

¿PUEDEN RECUPERARSE SUELOS SALINIZADOS UTILIZANDO RESIDUOS?

DATOS DE LAS ESCUELAS *

Instituto Amadeo Jacques (IAJ)
Mitre 255, Quemú Quemú, La Pampa
Teléfono: +54 9 2302 550373
instituto.amadeojacques@lapampa.edu.ar
Rector: Prof. Juan Santiago Gette

Colegio María Ofelia Espósito (MOE)
Mitre 255, Quemú Quemú, La Pampa
Teléfono: +54 9 02333442611
colegio.ofeliaesposito@lapampa.edu.ar
Directora: Prof. M. Carina Paturlanne

AUTORES

Estudiantes (y año en curso)

Aguirre, Juana (6° IAJ)
Alfonso, Sandra Soledad (5° IAJ)
de la Barrera, José Leonardo (6° IAJ)
Echar Felicitas (5° MOE)
Gómez, Alondra (5° MOE)
Jaramillo, Saira (5° MOE)
Magallanes, Carolina (5° MOE)

Púgener, Martín (6° IAJ)
Rodríguez, Martín (4° IAJ)
Rossetti, Thiago (6° IAJ)
Tassonne, Valentín (5° IAJ)
Venturucci, Agostina (4° IAJ)
Walter, Felicitas (4° IAJ)

Docentes

Silvia Farchetto,
Julieta González Gallini
Irina Silvestre
M. Florencia Varela*

**Miembro CREA
acompañantes**
Ignacio Calandri

**Técnico INTA
acompañante**
Cristian Álvarez

**Miembro AACS
acompañante**
M. Florencia Varela**

**Contacto: varela.ma.florencia@gmail.com, +54 9 2302 411677



* Este proyecto se desarrolló de forma conjunta entre docentes y estudiantes de ambas escuelas secundarias, que conformaron el "Equipo de Investigación en Suelos de Quemú Quemú", apoyado por el Municipio.

RESUMEN

En los últimos años se han manifestado problemas de salinización de suelos en zonas bajas del noreste de La Pampa. La aplicación de enmiendas orgánicas y minerales tiene el potencial de mejorar la producción de estos escenarios. Nuestro objetivo es evaluar el uso de residuos de nuestro entorno como enmiendas para disminuir el pH y la conductividad eléctrica (CE) de suelos afectados por sales. Para ello, en 2023 iniciamos un experimento de incubación de un suelo salino y alcalino con diferentes residuos (dosis de 15 t/ha): estiércol de feedlot, cama de pollo, biosólidos cloacales, residuos de construcción (placas de yeso laminado) y compost domiciliario. Luego de 84 días de incubación medimos el pH y la CE de los suelos y comparamos los tratamientos mediante análisis estadístico (ANOVA). Encontramos que los biosólidos cloacales y el yeso de placas laminadas disminuyeron el pH del suelo con respecto al testigo. A partir de estos resultados, diseñamos un segundo experimento con el objetivo de testear si la mezcla de estos dos residuos, en condiciones de campo, es igualmente efectiva en la remediación de los suelos. En un bajo salinizado, armamos parcelas experimentales de 0,5 m² para comparar tres tratamientos: 1) Biosólidos - Yeso (50-50%); 2) Biosólidos - Yeso (75-25%); 3) Testigo (sin enmienda). Proponemos extender el experimento hasta el otoño de 2025, cuando determinaremos el pH y la CE en distintas profundidades del suelo. En caso de comprobar la efectividad a campo de las enmiendas, podría considerarse con evidencia científica la viabilidad de reciclado de residuos urbanos para la remediación de suelos afectados por sales de nuestra región. Este proyecto de investigación fue socializado en la primera Jornada Comunitaria de Conservación de Suelos, que tuvo lugar en Quemú Quemú el día 3 de julio de 2024. Durante este evento también organizamos actividades dirigidas a escuelas secundarias, productores hortícolas y agropecuarios y público en general, para concientizar a la comunidad sobre el cuidado del suelo. Consideramos que nuestro proyecto aporta a diversas metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados a la producción, los recursos naturales, las ciudades sostenibles y el cambio climático.

DESARROLLO

INTRODUCCIÓN

Planteo de la problemática

La salinización es uno de los problemas más graves de degradación de suelos en el mundo. En Argentina hay aproximadamente 85 Mha afectadas por exceso de sales y sodio, cifra que coloca a nuestro país en el tercer lugar a nivel mundial de superficie con esta problemática (Taleisnik y Lavado, 2017). El origen de algunos de estos suelos es natural, y en ese caso se los denomina "suelos salinos". En otros casos, sin embargo, la salinización es inducida por actividades antrópicas, tales como la agricultura, el riego y la ganadería, en cuyo caso se hace referencia a "suelos afectados por sales" (Batlle Sales, 2023).

