

Taleisnik, E., Grunberg, K., Santa Maria, G. 2007. La salinización de suelos en la Argentina Editorial EDUCC. Córdoba.

EFECTO DE LLUVIAS OTOÑALES ABUNDANTES SOBRE LA CALIDAD FORRAJERA DE *SPOROBOLUS INDICUS* EN SUELOS INUNDABLES DE LA CUENCA DEL SALADO

Vago, M. E.[1*]; L. R. Bestercan[1]; C. Abraham[1]; B. Zavalía[1]; D. Dorronzoro[1]; M. Serra de Palma[1]; F. J. Sautua[2]; M. A. Carmona[2]; M. C. Pérez Pizá[2-3-4]

[1] Pontificia Universidad Católica Argentina, Laboratorio de Evaluación de Alimentos para Uso Animal (LEAA-FICA-UCA); Alicia Moreau de Justo 1680, C1107AFF, Buenos Aires, Argentina.
[2] Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Cátedra de Fitopatología, Av. San Martín, 4453, C1417DSE, Buenos Aires, Argentina.
[3] Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad Del Salvador, Pilar, Buenos Aires, Argentina.
[4] Laboratorio de Biología Funcional y Biotecnología (BIOLAB)-INBIOTEC-CONICET, Facultad de Agronomía, UNCPBA-CICBA, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Azul, Buenos Aires, Argentina.
* mevago@uca.edu.ar

RESUMEN: La Cuenca del Salado, también conocida como Pampa Deprimida, constituye una de las principales regiones ganaderas de cría bovina en la Argentina, sustentada principalmente en el aprovechamiento de pastizales naturales. En los últimos años, el avance de la agricultura sobre los suelos de mejor calidad ha desplazado la actividad ganadera hacia ambientes más restrictivos, como los bajos dulces y salinos. En estos ambientes marginales, la ocurrencia de otoños con precipitaciones superiores a la media provoca anegamientos prolongados que generan estrés hídrico en las especies forrajeras, incluso en aquellas nativas y adaptadas, como *Sporobolus indicus*. Este tipo de estrés puede comprometer no solo el crecimiento y la implantación, sino también el valor nutritivo del forraje, afectando la eficiencia de los sistemas de producción ganadera. El objetivo de este estudio fue evaluar posibles cambios en el valor nutritivo de la biomasa aérea de *S. indicus* durante el otoño, analizando el contenido de materia seca (MS), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). La evaluación se realizó en dos momentos clave del ciclo reproductivo: espigazón con grano lechoso y espigazón con grano lleno, en un año caracterizado por precipitaciones especialmente intensas hacia el final del otoño. Para ello, se recolectaron muestras de biomasa aérea en tres parcelas (1 m x 1 m) representativas del pastizal, en cada uno de los dos estados reproductivos definidos. Las muestras se analizaron por duplicado para cada variable nutricional. Se encontraron diferencias significativas en el aporte de materia seca entre cortes (primer corte: 517,9 g/1000 g; segundo corte: 426,27 g/1000 g; $p<0.05$). También se observaron diferencias en el contenido de FDA (primer corte: 312,2 g/1000 g MS, segundo corte: 348,4 g/1000 g MS, $p<0.05$). Estos cambios podrían afectar negativamente la digestibilidad del forraje. En cambio, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de FDN por lo que no se esperaría un impacto en el consumo voluntario. Conocer el aporte de estas especies autóctonas permitirá realizar manejos más eficientes, promoviendo otras especies propias de estos ambientes como *Bothriochloa laguroides* ($\bar{x}$ MS 442 g/1000g, $\bar{x}$ FDN: 766,2 g/1000g MS, $\bar{x}$ FDA: 418,4 g/1000g MS), *Lotus tenuis* ($\bar{x}$ MS 353,2 g/1000g, FDN: 409,9 g/1000g MS, FDA: 265,3 g/1000g MS) y *Distichlis spicata* ($\bar{x}$ MS 627,5 g/1000g, FDN: 745,9 g/1000g MS, FDA: 307,93 g/1000g MS) que podrían complementar o mejorar el valor nutritivo del pastizal en escenarios de variabilidad climática. Durante los muestreos, se detectó además la presencia de un hongo afectando severamente las espigas, lo que motivó el análisis sanitario de las semillas y el aislamiento del microrganismo para su identificación, dado que antecedentes bibliográficos mencionan su potencial asociación con intoxicaciones en ganado.
Estos hallazgos permiten no solo comprender mejor la dinámica de esta especie en condiciones hídricas extremas, sino también alertar sobre posibles riesgos sanitarios en pastizales utilizados para la producción ganadera.