Dentro de los suelos afectados por sales existen suelos agrícolas que sufrieron recientes procesos de salinización/alcalinización debido a alteraciones en el régimen hídrico (Taboada, 2021). Esto es lo que ha ocurrido en los últimos años en el noreste de la Provincia de La Pampa, donde las mayores precipitaciones, sumadas a los cambios en el uso de la tierra (reemplazo de pasturas y sistemas ganaderos o mixtos por agricultura) han generado reiterados ascenso de napas freáticas con la consecuente acumulación de sales en superficie. Dicha problemática se manifiesta principalmente en las zonas bajas de los lotes, que se tornan improductivas debido a que sus elevados pH y conductividad eléctrica (CE) limitan el crecimiento vegetal.

La preocupación por este tema es de creciente magnitud en la región. En los últimos años se han desarrollado diversas actividades desde ámbitos técnicos y científicos que convocan a productores y asesores para analizar alternativas de manejo para la mitigación de esta problemática (Radiodon 2022, APN 2024). En el marco del presente proyecto, se llevó a cabo una entrevista a Ignacio Calandri, productor agropecuario y miembro CREA de la zona, quien manifestó que en la actualidad la salinización de las zonas bajas es una de las problemáticas que mayor preocupación genera en el sector agropecuario.

Entre las alternativas para mitigar esta problemática se encuentra el cultivo de especies vegetales tolerantes a la salinidad (por ejemplo, agropiro), que permite mantener el suelo cubierto y así evitar futuros ascensos del agua de las napas. Por otro lado, también existe la tecnología de aplicación de enmiendas minerales u orgánicas (Álvarez 2015) que tienen la potencialidad de producir cambios en las propiedades químicas de los suelos, principalmente disminuir el pH y la CE, y mejorar así su capacidad productiva. Una de las enmiendas minerales más difundidas es el yeso, mientras que dentro de las orgánicas se encuentran el estiércol (residuo de producciones industriales), los biosólidos o barros de plantas de tratamientos de líquidos cloacales, compost y lombricompost, entre otros (Bandera 2013, Álvarez 2015, Muguiro et al., 2017).

En nuestro entorno, encontramos que algunas de estas enmiendas son consideradas residuos en los sistemas productivos agropecuarios y urbanos. Particularmente el estiércol proveniente de feedlot y de criaderos de pollos, los barros de la planta municipal de tratamiento de líquidos cloacales y los restos de placas de yeso (material de construcción), se consideran materiales residuales, y actualmente no se utilizan con otros fines. Su acumulación, a su vez, está asociada a múltiples problemas ambientales, tales como la contaminación de aguas subterráneas y las emisiones de gases de efecto invernadero.

En el marco de esta problemática, el presente proyecto tiene la doble finalidad de reciclar materiales que son considerados residuos, y a su vez, investigar sobre la potencialidad de su utilización para mitigar la problemática de los suelos afectados por sales en la región.

Objetivos

Objetivo general

El objetivo general del presente trabajo es evaluar el uso potencial de residuos de distintos orígenes como enmiendas para disminuir el pH y la CE de suelos afectados por sales.

Objetivos específicos

- Determinar el pH y la CE de residuos de origen orgánico y mineral con el potencial de ser utilizados como enmiendas;
- Cuantificar las variaciones de pH y CE dentro del perfil de un suelo agrícola que actualmente se encuentra afectado por sales;
- Evaluar el efecto de residuos orgánicos y minerales utilizados como enmiendas sobre el pH y la CE de un suelo afectado por sales en condiciones de incubación y de campo.
- Compartir con la comunidad los resultados de la investigación, y sensibilizar sobre la importancia de la conservación y uso sustentable del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de residuos utilizados como enmiendas

Se seleccionaron materiales de origen mineral y orgánico que en la localidad de Quemú Quemú son considerados residuos, es decir, que se acumulan en su lugar de origen o en el basurero municipal, y que actualmente no se utilizan con ningún fin en particular. Como residuo de origen mineral se seleccionó el yeso presente en restos de placas que contienen láminas de este mineral recubiertas por cartón (comúnmente conocidos con el nombre comercial de "placas de Durlock"). Se separó el yeso del cartón y la fracción mineral fue molida y tamizada por una malla de 1 mm. Como residuos de origen orgánico se seleccionaron desechos que se generan en sistemas de producción agropecuarios y urbanos de la localidad:

- estiércol proveniente de la producción de bovinos en corrales de alimentación (*feedlot*) en las cercanías de Quemú Quemú;
- estiércol de sistemas de producción de aves (cama de pollo), proveniente del campo en el cual reside uno de los participantes del proyecto, ubicado en la zona rural, aproximadamente a 20 km al Oeste de la localidad de Quemú Quemú;
- compost producido en forma domiciliar por vecinos de la localidad;

- barros residuales provenientes de la planta de tratamiento de efluentes cloacales de la Municipalidad de Quemú Quemú.

Cada uno de los residuos orgánicos fueron secados al aire, posteriormente molidos y tamizados por malla de 1 mm.

Determinaciones químicas realizadas sobre los residuos

Se midió el pH y la CE de cada uno de los residuos utilizados como enmiendas. Se siguieron las metodologías propuestas por Martínez et al. (2021). Para ello, se tomaron 10 g de cada uno de los residuos y se pusieron en contacto con 50 mL de agua destilada. Se agitaron durante 20 minutos, y posteriormente se midió el pH sobre la suspensión y la CE sobre el extracto (Figura 1). Las mediciones de pH y CE se realizaron por duplicado.

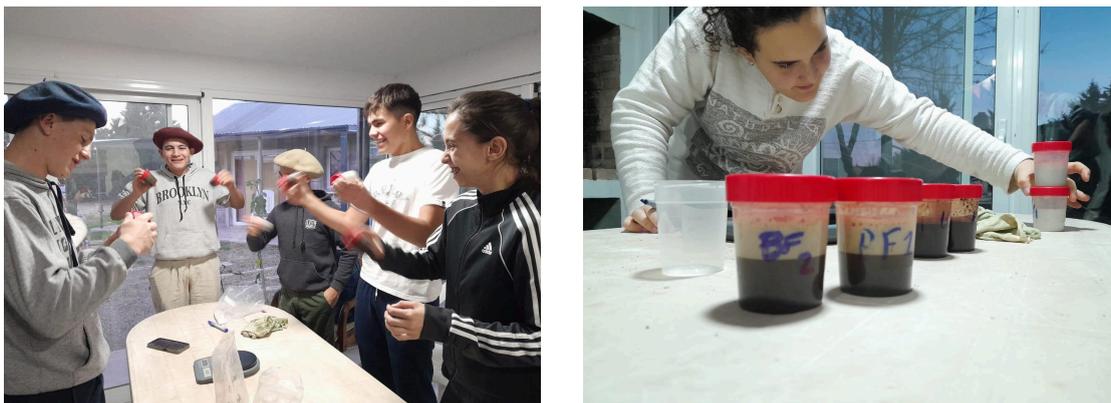


Figura 1. Agitado manual de recipientes con enmiendas y agua destilada (izquierda), suspensiones de enmiendas y agua destilada previo a las mediciones de pH y CE (derecha).

Caracterización del perfil del suelo afectado por sales

En Agosto de 2023 se coordinó una salida a campo al Establecimiento agropecuario “La Luisa”, ubicado aproximadamente a 9 km de la localidad de Quemú Quemú. En dicho establecimiento, cuyo propietario es Ignacio Calandri (miembro CREA mencionado previamente), se observaron las características de los suelos afectados por sales a nivel de perfil y de paisaje y se compararon con las de un suelo de similares características, pero sin la problemática. La guía del recorrido a campo estuvo a cargo de Cristian Álvarez, tutor de INTA (Figura 2).



Figura 2. Salida a campo (Establecimiento “La Luisa”, zona rural de Quemú Quemú) de estudiantes y docentes del Instituto Amadeo Jacques y del Colegio María Ofelia Espósito, con el acompañamiento de tutores CREA e INTA.

Para caracterizar el perfil del suelo se identificaron dos sitios contrastantes de muestreo: uno en el bajo, actualmente en recuperación con especies vegetales tolerantes a las sales, y otro en la loma, que estaba sembrada con cultivos de cobertura consociados de gramíneas y leguminosas. Se tomaron muestras compuestas (entre 5 y 8 piques) del perfil en ambos sitios, en

las siguientes profundidades: 0 a 5 cm; 5 a 10 cm; 10 a 20 cm; 20 a 30 cm y 30 a 40 cm. Las muestras fueron recolectadas en bolsas plásticas (Figura 3) y almacenadas a 5°C.



Figura 3. Muestreo de suelo en el Establecimiento La Luisa. La foto de la izquierda corresponde al bajo (se observa vegetación adaptada a las condiciones salinas, y parches sin vegetación), y la foto de la derecha corresponde a la loma (se observan los cultivos de cobertura).

Sobre las muestras tomadas en el campo se midió pH y CE a fin de caracterizar el perfil del suelo y definir a qué profundidades se expresa la problemática asociada a las sales. Para ello, las muestras se secaron al aire, y posteriormente fueron tamizadas por 2 mm. Se tomaron dos submuestras sobre las cuáles se determinó el pH y la CE (ambos en relación suelo:agua 1:2,5). Para cada estrato y sitio de muestreo se calculó el promedio y los datos fueron graficados utilizando planillas de cálculo.

Experimento de incubación

Se tomó suelo superficial de uno de los bajos afectados por sales del Establecimiento “La Luisa”. El suelo fue secado al aire, tamizado por malla de 2 mm y homogeneizado. De acuerdo a lo informado por el productor agropecuario, dicho suelo tenía pH > 9 y CE en extracto de pasta saturada > 4 mS/cm.