PALABRAS CLAVE: *Sporobolus indicus*, valor forrajero, hongos fitopatógenos

AMAUTA

Fertilizantes para **cada etapa del cultivo**



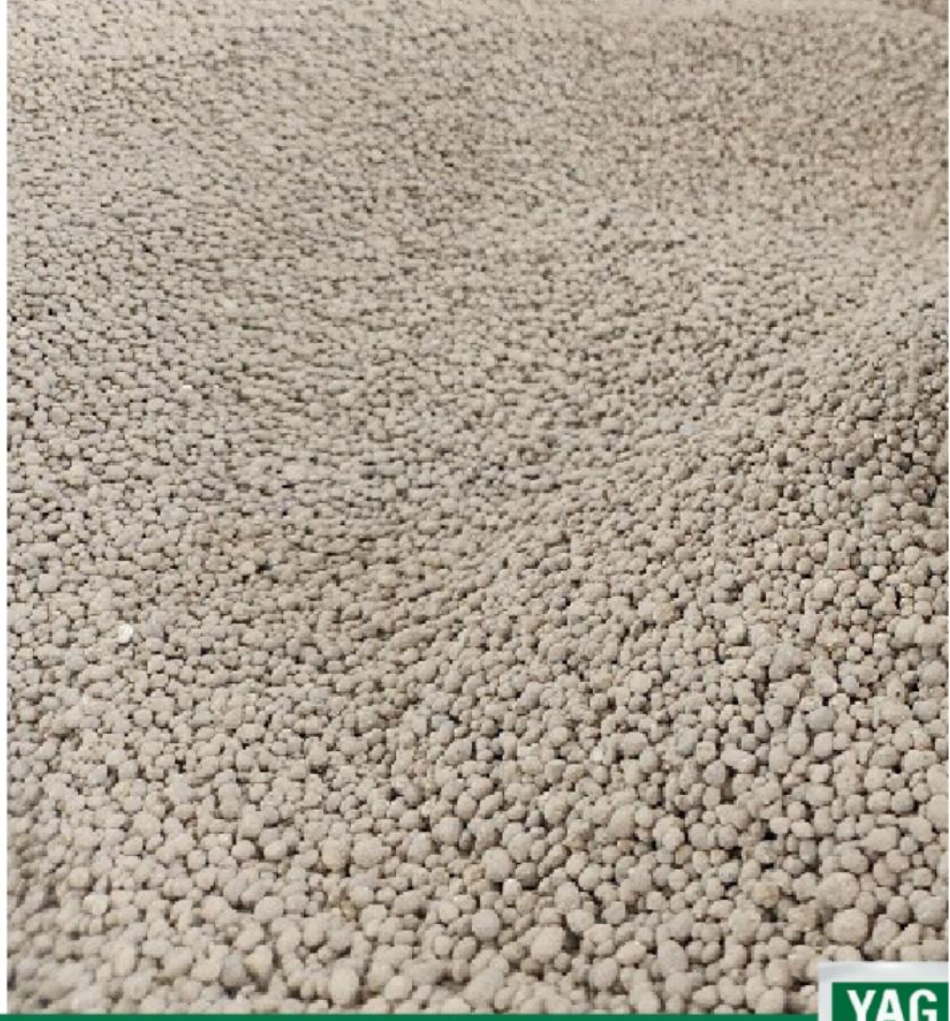
Evolucionando **la agricultura**

amauta.ag /amautagro

Recuperar S.R.L.

Tecnología Argentina en Fertilización y Correccion de PH

diseñada para nuestros suelos y cultivos.



0291 15 40 44345

ventas1@recuperarsrl.com.ar

www.recuperarsrl.com.ar

SEGUINOS

25 AÑOS dedicados a la corrección de suelos

YAG

YESO AGRÍCOLA GRANULADO



AGRANDÁ TU CAMPO CON

SEMILLAS PEMAN®

PEMAN Semillas

info@peman.com.ar · www.peman.com.ar · PemanSemillas





KIOSHI

STONE

RAS
2025

ACTAS VIII RAS

VIII CONGRESO DE LA RED ARGENTINA DE SALINIDAD

"Ambientes salinos: desafíos para su integración en sistemas agropecuarios sustentables"

Del 30 de julio al 1 de agosto de 2025
Marcos Juárez, Córdoba, Argentina
www.ras2025.com

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Argentina
Red Argentina de Salinidad RAS
AACS Asociacion Argentina Ciencia del Suelo
Instituto Académico Pedagógico de Ciencias Básicas y Aplicadas
Universidad Nacional Villa María
Valida Horas BPAs 2024/2025