Para comparar el efecto de los distintos residuos utilizados como enmiendas sobre el pH y la CE del suelo afectado por sales se diseñó un experimento de incubación en condiciones controladas. Dicho experimento contó con 6 tratamientos, 5 de los cuales incluyen los residuos mencionados previamente, y el sexto tratamiento corresponde a un testigo (sin enmienda):

- Tratamiento 1: Suelo + yeso
- Tratamiento 2: Suelo + estiércol de feedlot
- Tratamiento 3: Suelo + estiércol de pollo
- Tratamiento 4: Suelo + compost domiciliario
- Tratamiento 5: Suelo + barros cloacales
- Tratamiento 6: Suelo testigo (sin agregado de enmiendas)

La incubación se llevó a cabo en envases plásticos de descarte doméstico (por ejemplo, envases de dulce de leche, Figura 4). Los recipientes se lavaron y posteriormente se realizaron orificios para asegurar el drenaje. Dentro de cada recipiente se colocaron 200 g de suelo previamente mezclados con 2,5 g de enmienda (de acuerdo al tratamiento), lo cual corresponde a una dosis de 15 t/ha (Figura 4). La dosis seleccionada es relativamente elevada en comparación con algunos datos de la bibliografía (3,5, 12, 15 - 60 t/ha, Muguero *et al.* 2017, Bandera 2013 y Álvarez 2015) puesto que en el diseño experimental se buscó exacerbar posibles efectos de las enmiendas en el corto plazo. Se realizaron 6 repeticiones de cada tratamiento.

Al inicio del experimento se agregó agua destilada a cada una de las unidades experimentales hasta alcanzar la saturación. Previamente, se determinó la proporción requerida de agua a través de la preparación de pasta saturada de suelo. Las unidades experimentales fueron regadas semanalmente con 30 – 40 mL de agua destilada (Figura 4). La incubación y el riego se extendieron durante 84 días y luego se secaron las muestras, se tamizaron por 2 mm y se determinó el pH (1:2,5) y la CE de cada tratamiento (por limitaciones técnicas para la determinación de la CE en extracto de pasta saturada, se cuantificó la CE en el extracto 1:2,5).

Una vez obtenidos los resultados experimentales, se utilizó una planilla de cálculo para obtener el promedio y el desvío estándar de cada tratamiento. Se compararon las medias mediante la realización de análisis de la varianza, utilizando un método de comparación denominado LSD Fisher (nivel de significancia de 5%). Para los análisis estadísticos se utilizó el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020).



Figura 4. Izquierda) Preparación de unidades experimentales, pesado y homogeneización de suelo y enmiendas. Derecha) Riego de unidades experimentales durante la incubación.

Experimento de campo

El experimento de campo se estableció en la zona baja del mismo lote afectado por sales del Establecimiento “La Luisa” del cual se tomó el suelo para el experimento de incubación. Para evaluar el efecto de las enmiendas sobre el pH y la CE del suelo se diseñó un experimento con tres tratamientos: dos de ellos incluyeron distintas proporciones de las enmiendas que mostraron efectos en el experimento de incubación, y el tercero fue un tratamiento testigo (sin enmienda):

- Tratamiento 1: Biosólidos - Yeso (50-50%);
- Tratamiento 2: Biosólidos - Yeso (75-25%);
- Tratamiento 3: Testigo (sin enmienda).

Las enmiendas fueron molidas, tamizadas por malla de 2 mm, y aplicadas de forma homogénea en la superficie de cada parcela (0,5 m²) respetando una dosis total de 15 t/ha. Se realizó un diseño en bloques completamente aleatorizados con 4 repeticiones (Figura 5). Inmediatamente después de la aplicación de las enmiendas las parcelas fueron regadas con un volumen de agua equivalente a una precipitación de 15 mm. El experimento continúa al día de la fecha, bajo condiciones climáticas naturales.

Proponemos extender el experimento de campo hasta el otoño de 2025, cuando determinaremos el pH y la CE en distintas profundidades, a fin de evaluar los efectos de las enmiendas sobre las propiedades del suelo.



Figura 5. Diseño experimental del ensayo a campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de enmiendas

Los resultados de pH y CE de las enmiendas se muestran en la Tabla 1 (los valores corresponden al promedio de duplicados de laboratorio). Se observa que las enmiendas más prometedoras para la remediación de los suelos salinizados serían el yeso, compost y los barros cloacales, ya que presentan los valores más bajos de pH y CE. Tanto el estiércol de pollo como el de feedlot presentaron CE muy elevada, y este último, además, presentó pH más alcalino que el resto.

Tabla 1. pH y Conductividad eléctrica de los residuos utilizados como enmiendas.

Enmienda	pH (1:5)	CE (1:5), mS/cm
Yeso	7,16	2,04
Compost domiciliario	7,53	1,97
Estiércol de feedlot	8,59	3,87
Estiércol de pollo	7,37	6,26
Barros cloacales	7,48	2,77

Caracterización del perfil del suelo afectado por sales

En la zona del lote correspondiente al bajo el pH del perfil se encontraba entre 9,7 y 10,5, mientras que en la loma el pH fue menos alcalino, alcanzando valores entre 6,9 y 7,8 (Figura 6). En el bajo, el pH fue más elevado en la superficie, y disminuyó al descender en el perfil, manteniéndose constante a partir de los 15 cm. En la loma, en cambio, el pH solo disminuyó a nivel subsuperficial (hasta 10 cm), y aumentó al aumentar la profundidad (Figura 6).

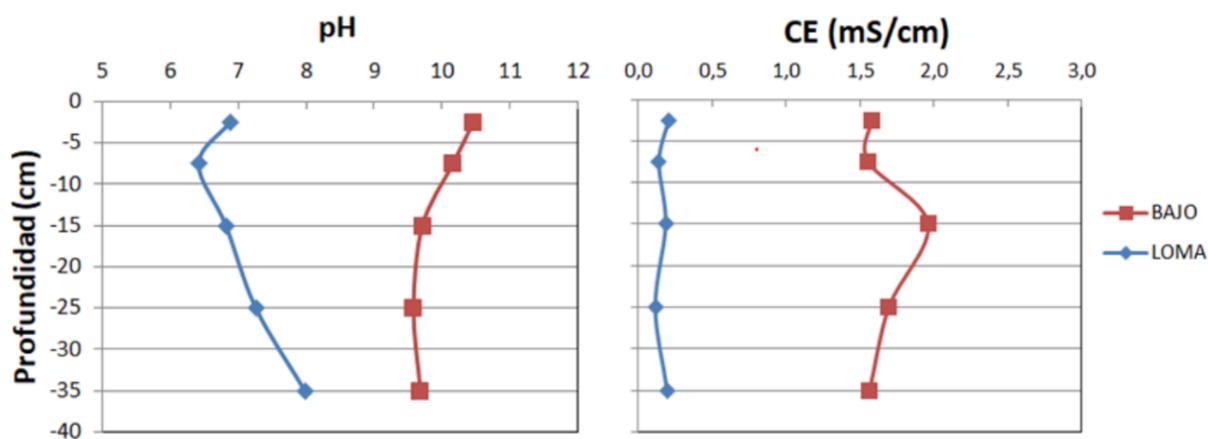


Figura 6. Variaciones del pH y Conductividad eléctrica (CE) en el perfil del suelo del bajo y la loma.

En cuanto a la CE, en el suelo del bajo varió entre 1,6 mS/cm y 2,0 mS/cm, mientras que en la loma fue notablemente menor, alcanzando valores entre 0,1 mS/cm y 0,2 mS/cm (Figura 6). A lo largo del perfil del suelo, la CE se mantuvo relativamente constante en la loma. En cambio, en el bajo se detectó un incremento en el estrato entre 10 y 20 cm de profundidad (Figura 6).

Experimento de incubación

El suelo seleccionado para el desarrollo del experimento de incubación presentó un pH (1:2,5) de 9,6, lo que denota su elevada alcalinidad. La CE medida en el mismo extracto fue de 3,10 mS/cm. Si bien este valor no corresponde a la CE medida en el extracto de pasta de saturación, debido a que el extracto medido tiene mayor proporción de agua, puede considerarse que corresponde a un valor relativamente elevado que efectivamente condicionaría el crecimiento vegetal (Iturri et al., 2022).

El experimento de incubación mostró que algunas de las enmiendas disminuyeron significativamente el pH (Figura 7). El más efectivo fue el yeso, seguido por los barros cloacales,

luego cama de pollo y compost domiciliario. Los residuos de feedlot no tuvieron efecto sobre el pH del suelo. Con respecto a la CE, ningún tratamiento logró disminuirla (Figura 7). El yeso aumentó la CE, lo que estaría relacionado con su composición química (es una sal). Nuestra decisión de agregar yeso, como posible remediador de la problemática, se debe a que, a pesar de aumentar la CE, contiene calcio que puede servir para reemplazar al sodio, y desplazarlo hacia las napas nuevamente a través de las precipitaciones.

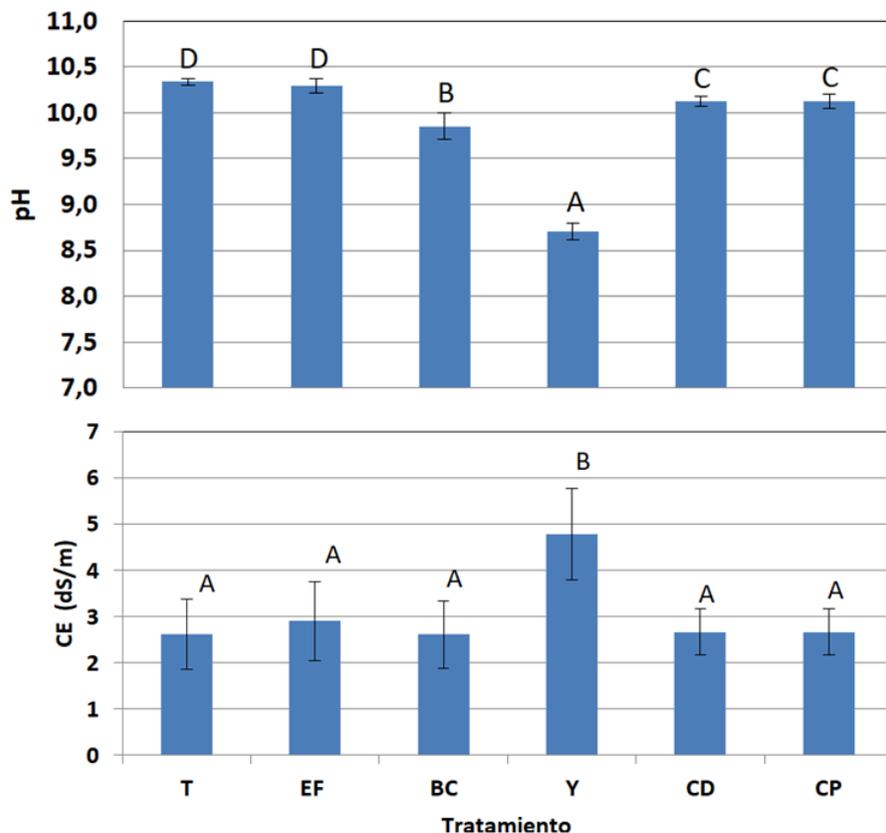


Figura 7. pH y Conductividad eléctrica (CE) del suelo en los tratamientos del experimento de incubación (T: testigo; EF: Efluente de Feedlot; BC: Barros cloacales; Y: yeso de placas laminadas, CD: compost domiciliario; CP: cama de pollo). Letras distintas indican diferencias significativas al 5%.

Experimento de campo - resultados esperados

Una vez que obtuvimos los resultados del experimento de incubación decidimos trasladarlo a un bajo salino del Establecimiento “La Luisa”. Esperamos que, en condiciones climáticas naturales, las mezclas de enmiendas utilizadas disminuyan los valores de CE y pH del suelo en condiciones de campo. Estos efectos probablemente se manifiesten en mayor medida en los primeros centímetros del suelo, debido a que las enmiendas fueron aplicadas superficialmente. De ser así, esta práctica sería beneficiosa para las plantas, ya que en esos estratos es donde hay mayor abundancia de raíces.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

Nuestras investigaciones muestran que algunos de los residuos que se generan en nuestro entorno, tales como yeso y barros cloacales, tienen el potencial de ser usados como enmiendas para remediar los suelos afectados por sales en nuestra región. El reciclado de estos materiales permitiría mejorar las propiedades químicas del suelo mediante la disminución del pH y la CE, posibilitando así el cultivo de especies vegetales, y permitiendo que estos suelos vuelvan a ser productivos. Nuestros resultados evidencian el doble impacto, ambiental y productivo, que tiene el proyecto: por un lado, el reciclado de residuos que se acumulan en nuestra comunidad, y por el otro la remediación de los suelos y el consecuente aumento de su productividad. Esto hace que nuestro proyecto aporte a diversas metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados a la producción, los recursos naturales, las ciudades sostenibles y el cambio climático (ANEXO I).

DIFUSIÓN DEL PROYECTO

Nuestro proyecto implica no solo la generación de datos científicos a nivel local, sino que también pretende ser un puente hacia el uso sostenible de los recursos naturales en nuestro entorno. Es por ello que consideramos fundamental la difusión de nuestras actividades y resultados hacia la comunidad, a fin de fomentar, en distintos sectores, una mayor conciencia sobre la importancia del reciclado de residuos y del cuidado del suelo. Consideramos que esto requiere de la vinculación con instituciones técnicas, gubernamentales, educativas y productivas. Esperamos que estos vínculos fomenten el desarrollo de soluciones basadas en evidencia y su aplicación en escenarios de la vida real, permitiendo que diversos actores participen en el proyecto y comprendan el valor del reciclado de residuos locales como herramienta de remediación de suelos.

Primera Jornada Comunitaria de Conservación de Suelos en Quemú Quemú

En el marco del día de la Conservación del Suelo que se celebra el 7 de Julio, organizamos la primera Jornada Comunitaria de Conservación de Suelos junto al municipio de Quemú Quemú, profesionales del INTA, del CERET y del laboratorio agropecuario CILA de nuestro pueblo. El objetivo de la jornada fue desarrollar actividades que permitan que la comunidad reconozca al suelo como un sistema dinámico y vivo, en el que ocurren procesos no sólo vinculados a la producción agropecuaria sino también a la alimentación, el cambio climático y la calidad de vida en general. Para eso invitamos a diversas instituciones educativas, gubernamentales y de ciencia y técnica, además del público en general, a participar de las actividades. Asistieron, entre otros, docentes y estudiantes de escuelas primarias, secundarias y de la Universidad Nacional de La Pampa, profesionales del INTA y CERET, productores hortícolas y agropecuarios y personal de laboratorios y empresas vinculadas al agro. A continuación mencionamos algunos de los aspectos más importantes de la jornada:

Interacción entre grupos de distintas escuelas

Nos visitaron colegios de localidades vecinas (Dorila y General Pico) que también están participando en “Así son los suelos de mi país” (Figura 8). En el encuentro, estudiantes y docentes compartimos conocimientos, experiencias y trabajos realizados sobre el suelo. El intercambio no solo fomentó el aprendizaje sino también el fortalecimiento de lazos entre las instituciones educativas promoviendo un compromiso hacia el cuidado del medio ambiente. De hecho, posteriormente asistimos y expusimos nuestro trabajo en una Jornada de Educación Agropecuaria a la cual fuimos invitados por el equipo del Colegio V. G de Amela de la localidad de General Pico.

Experimentación en la calicata

Más de 120 estudiantes de escuelas secundarias estuvieron en la calicata donde se conversó con investigadores del INTA sobre los múltiples e importantes servicios que nos brinda el suelo: provisión de fibras, alimentos, combustibles, etc. Se utilizaron infiltrómetros para evidenciar la presencia de poros en el suelo y su relación con el ciclo hidrológico. También se observó detenidamente el perfil para estudiar variaciones en los colores, textura, formas de los agregados, presencia de raíces y evidencias de la napa freática. Se tomaron muestras de la parte superior e inferior del perfil sobre las que se realizaron experimentos *in-situ* que permitieron identificar la materia orgánica y cuantificar de forma cualitativa el fósforo extraíble del suelo (Figura 8). Se interpretaron los resultados y a partir de ellos, se dedujeron algunas relaciones con los ciclos de los nutrientes en los agroecosistemas. También se utilizaron modelos moleculares realizados con pelotas de telgopor para representar la fotosíntesis y, a partir de esa transformación, comprender la relevancia de las plantas y del suelo en el proceso de secuestro de carbono, aspecto clave en el contexto del cambio climático que nos toca vivir. También se guió a los estudiantes, en relación con este tema, para que deduzcan cuáles son las prácticas agropecuarias que implican un manejo sostenible de los suelos a partir de la incorporación de carbono y la protección frente a procesos erosivos.



Figura 8. Actividades desarrolladas en la calicata durante la Jornada de Conservación de Suelos

Encuestas a la comunidad (en general) y a productores agropecuarios (en particular)

En las semanas previas al desarrollo de la Jornada diseñamos y realizamos dos encuestas: una destinada a la comunidad en general, que consultó sobre la producción en huerta y la práctica del compostaje en nuestra localidad, mientras que la otra, destinada específicamente a productores agropecuarios, trató sobre las prácticas de manejo y problemáticas del suelo en la producción extensiva. Las encuestas nos sirvieron no sólo para recabar información, sino también para invitar a la comunidad a sumarse a las actividades de la Jornada (destacamos que era la primera vez que en nuestro pueblo se organizaba un evento de estas características). Una vez finalizadas las encuestas analizamos los resultados mediante gráficos y los expusimos al público presente en la Jornada. Se puede acceder a los resultados desde los siguientes links:

- 👉 Resultados encuesta huerta y compost
- 👉 Resultados encuesta productores .

Charlas de divulgación

Para finalizar la Jornada, un centenar de personas (entre ellos, productores agropecuarios, docentes, personal de empresas locales relacionadas al agro y público en general) participaron de charlas de divulgación a cargo de estudiantes y de expertos del INTA en temas como compostaje, uso de enmiendas en la remediación de suelos, preparación del suelo para la producción hortícola y problemáticas de suelo en la producción extensiva (Figura 9).



Figura 9. Charlas de divulgación desarrolladas durante la Jornada de Conservación de Suelos.

Vinculación con otros niveles educativos

A partir de la Jornada y la difusión de nuestro trabajo, docentes y directivos de una de las escuelas primarias de la localidad nos propusieron desarrollar conjuntamente actividades destinadas a los estudiantes de los últimos grados de la escuela. En función de ello, planificamos una salida educativa para los niños que se llevará a cabo en el mes de Noviembre del corriente y será guiada por los estudiantes que participamos del proyecto. Proponemos que los estudiantes del nivel primario observen una calicata, identifiquen cambios en el perfil y reconozcan con lupas los principales componentes del suelo (minerales, poros, mesofauna, vegetación, etc.). Esperamos que esta primera experiencia sea sólo el inicio de próximas actividades de vinculación y trabajo conjunto en nuestra comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Provincial de Noticias (2024). Jornada sobre el Programa Argentino de Carbono Neutro y Suelos Salinos Sódicos. Visitado el día 1/10/24:
<https://apn.lapampa.gob.ar/nota/detalle/id/25166/Jornada-sobre-el-Programa-Argentino-de-Carbono-Neutro-y-Suelos-Salinos-Sdicos>
- Alvarez, R. (2015). Fertilidad de suelos y fertilización en la Región Pampeana. EFA. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Bandera, R. (2013). *Rehabilitación de suelos salino-sódicos: evaluación de enmiendas y de especies forrajeras*. Tesis presentada para optar al título de Magíster de la Universidad de Buenos Aires, Área Recursos Naturales. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Battle Sales, J. (2023). Conferencia: Balance de una centuria de investigaciones en suelos y ecosistemas salinos. VII Congreso de la Red Argentina de Salinidad (RAS) y II Simposio Latinoamericano de Salinidad. Santa Rosa, La Pampa.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Iturri, A., Kloster, N. S., Alvarez, C., Isasti, J., & Díaz-Zorita, M. (2022). *¿Qué medimos cuando analizamos la conductividad eléctrica de aguas y suelos?*. Notas Agrícolas pampeanas N° 6. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa.
- Martínez, L. E., Rizzo, P. F., Bres, P. A., Riera, N. I., Beily, M. E., & Young, B. J. (2021). *Compendio de métodos analíticos para la caracterización de residuos, compost y efluentes de origen agropecuario y agroindustrial*. Ediciones INTA.
- Muguiro, A., Álvarez, C., Babinec, F., & Marano, R. (2017). Rehabilitación de suelos hortícolas: impacto de prácticas agrícolas con uso de yeso y drenaje. *Fave. Sección ciencias agrarias*, 16 (2), 69-90.
- Radiodon (medio de comunicación) (2022). Preocupa la gran magnitud de suelos salinizados en el norte de La Pampa. Publicado el 6 de Octubre de 2022. Visitado el día 1/10/24:
<https://radiodon.com.ar/2022/10/06/preocupa-la-gran-magnitud-de-suelos-salinizados-en-el-norte-de-la-pampa/>
- Taboada, M. (2021). El INTA elaboró el primer mapa de suelos afectados por sales. Agrositio, visitado el día 1/10/2024 en el sitio web:
<https://www.agrositio.com.ar/noticia/220179-el-inta-elaboro-el-primer-mapa-de-suelos-afectados-por-sales.html>
- Taleisnik, E. L., & Lavado, R. S. (2017). Ambientes salinos y alcalinos de la Argentina recursos y aprovechamiento productivo. Ed. Universidad Católica de Córdoba – Orientación Gráfica Editora. ISBN 978-987-1922-23-9

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Municipalidad de Quemú Quemú por facilitar el transporte de los estudiantes durante las visitas educativas dentro y fuera de la localidad, así como también al Intendente Francisco Tassone y su equipo de gestión por la disposición para la organización de la Jornada Comunitaria de Conservación de Suelos. También a las organizaciones y empresas que apoyaron el evento. Agradecemos a Ignacio Calandri por facilitar el acceso al Establecimiento La Luisa con los estudiantes para desarrollar el experimento. Agradecemos especialmente a Cristian Álvarez y Romina Fernández por su predisposición y colaboración con el proyecto y su participación en las actividades de la Jornada.

ANEXO - VINCULACIÓN CON OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Consideramos que nuestro proyecto se enmarca en algunas de las metas planteadas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) N° 11, 12, 13 y 15. de acuerdo a los siguientes criterios:

ODS	Metas	Justificación
ODS 11 Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.	11.6 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo. 11.a Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional.	La utilización de enmiendas provenientes de residuos de construcción, y planta de tratamiento de desechos cloacales del municipio contribuye con la gestión de residuos provenientes de zonas urbanas. Por otra parte, fortalece los vínculos sociales, económicos y ambientales al utilizar estos desechos, generados en zonas urbanas, como insumo para la remediación de una problemática del ámbito rural.
ODS 12 Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.	12.2 De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales. 12.5 De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.	El proyecto contribuye a la gestión sostenible de un importante recurso natural como es el suelo. A su vez, la aplicación de estas enmiendas en los suelos implica la reutilización de una fracción importante de materiales que actualmente son considerados residuos en áreas urbanas.
ODS 13 Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.	13.1 Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países. 13.3 Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.	El trabajo aporta a la educación de los jóvenes y la sensibilización de la comunidad respecto a la mitigación de los efectos del ascenso reiterado de napas salinas en suelos productivos, como consecuencia del cambio de uso de la tierra. El proyecto también fortalece la capacidad de adaptación frente a escenarios de mayores precipitaciones, en el contexto del cambio climático.
ODS 15 Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad.	15.3 Para 2030, luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo.	El proyecto propone alternativas para facilitar la rehabilitación de suelos afectados por sales que se han degradado como consecuencia del ascenso reiterado de napas con alto contenido de sales. La mejora en las propiedades de los suelos como consecuencia del uso de enmiendas permitirá implantar especies vegetales y, en el mediano plazo, volverlos sanos y productivos.